315.084
1972

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET

KÖZLEMÉNYEK

1972

1

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET
AUTOMATION RESEARCH INSTITUTE OF THE HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
FORSCHUNGSINSTITUT FÜR AUTOMATION DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
И ССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ВЕНГЕРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

BUDAPEST, XI., KENDE UTCA 13-17. HUNGARY • UNGARN • ВЕНГРИЯ

BALANCE CALCULATIONS THROUGH DYNAMIC SYSTEM MODELLING

J. Gertler
Senior research engineer

G.A. Almasy
Senior research engineer

Research Institute for Automation, Hungarian Academy of Sciences

Budapest, Hungary

1971

A kiadásért felelős
Dr.Vámos Tibor
az MTA Automatizálási Kutató Intézet
igazgatója

Készült az Országos Müszaki Könyvtár és Dokumentációs
Központ házi sokszorositójában
F.v.: Janoch Gyula

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

ABSTRACT

A method is introduced for the linear balance calculation and distribution of measurement errors in complex systems with the inclusion of process dynamics. From the dynamic state equations of the system, a matrix difference equation is deduced that is a dynamic equivalent of the steady state balance equations. Such a dynamic balance equation can also be obtained directly from the transfer function based network description of the system. Due to the formal uniformity, the error distribution techniques developed for steady state calculations are applied to the dynamic equations without difficulty.

The application of the discussed method is illustrated on two examples.

INTRODUCTION

The importance of heat and material balance calculations is well known, particularly in the case of computerized control of complex chemical processes. The distribution of measurement errors in complex systems, making use of the preservation laws on a steady state basis, has been discussed thoroughly in the literature. Momentary balances, however, are seldom useful even for continuous processes since they are too sensitive to such small fluctuations of variables which are negligible from other points of view. Balance calculations are always based on the preservation laws. These laws appear very straightforward in a steady state environment. But as soon as dynamics are involved, the situation becomes more complicated, since storage capacities and transport lags should also be taken into account. To obtain dynamic balance equations, the dynamic relationships between the quantities to be balanced should be derived.

Two approaches will be discussed in this paper. The first starts from the state space description of the system and ends

up with a sampled input-output relationship, which describes all the system outputs as explicite sampled data functions of the system inputs only. The second approach handles the system as a network of elementary units and composes the system equations as a set of sampled data unit equations, relating the unit outputs to the unit inputs. The two approaches lead to similar results and the error distribution methods developed for steady state calculations are applicable in both cases.

THE STATE-SPACE APPROACH

Let us consider a linear time-invariant system described by its state-equations [1]

$$\dot{\underline{x}}(t) = \underline{\underline{A}}\,\underline{x}(t) + \underline{\underline{B}}\,\underline{u}(t) \qquad (1)$$

$$\underline{y}(t) = \underline{\underline{C}}\,\underline{x}(t) + \underline{\underline{D}}\,\underline{u}(t) \qquad (2)$$

Here $\underline{x}^{*}(t)=\left[x_1(t);\ldots;x_n(t)\right]$ is the state-vector of the system (and n is the order of the system), while $\underline{u}^{*}(t)=\left[u_1(t);\ldots;u_m(t)\right]$ is the vector of the system inputs and $\underline{y}^{*}(t)=\left[y_1(t);\ldots;y_k(t)\right]$ is that of the system outputs.

The solution of Equ. (1) is [1]

$$\underline{x}(t)=e^{\underline{\underline{A}}(t-t_o)}\underline{x}(t_o)+\int_{t_o}^{t} e^{\underline{\underline{A}}(t-\tau)}\underline{\underline{B}}\,\underline{u}(\tau)\,d\tau \qquad (3)$$

Since computerized balance calculations are done on sampled data basis, the discrete version of Equ. (3) should be considered

$$\underline{x}(t+\Delta t)=\underline{\underline{\Phi}}(\Delta t)\underline{x}(t)+\underline{\underline{\Psi}}_o\underline{u}(t)+\underline{\underline{\Psi}}_1\underline{u}(t+\Delta t) \qquad (4)$$

where

$$\underline{\underline{\Phi}}(\Delta t)=e^{\underline{\underline{A}}(\Delta t)} \qquad (5)$$

and

$$\underline{\underline{\Psi}}_o\underline{u}(t)+\underline{\underline{\Psi}}_1\underline{u}(t+\Delta t)\approx \int_t^{t+\Delta t} e^{\underline{\underline{A}}(t+\Delta t-\tau)}\underline{\underline{Bu}}(\tau)d\tau \qquad (6)$$

and Δt is the sampling interval.

Introducing the shift-operator z, Equ. (4) can be rewitten as

$$z\underline{x} = \underline{\underline{\Phi}}\underline{x}+\underline{\underline{\Psi}}_o\underline{u}+z\underline{\underline{\Psi}}_1\underline{u} \qquad (7)$$

that is

$$\underline{x} = \left(z\underline{\underline{I}}-\underline{\underline{\Phi}}\right)^{-1}\left(\underline{\underline{\Psi}}_o+z\underline{\underline{\Psi}}_1\right)\underline{u} \qquad (8)$$

Substituting Equ. (8) into Equ. (2), the input-output relationship is obtained as

$$\underline{y} = \left[\underline{\underline{C}}\left(z\underline{\underline{I}}-\underline{\underline{\Phi}}\right)^{-1}\left(\underline{\underline{\Psi}}_o+z\underline{\underline{\Psi}}_1\right)+\underline{\underline{D}}\right]\underline{u} \qquad (9)$$

According to the well-known matrix equality[1], the inverse matrix appearing in the above equations can be expressed in the following form

$$\left(z\underline{\underline{I}}-\underline{\underline{\Phi}}\right)^{-1} = \frac{\sum_{i=o}^{n-1} z^i\underline{\underline{F}}_i}{\sum_{i=o}^{n} z^i h_i} \qquad (10)$$

thus

$$\underline{y} = \frac{\sum_{i=o}^{n-1} z^i\underline{\underline{C}}\underline{\underline{F}}_i\underline{\underline{\Psi}}_o + \sum_{i=o}^{n-1} z^{i+1}\underline{\underline{C}}\underline{\underline{F}}_i\underline{\underline{\Psi}}_1 + \sum_{i=o}^{n} z^i h_i\underline{\underline{D}}}{\sum_{i=o}^{n} z^i h_i}\underline{u} =$$

$$= \frac{\sum_{i=o}^{n} z^i\underline{\underline{G}}_i}{\sum_{i=o}^{n} z^i h_i}\underline{u} \qquad (11)$$

or, with re-numbering

$$\underline{\underline{G}}_{n-i} \longrightarrow \underline{\underline{G}}_i \quad ; \quad h_{n-i} \longrightarrow h_i \tag{12}$$

$$\underline{y} = \frac{\sum_{i=o}^{n} z^{-i} \; \underline{\underline{G}}_i}{\sum_{i=o}^{n} z^{-i} \; h_i} \; \underline{u} \tag{13}$$

This latter equation can be written also as

$$\sum_{i=o}^{n} z^{-i} h_i \underline{y} = \sum_{i=o}^{n} z^{-i} \underline{\underline{G}}_i \underline{u} \tag{14}$$

This input-output relationship describes the sampled system outputs as explicite functions of the sampled system inputs. The relationship is exact, except for the inevitable approximation of the intersampling course of the input variables (see Equ. (6)).

Equation (14) reveals the following properties of the sampled-data input-output relationship:

- it consists of as many scalar equations as the number of system outputs;
- each equation involves only one output variable;
- each equation involves (except for special cases) all the input variables;
- both the input and the output variables are represented, in each equation, with their present value and as many previous values as the order of the system.

It should be noted at this point, that if the system contains branchings or chemical reactions with unknown branching or reaction

ratio, these ratios appear as unknown quantities in the input--output relationship. This leads to the reduction of the number of free equations and makes some equations non-linear.

Finally the input and output variables may be comprised into a single vector, thus the input-output relationship leads to the following balance equation

$$\sum_{i=o}^{n} z^{-i} \underline{\underline{K}}_i \underline{r} = \underline{0} \qquad (15)$$

where

$$\underline{r} = \begin{bmatrix} \underline{u} \\ \underline{y} \end{bmatrix} \; ; \qquad \underline{\underline{K}}_i = \left[\underline{\underline{G}}_i \; ; \; -h_i \underline{\underline{I}} \right] \qquad (16)$$

THE NETWORK APPROACH

Any linear system can be interpreted as a network built up from two types of units:

- dynamic units with single input and output;
- nodes, without dynamics, with multiple inputs and outputs (Multiple input single output mergings and single input multiple output branchings are the most important special cases).

Dynamic units are described by their sampled-data input-output relationships of the form

$$\sum_{i=o}^{n^{(j)}} z^{-i} h_i^{(j)} y^{(j)} = \sum_{i=o}^{n^{(j)}} z^{-i} g_i^{(j)} u^{(j)} \qquad (17)$$

where $u^{(j)}$ is the input, $y^{(j)}$ is the output and $n^{(j)}$ is the order of the j-th unit. Nodes are described by simple steady state balance equations:

$$\sum_i u_i^{(j)} = \sum_i y_i^{(j)} \qquad (18)$$

Obviously, some unit input variables are system inputs while the others are outputs of other units. Similarly, the unit output variables are inputs of other units and are considered as system outputs. Thus the unit inputs and outputs can be re-noted as system inputs and outputs and the unit equations put together to form a set of simultaneous equations describing the relationship between the sampled values of these variables. Obviously, this will not be a pure input-output relationship, since most equations will interrelate different output variables instead of expressing them as explicite functions of the system inputs.

It should be noted that these system equations are a bit less accurate than the state-space type sampled data input-output relationships, since now approximation of the inter-sampling course is applied to the input of each dynamic unit, instead of approximating only the system inputs.

The network-type system equations show the following properties:

- the number of scalar equations is equal to that of the units;
- the dynamic equations involve two system variables, which are represented, apart from their present value, by as many previous values as the order of the unit;
- the nodal equations are steady state and involve more than two system variables.

The network-type system equations are much more convenient than the state space description of the overall system, since the equations are less complex (concerning the number of both the variables involved and the previous values considered) and the presence of unknown branching rates does not lead to non-linear equations. Further, the network type equations are easily extended to include non-linear system units. Finally, these system

equations can be drawn directly from the system diagram, making use of the transfer functions of the dynamic units.

Naturally, the network-type system equations may also be presented in a form similar to Equ. (15) :

$$\sum_{i=o}^{n^+} z^{-i} \underline{\underline{K}}_i^+ \underline{r}^+ = \underline{0} \qquad (19)$$

where

$$n^+ \leq n \qquad (20)$$

THE DISTRIBUTION OF MEASUREMENT ERROR

In the following, Equation (15) will be considered to stand for both itself and Equation (19).

Some of the system variables $\underline{r}$ are measured while the others are not. Vector $\underline{r}$ and matrices $\underline{\underline{K}}_i$ can be re-arranged accordingly:

$$\underline{r} = \begin{bmatrix} \underline{p} \\ \underline{q} \end{bmatrix} \qquad \underline{\underline{K}}_i = \left[\underline{\underline{L}}_i \; ; \; \underline{\underline{M}}_i\right] \qquad (21)$$

where $\underline{p}$ and $\underline{q}$ are the vectors of the measured and non-measured system variables, respectively, and $\underline{\underline{L}}_i$ and $\underline{\underline{M}}_i$ are the corresponding sub-matrices of $\underline{\underline{K}}_i$. Thus Equation (15) transforms into

$$\sum_{i=o}^{n} z^{-i} \underline{\underline{L}}_i \underline{p} + \sum_{i=o}^{n} z^{-i} \underline{\underline{M}}_i \underline{q} = \underline{0} \qquad (22)$$

Now Equation (22) will be used for calculating both the estimates $\hat{\underline{q}}$ for the non-measured variables $\underline{q}$ and the corrections $\underline{d}$ for the measured variables $\underline{p}$. With this notation, Equ. (22) may be written as

$$\sum_{i=o}^{n} z^{-i} \underline{\underline{L}}_i \left(\tilde{\underline{p}}+\underline{d}\right) + \sum_{i=o}^{n} z^{-i} \underline{\underline{M}}_i \hat{\underline{q}} = \underline{0} \qquad (23)$$

where $\tilde{\underline{p}}$ is the vector of the values measured for variables $\underline{p}$.

The balance calculations are carried out repetitively. Whenever a new sample is taken, the present values of $\underline{d}$ and $\hat{\underline{q}}$ are computed while the present and previous values of $\tilde{\underline{p}}$ are avialable from measurement and the previous values of $\underline{d}$ and $\hat{\underline{q}}$ are taken from previous computations. Thus Equ. (23) is modified as

$$\underline{\underline{L}}_o \underline{d} + \underline{\underline{M}}_o \hat{\underline{q}} + \underline{e} = \underline{0} \qquad (24)$$

where

$$\underline{e} = \sum_{i=o}^{n} z^{-i} \underline{\underline{L}}_i \tilde{\underline{p}} + \sum_{i=1}^{n} z^{-i} \underline{\underline{L}}_i \underline{d} + \sum_{i=1}^{n} z^{-i} \underline{\underline{M}}_i \hat{\underline{q}} \qquad (25)$$

is known.

The problem formulated in Equ. (24) is the same as that of the evaluation of steady state balance equations. The method to be used here has been developed and applied to steady state balances earlier [2], [3].

As a first step, variables $\hat{\underline{q}}$ are eliminated from Equ. (24). Therefore, the simultaneous equations comprised in Equ. (24) are divided into two groups:

$$\underline{\underline{L}}_o' \underline{d} + \underline{\underline{M}}_o' \underline{q} + \underline{e}' = \underline{0} \qquad (26)$$

$$\underline{\underline{L}}_o'' \underline{d} + \underline{\underline{M}}_o'' \underline{q} + \underline{e}'' = \underline{0} \qquad (27)$$

where

$$\underline{\underline{L}}_o = \begin{bmatrix} \underline{\underline{L}}_o' \\ \underline{\underline{L}}_o'' \end{bmatrix} ; \qquad \underline{\underline{M}}_o = \begin{bmatrix} \underline{\underline{M}}_o' \\ \underline{\underline{M}}_o'' \end{bmatrix} ; \qquad \underline{e} = \begin{bmatrix} \underline{e}' \\ \underline{e}'' \end{bmatrix} \qquad (28)$$

and $\underline{\underline{M}}_o'$ is quadratic and non-singular. (Note that this can only be done if the number of linearly independent equations exceeds that of the non-measured variables). Now $\hat{\underline{q}}$ is expressed from Equ. (26) as

$$\hat{\underline{q}} = - \left(\underline{\underline{M}}_o'\right)^{-1} \left(\underline{\underline{L}}_o' \underline{d} + \underline{e}'\right) \tag{29}$$

and this is substituted into Equ. (27) to yield

$$\underline{\underline{N}}\underline{\underline{L}}\underline{d} + \underline{\underline{N}}\underline{e} = \underline{0} \tag{30}$$

where

$$\underline{\underline{N}} = \left[-\underline{\underline{M}}_o'' \left(\underline{\underline{M}}_o'\right)^{-1} \; ; \; \underline{\underline{I}}\right] ; \qquad \underline{\underline{L}} = \underline{\underline{L}}_o \tag{31}$$

In the second step, values $\underline{d}$ are computed so that the expression

$$\frac{1}{2} \underline{d}^{*} \underline{\underline{W}}\underline{d} \tag{32}$$

(where $\underline{\underline{W}}$ is normally a diagonal weighting matrix) be minimized while Equ. (30) be statisfied simultaneously. The solution is obtained by minimizing the Lagrange expression

$$\Gamma = \frac{1}{2} \underline{d}^{*} \underline{\underline{W}}\underline{d} + \underline{\lambda}^{*} \left(\underline{\underline{N}}\underline{\underline{L}}\underline{d} + \underline{\underline{N}}\underline{e}\right) \tag{33}$$

with respect to $\underline{d}$

$$\frac{\partial \Gamma}{\partial \underline{d}} = \underline{\underline{W}}\underline{d} + \underline{\underline{L}}^{*} \underline{\underline{N}}^{*} \underline{\lambda} = \underline{0} \tag{34}$$

and $\underline{\lambda}$

$$\frac{\partial \Gamma}{\partial \underline{\lambda}} = \underline{\underline{N}}\underline{\underline{L}}\underline{d} + \underline{\underline{N}}\underline{e} = \underline{0} \tag{35}$$

The solution of Equs. (34) and (35) yields

$$\underline{\lambda} = \left(\underline{\underline{N}}\underline{\underline{L}}\underline{\underline{W}}^{-1} \underline{\underline{L}}^{*}\underline{\underline{N}}^{*}\right)^{-1} \underline{\underline{N}}\underline{e} \tag{36}$$

$$\underline{d} = -\underline{\underline{W}}^{-1}\ \underline{\underline{L}}^{*}\ \underline{\underline{N}}^{*}(\underline{\underline{N}}\underline{\underline{L}}\underline{\underline{W}}^{-1}\ \underline{\underline{L}}^{*}\ \underline{\underline{N}}^{*})^{-1}\ \underline{\underline{N}}\underline{e} \qquad (37)$$

Finally, the estimate for the non-measured variables is obtained from Equ. (29).

CONCLUSIONS

The procedure of obtaining consistent system variable data sets, as described above, is easy to computerize. It consists of matrix operations only, though the number of coefficients increases rapidly with increasing dimensionality.

Balance calculations provide the permanent consistency check of process measurements and, simultaneously, that of the system equations, hence they can be regarded as effective tools of the automatic supervision of process control systems.

It should be noted that while steady state balance calculations are directly based on preservation laws, in the dynamic case these laws appear in a more intricate manner, through the dynamic model of the system. Obviously, this dynamic model is never absolutely accurate, since the structure of the model used, in most cases, is much simpler than that of the real physical system, and since model parameters are seldom known exactly, instead, they are somehow estimated. Nevertheless, in a dynamic environment, even an approximate dynamic model can be expected to give much better results than a steady state one would.

EXAMPLE 1.

Let us consider the system shown in Fig. 1. The system consists of three dynamic units characterized by their transfer function and a branching.

If state space approach is used (see the above-the-line notation in Fig. 1.) , variables y_1, y_4 and y_5 can, for example, be selec-

ted as state-variables. With rectangular input approximation (i.e. $\underline{\underline{\Psi}}_o = \underline{\underline{0}}$), the (14) input-output relationship has the form of

$$
\begin{aligned}
h_o y_1 + h_1 y_1 z^{-1} + h_2 y_1 z^{-2} + h_3 y_1 z^{-3} &= g_{o1} u + g_{11} u z^{-1} + g_{21} u z^{-2} \\
h_o y_2 + h_1 y_2 z^{-1} + h_2 y_2 z^{-2} + h_3 y_2 z^{-3} &= g_{o2} u + g_{12} u z^{-1} + g_{22} u z^{-2} \\
h_o y_3 + h_1 y_3 z^{-1} + h_2 y_3 z^{-2} + h_3 y_3 z^{-3} &= g_{o3} u + g_{13} u z^{-1} + g_{23} u z^{-2} \\
h_o y_4 + h_1 y_4 z^{-1} + h_2 y_4 z^{-2} + h_3 y_4 z^{-3} &= g_{o4} u + g_{14} u z^{-1} + g_{24} u z^{-2} \\
h_o y_5 + h_1 y_5 z^{-1} + h_2 y_5 z^{-2} + h_3 y_5 z^{-3} &= g_{o5} u + g_{15} u z^{-1} + g_{25} u z^{-2}
\end{aligned}
\qquad (38)
$$

Changing over to form (15) and performing the reductions possible in this particular case, the equations are:

$$
\begin{aligned}
k_{o1o} r_o + k_{o11} r_1 + k_{111} r_1 z^{-1} &= 0 \\
k_{o2o} r_o + k_{o22} r_2 + k_{122} r_2 z^{-1} &= 0 \\
k_{o3o} r_o + k_{o33} r_3 + k_{133} r_3 z^{-1} &= 0 \\
k_{o4o} r_o + k_{14o} r_o z^{-1} + k_{o44} r_4 + k_{144} r_4 z^{-1} + k_{244} r_4 z^{-2} &= 0 \\
k_{o5o} r_o + k_{15o} r_o z^{-1} + k_{o55} r_5 + k_{155} r_5 z^{-1} + k_{255} r_5 z^{-2} &= 0
\end{aligned}
\qquad (39)
$$

Note that coefficients k_{o2o}, k_{o3o}, k_{o4o}, k_{14o}, k_{o5o} and k_{15o} contain the branching ratio α.

If network approach is used (see the under-the-line notation in Fig. 1), the unit equations can be obtained by inspection[4]. With rectangular input approximation, these are (see Equs. (17) and (18)):

$$
y(1) + h_1(1) y(1) z^{-1} = g_o(1) u(1)
$$

$$y_1^{(2)} + y_2^{(2)} = u^{(2)}$$

$$y^{(3)} + h_1^{(3)} y^{(3)} z^{-1} = g_o^{(3)} u^{(3)}$$

$$y^{(4)} + h_1^{(4)} y^{(4)} z^{-1} = g_o^{(4)} u^{(4)} \qquad (40)$$

Changing over to form (19), these equations are written as

$$k^+_{o10} r_o + k^+_{o11} r_1 + k^+_{111} r_1 z^{-1} = 0$$

$$k^+_{o21} r_1 + k^+_{o22} r_2 + k^+_{o23} r_3 = 0$$

$$k^+_{o32} r_2 + k^+_{o34} r_4 + k^+_{134} r_4 z^{-1} = 0$$

$$k^+_{o43} r_3 + k^+_{o45} r_5 + k^+_{145} r_5 z^{-1} = 0 \qquad (41)$$

These latter equations are simpler, not only to derive but also to handle, than the equivalent set (39) and their coefficients do not contain the branching ratio.

EXAMPLE 2.

Consider now a network of perfectly stirred tank reactors in which each unit may be connected to any other (naturally, for nonexisting connections the flow is zero). If the material flows are constant, the system can be described as a network of first order dynamic units.

Let us introduce, for this example, the following notation:

g_{ki} is the mass-flow from unit k to unit i;

j_{kil} is the respective flow of the l-th component;

c_{kl} is the concentration of the l-th component in the flow leaving the k-th unit;

m_k is the mass of mixture in the k-th unit;

r_{kj} is the measure of the j-th chemical reaction taking place in the k-th unit;

ν_{kjl} is the stoichometric coefficient of the j-th reaction in the k-th unit, regarding the l-th component.

As 0-th unit, the environment is considered, i.e. g_{oi} means a flow entering the system while g_{io} means one leaving it.

Now the component balance equations for the i-th unit are:

$$\sum_{k=0}^{n} j_{kil} = m_i \dot{c}_{il} + \sum_j \nu_{ijl} r_{ij} + \sum_{k=0}^{n} j_{ikl} \qquad (42)$$

$$l=1,2,\ldots,n_{comp}$$

Utilizing that

$$j_{kil} = c_{kl} g_{ki} \qquad (43)$$

it follows, that

$$\sum_{k=0}^{n} c_{kl} g_{ki} = m_i \dot{c}_{il} + \sum_j \nu_{ijl} r_{ij} + c_{il} \sum_{k=0}^{n} g_{ik} \qquad (44)$$

$$l=1,2,\ldots,n_{comp}$$

Without taking into account their dependence on the concentrations, the measures r_{ij} of chemical reactions may be interpreted as unknown formal inputs to the system. If the mass-flows g_{ki} and the capacities m_i are constant, Equ. (44) can be used directly as the state-space model of the system, with the concentrations (except for the input ones) as state variables. If network approach is used, each reactor should be interpreted as a complex of a merging, a first order storage and a branching.

NOMENCLATURE

$\underline{x}$	state variables
$\underline{u}$	input variables
$\underline{y}$	output variables
$\underline{r}$	system variables ($\underline{u}$ and $\underline{y}$ or $\underline{p}$ and $\underline{q}$ together)
$\underline{p}$	measured variables
$\underline{q}$	non-measured variables
$\hat{\underline{p}}$	values measured for variables $\underline{p}$
$\underline{d}$	corrections computed for variables $\underline{p}$
$\hat{\underline{q}}$	estimates computed for variables $\underline{q}$
z	shift-operator
n	order of the system

REFERENCES

(1) Zadeh, L.A., Desoer, C.A., Linear System Theory, McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, 1963.

(2) Václavek, V., A Note to the Problem of Adjustment of Material Balance of Chemical Reactor, Collection of Czechoslovak Chem. Comm. 34.p. 2662. 1969.

(3) Almásy, G., et. al., Complex Material and Heat Balance as a Tool of the Computer Control in Continuous Processes, CHISA Congress. Marianské Lázné, Czechoslovakia, 1969.

(4) Gertler, J., Digital Filtering - Digital Simulation, Instrument Practice, October, 1969.

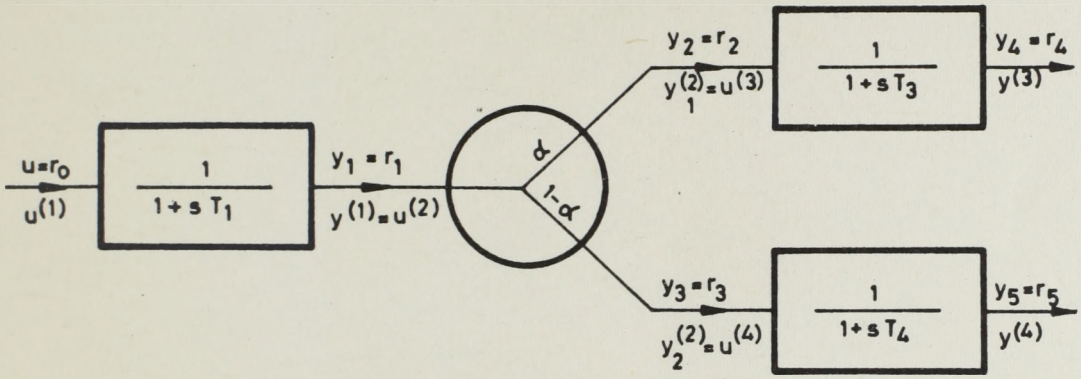
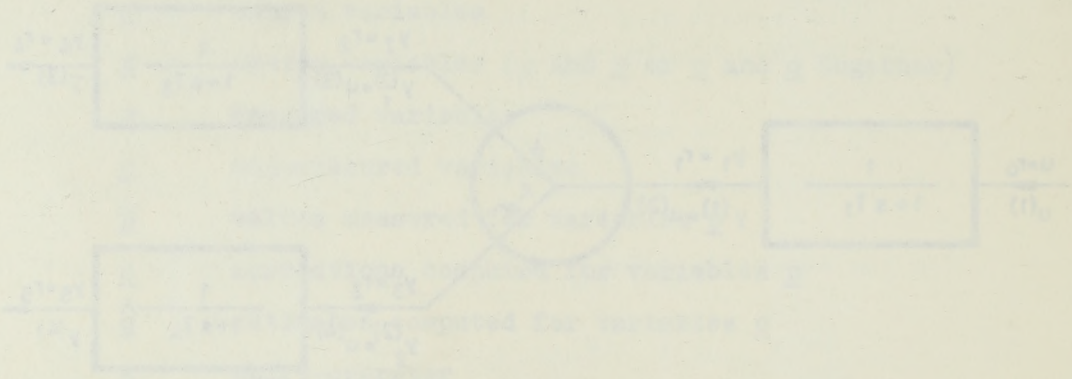


Fig.1.

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA



315.084

VI

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET

KÖZLEMÉNYEK

1972

2

2

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET
AUTOMATION RESEARCH INSTITUTE OF THE HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
FORSCHUNGSINSTITUT FÜR AUTOMATION DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
И ССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ВЕНГЕРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

BUDAPEST, XI., KENDE UTCA 13-17. HUNGARY • UNGARN • ВЕНГРИЯ

COMPUTER ASSESSMENT CONTROL FOR POWER GENERATING UNITS

Janos Gertler

Institute of Automation, Hungarian Academy of Science
and
Research Institute for Electrical Power

Budapest, Hungary

1971

A kiadásért felelős
Dr.Vámos Tibor
az MTA Automatizálási Kutató Intézet
igazgatója

Készült az Országos Müszaki Könyvtár és Dokumentációs
Központ házi sokszorositójában
F.v.: Janoch Gyula

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

ABSTRACT

A new Hungarian power plant is being equipped with a hierarchical system of digital computers. As a first step of computer control, the supervisory computer is planned to perform two kinds of unit control functions:

1. Assessing the performance of the unit operator;
2. Indicating the contamination of the technological equipment.

Both functions are carried out through the evaluation of the unit efficiency. The actual efficiency is computed from time to time, and its average and variance are modelled as functions of the disturbing variables $\underline{x}$, which describe the operating conditions. The performance of the operator is assessed by comparing the actual efficiency to the respective average, the measure of the performance being

$$\frac{\eta_{act} - \bar{\eta}(\underline{x})}{\sigma_{\eta}(\underline{x})}$$

The operators are planned to be paid after their performance, thus a saturating increase of the efficiency can be expected. On the other hand, the contamination will be judged by the variation in time of the upper limit $\bar{\eta} + \sigma_{\eta}$ of the dispersion-band.

Both the average and the variance models are quadratic and are computed from measured data by means of an adaptive recursive version of the least squares method.

INTRODUCTION

A new, 8oo MW power plant is being put into operation in East-Hungary. The plant consists of two 1oo MW and three 2oo MW units and uses lignite as fuel. A hierarchical computer system is being installed, involving a data logging computer for each 2oo MW block (the two 1oo MW units have a common computer) and a supervisory computer for the whole plant. The computers have been manufactured by the Hungarian firm EMG.

The Automation Department of the Research Institute for Electrical Power has been commissioned to develope, as a first step of

computerized unit control, an open-loop system which, making use of the supervisory computer, will

- assess the guiding activity of the unit operator;
- indicate the contamination of the technological equipment.

In this paper, an integrated solution of the two problems is discussed. In elaborating the suggested system, the author (who serves as advisor to the Research Institute for Electrical Power) made good use of experience gained in the field of statistical process modelling at the Institute of Automation, Hungarian Academy of Sciences.

THE BASIC PHILOSOPHY OF CONTROL

The generally accepted measure of the quality of unit operation is the efficiency of the unit. The unit efficiency depends on

- the guiding activity of the operator (the control variables set by him);
- external conditions (load and other disturbing effects);
- the status of the technological equipment (contamination, ageing).

The dependence of the efficiency on the operator's performance and on the status of the equipment makes it possible to judge these on the basis of efficiency. In connection with the operator's performance, this could be done, in principle, by comparing the actual efficiency to the optimum belonging to the actual external conditions and equipment status. While, as for the status of the equipment, the variation in time of the optimum efficiency belonging to a certain state of the unit (determined by the mode of operation and by the external conditions) should be investigated. Although the suggested system cannot provide the optimum efficiencies, the analysis of the unit efficiency offers a simplified but qualitatively proper technique to solve the discussed problems.

The performance of the operator

First examine the depedence of the efficiency on the operator's work (consider the status of the equipment constant). For given values of the disturbing variables (i.e. given external conditions), the efficiency shows dispersion depending on the values of the control variables (i.e. on the way of operation). Performing a

series of observations for a certain value of the disturbing variables, the mean and variance of the efficiency at this point can be calcuated. Now the relative quality of the operator's performance can be judged by taking the difference between the actual efficiency and the corresponding mean, and comparing it to the corresponding standard deviation.

The external conditions can be described with the vector $\underline{x}$ of the disturbing variables. Vector $\underline{x}$ contains the three major disturbances, namely

x_1 ——— load

x_2 ——— the temperature of the cooling water

x_3 ——— the heat-value of the fuel.

The additional disturbances are neglected. Both the mean and the variance of the efficiency can be described as functions of the vector $\underline{x}$:

$$\bar{\eta} = \varphi(\underline{x}); \qquad \sigma_\eta^2 = \psi(\underline{x}) \tag{1}$$

These relationships can be statistically estimated on the basis of measurements, using the technique of least squares.

Now the system works as follows. Vector $\underline{x}$ is measured from time to time and the afficiency is computed simultaneously, also from measured data. Using the model computed from previous measurements, the mean and variance of the efficiency, belonging to the actual $\underline{x}$, are calculated. Finally, the actual efficiency is compared to the model values and the operator's performance is assessed and premiated on this basis. If the actual efficiency equals $\bar{\eta}$ then the operator performs on the average, while if it is above or below $\bar{\eta}$ then we works better or worse than the average, respectively. The measure of the quality of the operator's work (and the measure of his bonus) is obtained by the simple formula

$$K_o + K_1 \frac{\eta_{act} - \bar{\eta}(\underline{x})}{\sigma_\eta(\underline{x})} \tag{2}$$

This system will stimulate the operator to search for the means of improving efficiency. (Thus an open-loop optimum control system is concerned, where searching is done by the operator while the computer assists him by assessing his trials.) Obviously, this will result in increasing efficiency averages. Naturally, this will be

accompained by a decrease of the variances as the averages come closer to the optima. This also involves that the increase of the averages will saturate, since the closer the optimum is the less improvement can be expected. In order to keep up with the variations, the model should be constructed in an adaptive manner.

It should be emphasized that this system gives a relative valuation of the operator's performance (comparing them to each other), instead of an absolute valuation (comparing their results to the optimum). That is, requirements depend also on the work of the other operators. The above discussed mechanizm of average and variance changes also involves that requirements become, though saturatingly, more and more exacting as time progresses.

The status of the equipment

Now investigate the problem of the status of the equipment. As it has been mentioned, this should be measured through the variation in time of the optimum efficiency belonging to a certain state of the unit. The optimum efficiencies are not availabe, but the surface (as function of $\underline{x}$) of the above introduced average efficiencies is approximately parallel with the optimum surface. The approximation is even better if the upper limit of the dispersion-band is considered since this is near the optimum surface. Thus the status of the technological equipment (i.e. the degree of contamination) can be estimated from the variation (decrease) in time of the $\bar{\eta} + \sigma_\eta$ sum at a few selected points of $\underline{x}$.

THE PROPERTIES OF THE AVERAGE MODEL

Vector $\underline{x}$ of the disturbing variables is measured directly.

The momentary efficiency is computed from process measurements $\underline{y}$ using an efficiency formula

$$\eta = f(\underline{y}) \qquad (3)$$

(Vectors $\underline{x}$ and $\underline{y}$ may be overlapped.) The average model describes the efficiency as a function of $\underline{x}$ in the form of

$$\hat{\eta} = \underline{x}^{*} \underline{\underline{A}} \underline{x} \qquad (4)$$

(quadratic regression) where

$$\underline{x} = \begin{bmatrix} 1 \\ x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} \quad \text{and} \quad \underline{\underline{A}} = \begin{bmatrix} a_{00} & a_{01} & a_{02} & a_{03} \\ 0 & a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ 0 & 0 & a_{22} & a_{23} \\ 0 & 0 & 0 & a_{33} \end{bmatrix} \quad (5)$$

The coefficient matrix $\underline{\underline{A}}$ is computed on the basis of values $\underline{x}$ measured directly and values η calculated from measured vectors $\underline{y}$, using an adaptive version of the least squares method. The model is modified following each new measurement.

It is noted that the estimated efficiency $\hat{\eta}$ as given by the model is not exactly the average of the efficiencies belonging to the concerned point $\underline{x}$. Such an average cannot even be obtained since generally only one observation is available at a certain point. Further, the quadratic model is obviously only an approximation of the real relationship between $\underline{x}$ and $\bar{\eta}$.

The measurements of $\underline{x}$ and $\underline{y}$ are generally distorted by measurement errors and the efficiency formula $f(\underline{y})$ is not absolutely accurate. The least square technique has a filtering (averaging) effect on the random errors of η (coming either from the measurement of $\underline{y}$ or from formula f). The systematic errors accuring in η are fully incorporated in the model but this is advantegous from the point of view of the discussed system (since the systematic error will also occur in the momentary values which, in turn, are compared to those obtained from the model). However, the method is sensitive to the errors of $\underline{x}$, therefore these measurements should be filtered properly.

It has been mentioned that, in order to keep up with the variation in time of the average efficiency, an adaptive modelling technique is used. Monotone changes are followed, even by the adaptive technique, with a certain delay. Choosing an appropiate value for the weighting factor (which characterizes the adaptivity of the model), this delay can be reduced to a negligible measure but cannot be fully eliminated. Consequently, in the period of increasing efficiency (improving guidance) the estimated value is somewhat below, while in the period of decreasing efficiency (progressing

contamination) it is somewhat above the actual average. This, however, has no significant effect on the suggested system.

THE PROPERTIES OF THE VARIANCE MODEL

The variance of the efficiency is defined as the average (for a given $\underline{x}$) of the deviation squares

$$\delta_\eta^2 = \left[\eta(\underline{y}) - \hat{\eta}(\underline{x})\right]^2 \qquad (6)$$

where $\eta(\underline{y})$ is obtained from the momentary measurements with the efficiency formula while $\hat{\eta}(\underline{x})$ is the estimate given by the momentarily valid average model for the actual measured vector $\underline{x}$. The variance model describes the average deviation squares as a quadratic function of vector $\underline{x}$

$$\hat{\delta}_\eta^2 = \underline{x}^* \, \underline{\underline{B}} \, \underline{x} \qquad (7)$$

where

$$\underline{\underline{B}} = \begin{bmatrix} b_{00} & b_{01} & b_{02} & b_{03} \\ 0 & b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ 0 & 0 & b_{22} & b_{23} \\ 0 & 0 & 0 & b_{33} \end{bmatrix} \qquad (8)$$

The coefficient matrix $\underline{\underline{B}}$ of the variance model is computed from the values $\underline{x}$ measured directly and the deviation squares obtained by equation (6), with adaptive quadratic regression, similarly to the average model. Naturally, the average deviation squares provided by the variance model are not exactly equal to but only estimates of the true variances δ_η^2 of the efficiency.

The variance of the efficiency is composed of four independent parts:

$$\sigma_\eta^2(\underline{x}) = \sigma_1{}^2(\underline{x}) + \sigma_2{}^2(\underline{x}) + \varepsilon_1{}^2(\underline{x}) + \varepsilon_2{}^2(\underline{x}) \qquad (9)$$

Among the four components, $\sigma_1{}^2$ is the one resulting from the variations of the control variables. That is the variance component carrying the information relevant from the point of view of the operator's performance.

Component $\sigma_2{}^2$ is the variance coming from random effects. Such effects are the unconsidered disturbing variables and the random errors of the efficiency calculation, resulting from the neglections in the efficiency formula and from the measurement errors of $\underline{y}$. This component of the variance can be reduced by filtering but cannot be completely eliminated.

Due to the random effects, the symmetrical deviation range corresponding to the operator's activity grows wider but still remains symmetrical. The discussed system cannot separate the two effects but it works without doing so: the wider deviation range will only influence the value of K_1 in the bonus formula (2).

ε_1 is a strongly $\underline{x}$-dependent deviation resulting from the fact that the choosen quadratic form does not describe the $\bar{\eta} = \varphi(\underline{x})$ relationship with absolute accuracy. Finally, ε_2 is the follow-up error caused by the imperfect adaptivity of the model. Both errors are asymmetrical. It is assumed that these errors are negligible since the quadratic form is presumably a good enough approximation and the change of efficiency is slow enough to allow of a proper adaptation.

Note that the errors ε_1 and ε_2 can be separated from the variances σ_1 and σ_2 through the examination of the mean of deviation δ_η. This can also be used to correct the estimated average efficiencies and to set the proper speed of adaptation.

THE METHOD OF MODEL BUILDING

In the following, the adaptive recursive version of the least square method as applied to a quadratic model will be outlined. The method is used to generate both the average and

the variance model. It will be shown here for the average model.

Least square generation of a quadratic model [1,2]

The model equation is (in accordance with equations (4), (5) and (7))

$$\hat{\eta} = \underline{x}^{*} \, \underline{\underline{A}} \, \underline{x} \tag{10}$$

where

$$\underline{x} = \begin{bmatrix} 1 \\ x_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix} ; \qquad \underline{\underline{A}} = \begin{bmatrix} a_{oo} & a_{o1} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{on} \\ 0 & a_{11} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ & \cdot & & & & \\ & \cdot & & & & \\ & \cdot & & & & \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} \tag{11}$$

Equation (10) can be re-arranged in the form of

$$\hat{\eta} = \underline{a}^{*} \, \underline{w} \tag{12}$$

where

$$\underline{a}^{*} = \begin{bmatrix} a_1 & \cdot & \cdot & \cdot & a_m \end{bmatrix} ; \qquad \underline{w}^{*} = \begin{bmatrix} w_1 & \cdot & \cdot & \cdot & w_m \end{bmatrix} \tag{13}$$

and

$$w_h = x_i \, x_j \qquad \begin{array}{l} i = 0 \ldots n \\ j = i \ldots n \\ h = 1 \ldots m \end{array} \tag{14}$$

with

$$h = i \, \frac{2n+1-i}{2} + j + 1 \tag{15}$$

$$m = \frac{(n+1)\ (n+2)}{2} \qquad (16)$$

Now the task is to compute vector $\underline{a}$ from the measured values of η and $\underline{w}$. According to the least square technique, this can be done by the equation

$$\underline{a} = \left[\underline{\underline{W}}\ \underline{\underline{W}}^{*} \right]^{-1} \underline{\underline{W}}\ \underline{\eta} \qquad (17)$$

where

$$\underline{\underline{W}} = \left[\underline{w}^{(1)} \ldots \underline{w}^{(k)} \right]; \qquad \underline{\eta}^{*} = \left[\eta^{(1)} \ldots \eta^{(k)} \right] \qquad (18)$$

and the upper indices indicate the serial numbers of measurements. Equation (17) can be re-written as

$$\underline{a} = \underline{\underline{U}}^{-1}\ \underline{v} \qquad (19)$$

where

$$\underline{\underline{U}} = \underline{\underline{W}}\ \underline{\underline{W}}^{*} \quad ; \qquad \underline{v} = \underline{\underline{W}}\ \underline{\eta} \qquad (20)$$

Recursive version [3,4]

Matrices $\underline{\underline{U}}$ and $\underline{v}$ can be computed recursively, that is from their previous value and the new measurement. The recursive equations are

$$\underline{\underline{U}}^{(k+1)} = \underline{\underline{U}}^{(k)} + \underline{w}^{(k+1)}\ \underline{w}^{(k+1)*} \qquad (21)$$

$$\underline{v}^{(k+1)} = \underline{v}^{(k)} + \underline{w}^{(k+1)}\ \eta^{(k+1)} \qquad (22)$$

The inverse of matrix $\underline{\underline{U}}$ can also be obtained recursively, using the relationship

$$\left[\underline{\underline{U}}^{(k+1)} \right]^{-1} = \left[\underline{\underline{U}}^{(k)} \right]^{-1} - \frac{\left[\underline{\underline{U}}^{(k)} \right]^{-1}\ \underline{w}^{(k+1)}\ \underline{w}^{(k+1)*} \left[\underline{\underline{U}}^{(k)} \right]^{-1}}{1 + \underline{w}^{(k+1)*} \left[\underline{\underline{U}}^{(k)} \right]^{-1}\ \underline{w}^{(k+1)}} \qquad (23)$$

Finally, the recursive equivalent of equation (19) is

$$\underline{a}^{(k+1)} = \underline{a}^{(k)} + \frac{\left[\underline{\underline{U}}^{(k)}\right]^{-1} \underline{w}^{(k+1)} \left[\eta^{(k+1)} - \underline{w}^{(k+1)} * \underline{a}^{(k)}\right]}{1 + \underline{w}^{(k+1)} * \left[\underline{\underline{U}}^{(k)}\right]^{-1} \underline{w}^{(k+1)}} \tag{24}$$

The repeated application of recursive inversion may lead to cumulating errors, therefore direct inversion or some other correcting step should be inserted from time to time.

Adaptive recursive version [1,2,4]

The model is made adaptive by introducing a weighting factor q $(0 \leq q \leq 1)$. The data of earlier observations are multiplied with increasing powers of q thus the relative weight of an observation decreases as new data are gathered.

The adaptive equivalents of equations (21) and (22) are

$$\underline{\underline{U}}^{(k+1)} = q\, \underline{\underline{U}}^{(k)} + \underline{w}^{(k+1)} * \underline{w}^{(k+1)} \tag{25}$$

$$\underline{v}^{(k+1)} = q\, \underline{v}^{(k)} + \underline{w}^{(k+1)} \eta^{(k+1)} \tag{26}$$

while equation (23) and (24) transform into

$$\left[\underline{\underline{U}}^{(k+1)}\right]^{-1} = \frac{1}{q} \left\{ \left[\underline{\underline{U}}^{(k)}\right]^{-1} - \frac{\left[\underline{\underline{U}}^{(k)}\right]^{-1} \underline{w}^{(k+1)} \underline{w}^{(k+1)} * \left[\underline{\underline{U}}^{(k)}\right]^{-1}}{q + \underline{w}^{(k+1)} * \left|\underline{\underline{U}}^{(k)}\right|^{-1} \underline{w}^{(k+1)}} \right\} \tag{27}$$

$$\underline{a}^{(k+1)} = \underline{a}^{(k)} + \frac{\left[\underline{\underline{U}}^{(k)}\right]^{-1} \underline{w}^{(k+1)} \left[\eta^{(k+1)} - \underline{w}^{(k+1)} * \underline{a}^{(k)}\right]}{q + \underline{w}^{(k+1)} * \left[\underline{\underline{U}}^{(k)}\right]^{-1} \underline{w}^{(k+1)}} \tag{28}$$

CONCLUSIONS

The system suggested in this paper offers a relatively simple way to assess the performance of the unit operator and to draw some conclusion as to the contamination of the technological equipment. Instead of doing model optimization (that would be too involved for a first step), the average and variance of the measured efficiencies are modelled as functions of the disturbing variables, and the actual efficiencies are compared to the model values.

The modelling technique included in the system is known and tested. As far as the effects of this control on unit operation are concerned, only theoretical examinations have been carried out. With the progress of the instrumentation work, the suggested system will be implemented and practical experience will be gathered.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to express his gratitude to Dr.G.Almásy of the Institute of Automation, for the extremely useful and promoting discussions they had on statistical modelling in general and about the concerned system, and to Mrs.J.Nadai and Mr.Z.Hadik of the Research Institute for Electrical Power, for programming and debugging the system.

NOMENCLATURE

a, $\underline{a}$, $\underline{\underline{A}}$,	-	coefficients of the average model
b, $\underline{\underline{B}}$	-	coefficients of the variance model
f	-	efficiency formula
k	-	number of observations
n	-	number of disturbing variables
q	-	weighting factor
$\underline{\underline{U}}$	-	see equation (20)
$\underline{v}$	-	see equation (20)
w, $\underline{w}$, $\underline{\underline{W}}$	-	see equations (12), (13), (14),
x, $\underline{x}$	-	disturbing variables
$\underline{y}$	-	input variables of the efficiency formula
δ	-	deviation of the efficiency, see equation (6)
ε	-	error of the variance model
η	-	unit efficiency
σ	-	standard deviation of the efficiency

513.084

REFERENCES

/1/. Almasy,G.; Pallai,I.; Romhanyi,M.: Static optimisation by adaptive "forgetting" method. ACTA TECHNICA, Vol.59, N°. 3-4, 1967.

/2/. Almasy G.; Gertler, J.; Pallai,I: An adaptive model for the dynamic optimal control of a chemical plant. BRITISH CHEMICAL ENGINEERING, Vol.15, N°.2, February, 1970.

/3/. Albert,A.; Sittler,R.W.: A method for computing least square estimators that keep up with the data. J.SIAM CONTROL, Ser,A., Vol.3, N°.3, 1966.

/4/. Hasting-James,R.; Sage,M.W.: Recursive generalized-least-squares procedure for one-line identification of process parameters. PROC.IEE, Vol.116, N°.12, December, 1969.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

S15.084

315.084

VI.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET

KÖZLEMÉNYEK

1972

3

2.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET
és a
TÁVKÖZLÉSI KUTATÓ INTÉZET
közös kiadványa

Я.З. ЦыПКИН

ПРИНЦИПы ПОСТРОЕНИЯ АДАПТИВНыХ И ОБУЧАЮЩИХСЯ СИСТЕМ

K.S. FU

AN INTRODUCTION TO PATTERN RECOGNITION

Mesterséges Intelligencia Problémái Szeminárium
1971 augusztus 25-31
Budapest

A kiadásért felelős

Dr.Vámos Tibor

az MTA Automatizálási Kutató Intézet

igazgatója

Készült az Országos Müszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ házi sokszorositójában

F.v.: Janoch Gyula

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

E L Ő S Z Ó

Képes-e gép gondolkodni?

E kérdés mindig viták alapjául szolgál, pedig eredeti formájában értelme sincs. Hiszen nem definiáltuk mi az, hogy "gép", mi az, hogy "gondolkodni", sőt azt sem, mi az, hogy "képes".

A tudományos gondolkodás jellegzetessége, hogy ahelyett "Mi a válasz?", először azt vizsgálja "Mi a kérdés?".

Vizsgáljuk tehát a fenti kérdést ezen az alapon. "Gépen" kereskedelmi forgalomban lévő digitális számitógépet, "gondolkodáson" pedig olyan - az emberi gondolkodással asszociálható - müködési formát értünk, mint például a határozathozatal, problémamegoldás, alakfelismerés, alkotás, játszás,stb. Végül azt, hogy "képes" meghatározhatjuk ugy, hogy a fenti müködés elérhető-e egyszerü, szabványos programozási módszerekkel és elfogadható időn /tehát egy percen, egy órán, vagy egy napon és nem száz vagy egymillió éven/ belül.

A szeminárium cimének magyarázataként - ugy tünik - érdemes e Bellmantól származó* gondolatokat felidézni.

A "gépi" vagy más szóval mesterséges intelligencia problémákkal foglalkozó kutatók két nagy csoportra oszthatók. Az egyik csoport pszichológiára orientált, és arra szeretne választ kapni, milyen az emberi problémamegoldás, felismerés, stb. mechanizmusa. A másik csoport az olyan müszaki berendezések létrehozása iránt érdeklődik, amelyek - a mesterséges intelligencia módszereit alkalmazva - minőségileg uj feladatok végrehajtására képesek.

Ez utóbbi vonal két kiváló müvelője Ja.Z.CÜPKIN /SzUTA Irányitási Problémák Intézete/ és K.S.FU /Purdue Egyetem, USA/ professzorok.

Ja.Z.Cüpkin az irányitáselmélet neves alkotója, de immár klasszikusa is. Munkássága a relés, mintavételes, nemlineáris, optimális rendszerek problémái után az adaptiv, tanuló rendszerek területére vezetett el.

Ez utóbbi tekintetben Ja.Z.Cüpkin a sztochasztikus approximáció tanulási feladatoknál való sokoldalu alkalmazásának és továbbfejlesztésének uttörője.

K.S.Fu professzor neve az utóbbi évtizedben ugyancsak összefonódott az irányitáselmélet uj adaptiv irányzataival és tanuló-felismerő rendszerekkel. Legujabban K.S.Fu egyike azoknak a kutatóknak, akik iránymutató és sokoldalu kutatást folytatnak strukturális módszerek területén.

---

* CAS Seminar 1970.

Ja.Z.Cüpkin és K.S.Fu kutatómunkája sajátos irányzatokat képvisel, de ugyanakkor több ponton találkozik.

Különleges szerencseként könyvelhetjük el, hogy e két kiváló tudós vállalta, hogy hazánkbah - szemináriumi előadássorozat keretében - áttekintést nyujt az általuk müvelt területről és átfogó ismertetést adnak legujabb kutatásairól. Külön öröm volt nyomonkövetni Ja.Z.Cüpkin és K.S.Fu egymást gerjesztő gondolatainak alakulását a szeminárium folyamán.

A mesterséges intelligencia témaköre hazánkban is egyre fontosabb szerepet kezd betölteni. Ezt tanusitja e szeminárium iránt megnyilvánuló érdeklődés is. Az 1971. augusztus 23-31 között megrendezett előadássorozatnak közel 100 állandó látogatója volt.

Az Automatizálási Kutató Intézet, mint szervező, valamint az MTA Matematikai Kutató Intézet, a Méréstechnikai és Automatizálási Tudományos Egyesület, az MTA Számitástechnikai Központ, a BME Automatizálási Tanszék és a Távközlési Kutató Intézet, mint társszervező mellett a rendezvényen képviseltette magát valamennyi magyar intézmény és szervezet, amely e modern témakör iránt valamilyen aspektusból érdeklődik.

Az előadássorozat sikere felhivja a figyelmet hasonló rendezvények célszerüségére más irányitástechnikai témakörökben is.

A szeminárium módot nyujtott vitákra és személyes konzultációkra. E sorok irói különösen tanulságosnak tartották K.S.Fu és Frey Tamás /MTA AKI/ hosszabb véleménycseréjét, melyen a sztochasztikus automaták és algoritmusok elméletének és a sztochasztikus grammatika alkalmazásának uj szempontjai merültek fel.

A körülmények szerencsés alakulásaképp a szeminárium programja kibővült a TKI-ba egynapos szemináriumra érkező D.S.DAVISSON professzor /Dél-Kaliforniai Egyetem, Los Angeles/ előadásával, amelyet "Időinvariáns tanuló algoritumusok" cimen tartott.

A szeminárium utolsó napján hazai szakemberek adtak áttekintést néhány kapcsolódó kutatási eredményükről. Ennek során az alábbi témakörök kerültek előadásra:

Csibi Sándor /TKI/: Egyszerü és összetett folyamatok iterativ gépi tanulásnál

Kocsis János /BME Aut.Tsz./: A dinamikus adaptáció egy példája

Gulyás Ottó /TKI/: Potenciálfüggvény tipusu tanuló algoritmusok konvergenciája

Györfi László /TKI/: Potenciálfüggvény tipusu tanuló algoritmusok konvergenciája

Nagy örömünkre szolgál, hogy Cüpkin és Fu professzorok e szemináriumra irt jegyzetét most közzétehetjük, bizva abban, hogy ezzel is segitséget nyujtunk e fontos terület hazai továbbfejlődéséhez.

Csibi Sándor
Távközlési Kutató Intézet

Somló János
Automatizálási Kutató Intézet

Tartalomjegyzék

oldal

ПРИНЦИПы ПОСТРОЕНИЯ АДАПТИВНыХ И ОБУЧАЮЩИХСЯ СИСТЕМ

Ведение 9
1. Проблема оптимальности 10
2. Понятие об адаптивных и обучающихся системых 12
3. Цель обучения. Критерий оптимальности 12
4. Алгоритмы оптипизации 13
5. Алгоритмы обучения 14
6. Общая цель обучения. Общей критерий оптимальности. 17
7. Параметризация критерия оптимальности 18
8. Общие алгоритмы обучения 20
9. Частные случаи общих алгоритмов 22
10. Оптимальные алгоритмы обучения 22
11. Алгоритмы обучения в нестационарных условиях 25
12. Частные случаи 27
Заключения 28
Рисунки 29
Литература 36

AN INTRODUCTION TO PATTERN RECOGNITION

1. Introduction 41
2. Parametric statistical classification techniques . 43
3. Nonparametric classification techniques 47
4. Feature extraction and selection 57
5. Syntactic pattern recognition 66
Figures 80
References 88

Я.З. ЦЫПКИН
Институт Проблем Управления
Москва, СССР

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АДАПТИВНЫХ И ОБУЧАЮЩИХСЯ СИСТЕМ

Записки

25-31 август, 1971г.
Будапешт, Венгрия

Введение

В основе многих современных наук и научных направлений лежит понятие системы. Под системой подразумевается совокупность связанных и взаимодействующих друг с другом частей, элементов, объектов, групп и т.п.

В окружающем нас мире мы сталкиваемся с различными по своей природе системами: техническими, экономическими, социологическими, биологическими и т.п. Устойчивое и целенаправленное существование таких систем возможно только при наличии определенного механизма управления. Механизм управления создается либо искусственно путем введения в систему специальных управляющих устройств, либо естественно в результате эволюции, естественного отбора и т.п. Первый случай характерен для технических, экономических и социологических систем, со вторым случаем мы встречаемся в биологических системах.

В связи с этим становится ясным все возрастающее значение теории управления для изучения и построения сложных систем, не только технических, для которых она первоначально была создана, но и систем иной природы.

Далее речь в основном будет идти об искусственно создаваемых системах, предназначенных для решения разнообразных задач распознавания, классификации, идентификации, фильтрации, управления и т.п. в условиях неопределенности.

Системы, способные в условиях неопределенности с течением времени улучшать свою работу, стремясь к некоторому оптимальному режиму, называются адаптивными или обучающимися системами.

Какие же принципы могут быть положены в основу построения адаптивных и обучающихся систем? Что общего между разнообразными алгоритмами функционирования адаптивных и обучающихся систем? Каковы оптимальные алгоритмы функционирования адаптивных и обучающихся систем? Возможно ли построение адаптивных и обучающихся систем, функционирующих в нестационарных условиях?

Вот тот круг вопросов, который будет рассмотрен в этой работе.

I. ПРОБЛЕМА ОПТИМАЛЬНОСТИ

На заре развития техники и теории управления роль управляющих устройств - регуляторов состояла в стабилизации желаемых типов движений или, в частности, положения равновесия, но по мере развития теории и техники автоматических систем постепенно выкристаллизовывалась проблема выбора такого управления, при котором система в целом была в том или ином смысле оптимальной. Проблема оптимальности стала одной из центральных проблем управления. Смысл оптимальности существенно зависит от характера информации о системе, от характера критерия оптимальности и ограничений.

Информация о системе складывается из априорной информации относительно характеристик и свойств системы и текущей информации относительно состояния системы.

Априорная информация обычно получается в результате предварительного теоретического или экспериментального исследования. В отличие от априорной информации, текущая информация получается в результате наблюдений и измерений. В каждый момент времени текущая информация обновляется.

В зависимости от степени полноты априорной информации, т.е. в зависимости от информативности, все системы могут быть разделены на три типа:

1. Детерминированные системы
2. Стохастические системы
3. Неопределенные системы

Детерминированные и стохастические системы характеризуются наличием достаточно полной априорной информации относительно описания их состояния и требований к ним.

В детерминированных системах знание состояния в начальный момент позволяет полностью определить состояние в любой последующий момент времени.

Оптимальные детерминированные системы обладают тем свойством, что в них каждый отдельный процесс оптимален.

В стохастических системах знание состояния в начальный момент позволяет определить лишь вероятностные характеристики последующих состояний. Оптимальные стохастические системы обладают тем свойством, что в них каждый отдельный процесс не оптимален, но вся система "в среднем" оптимальна. Несмотря на столь существенные идейные различия в понятии оптимальности для детерминированных и стохастических систем, трудно установить заметное расхождение в окончательной формулировке и решении задач оптимизации этих систем. Для этих систем применимы, по-существу, одни и те же методы оптимизации, которые группируются вокруг классических методов вариационного исчисления, принципа максимума, динамического программирования.

При описании любой сложной реальной системы мы часто идеализируем ее и, несмотря на стремление учесть ее свойства и особенности, вряд ли можно надеяться на получение достаточно полной априорной информации относительно не идеализированной, а реальной системы. Наличие неизбежных погрешностей наблюдения и измерения, отсутствие достоверных сведений о механизме работы системы всегда приводит к неполноте априорной информации и, зачастую, такой неполноте, при которой систему нельзя рассматривать не только как детерминированную, но даже и как стохастическую.

В этом случае мы приходим к неопределенной системе. Оптимизация неопределенных систем на первый взгляд кажется невозможной, поскольку априорная информация о них настолько мала, что упомянутые выше мощные методы оптимизации становятся непосредственно не пригодными. Такой пессимистический вывод весьма закономерен, если ограничиться рассмотрением методов оптимизации, использующих достаточно полную априорную информацию, но он становится не верным, если принять во внимание возможность использования текущей информации для компенсации недостатка априорной информации. Именно эта возможность и лежит в основе построения обучающихся систем.

2. ПОНЯТИЕ ОБ АДАПТИВНЫХ И ОБУЧАЮЩИХСЯ СИСТЕМАХ

Адаптивные или обучающиеся системы представляют собой системы, способные в условиях неполной априорной информации с течением времени достигнуть цели, т.е. обеспечить экстремум критерия оптимальности [I].

Таким образом, адаптивные или обучающиеся системы обладают тем свойством, что в ходе работы с течением времени они улучшают свое функционирование, свои свойства.

Принцип работы обучающихся систем основан на использовании процессов обучения, позволяющих в результате обработки текущей информации восполнить недостаток априорной информации и асимптотически достигнуть оптимального состояния.

Если для анализа и синтеза обычных (детерминированных или стохастических) систем на первых порах преобладала аналитическая форма решения проблемы оптимальности, то теперь в связи с развитием средств современной вычислительной техники широко используется алгоритмическая форма. Именно алгоритмическая форма является единственно возможной для синтеза обучающихся систем. Возможны различные виды обучения обучающихся систем, и эти виды обучения зависят от объема априорной информации. Так, при достаточно полной априорной информации о наблюдаемых ситуациях принятие решений основано на хорошо развитой к настоящему времени классической теории статистических решений. В этом случае обучение, как таковое, отсутствует.

Необходимость в обучении возникает всякий раз, когда априорная информация неполна. В этом случае на смену классическому подходу приходит адаптивный подход [I, 2].

3. ЦЕЛЬ ОБУЧЕНИЯ. КРИТЕРИЙ ОПТИМАЛЬНОСТИ

Для всякой обучающейся системы прежде всего должна существовать цель обучения. Эта цель формулируется в виде некоторой не полностью заданной целевой функции, т.е. критерия оптимальности. Цель обучения представляет собой экстремум критерия оптимальности вида

$$J(a)=\int_{X} Q(\boldsymbol{x},\boldsymbol{c})\,p_{\boldsymbol{x}}(\boldsymbol{x})\,d\boldsymbol{x} \qquad (3.1)$$

или более кратко

$$J(c) = M_x\{Q(x,c)\} \qquad (3.2)$$

Здесь $Q(x,c)$- случайный функционал от наблюдаемого вектора $x=(x_1,\ldots,x_n)$и вектора параметров $c=(c_1,\ldots,c_N)$; $\rho_x(x)$ - плотность распределения вектора x .

Решение задачи оптимизации сводится к определению такого вектора $c=c^*$, при котором достигается цель обучения, т.е. при котором функционал (3.2) достигает экстремума. Для конкретности далее будем предполагать, что экстремум представляет собой минимум.

В отличие от детерминированных и стохастических систем, для которых критерий оптимальности $J(c)$ является известным, полностью определенным функционалом вектора c, для неопределенных систем, критерий оптимальности (3.2) полностью не известен, поскольку не известна плотность распределения $\rho_x(x)$. Единственно, что нам известно - это отдельные реализации $Q(x,c)$случайного функционала, из которого формируется критерий оптимальности.

4. АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Запишем необходимое условие экстремума функционала (3.2) в виде

$$\nabla J(c) = M_x\left\{\nabla_c Q(x,c)\right\} = 0 \qquad (4.1)$$

где

$$\nabla J(c) = \left(\frac{\partial J(c)}{\partial c_1},\ldots,\frac{\partial J(c)}{\partial c_N}\right) \qquad (4.2)$$

и

$$\nabla_c Q(x,c) = \left(\frac{\partial Q(x,c)}{\partial c_1},\ldots,\frac{\partial Q(x,c)}{\partial c_N}\right) \qquad (4.3)$$

градиенты функционалов $J(c)$ и $Q(x,c)$,по c .

Если экстремум единственен, то условие (4.1) будет также и достаточным.

В общем случае условие (4.1) представляет собой нелинейное уравнение относительно c, которое в явном виде не разрешимо.

Для детерминированных и стохастических систем $\nabla J(c)$полностью известно. Применяя итеративные методы, можно оптимальный вектор $c=c^*$ искать в виде предела последовательности $c[n]$, определяемой соотношением

$$c[n] = c[n-1] - \Gamma[n] \nabla J(c[n-1]); \; c[0] = c_0 \tag{4.4}$$

где $\Gamma[n]$ – некая диагональная матрица.

При выполнении определенных условий сходимости $c[n]$ с ростом n будет стремиться к c^*. Соотношение (4.4) можно рассматривать как нелинейное разностное уравнение, решения которых при произвольном векторе начальных значений стремятся к оптимальному вектору $c=c^*$.

Наряду с дискретным алгоритмом оптимизации можно для этой же цели использовать и непрерывный алгоритм оптимизации, например, вида

$$\frac{d\,c(t)}{dt} = -\Gamma(t) \nabla J(c(t)); \; c(0) = c_0 \tag{4.5}$$

При выполнении определенных условий сходимости $c(t)$ с ростом t стремится к оптимальному значению $c^*(t)$.

Структурная схема системы, реализующей эти алгоритмы оптимизации, изображена на рис. I. Она состоит из нелинейного преобразователя $\nabla J(c)$, матричного усилителя с коэффициентом усиления, определяемыми элементами диагональной матрицы $\Gamma(t)$, и диграторов (для дискретных алгоритмов) или интеграторов (для непрерывных алгоритмов). Двойными линиями указаны векторные связи, и зачерненная стрелка означает изменение знака.

Важно отметить, что системы, реализующие алгоритмы оптимизации, являются автономными системами. Вся известная априорная информация включена в нелинейный преобразователь.

Автономная система может работать и в убыстренном масштабе времени. Выбор матриц $\Gamma(t)$ позволяет получить различные конкретные алгоритмы оптимизации. Но нам сейчас нет необходимости останавливаться на этом.

5. АЛГОРИТМЫ ОБУЧЕНИЯ

При недостаточной априорной информации, которая имеет место, когда $p_x(x)$ неизвестна, алгоритмы оптимизации (4.4), (4.5) не могут быть использованы. В этом случае они заменяются алгоритмами обучения, которые характеризуются тем, что они используют вместо неизвестной величины $\nabla J(c)$ измеряемую реализацию $\nabla_c Q(x,c)$, из которой образуется $\nabla J(c)$ (4.I).

Согласно обычному адаптивному подходу [I, 2], получаем алгоритмы обучения различной формы:

Дискретные алгоритмы обучения

$$c[n]=c[n-1]-\Gamma[n]\nabla_c Q\left(x[n],c[n-1]\right);\quad c[0]=c_0 \tag{5.I}$$

Непрерывные алгоритмы обучения

$$\frac{dc(t)}{dt}=-\Gamma(t)\nabla_c Q\left(x(t),c(t)\right);\quad c(0)=c_0 \tag{5.2}$$

Возможны также непрерывно-дискретные алгоритмы обучения

$$\frac{dc(t)}{dt}=-\Gamma(t)\nabla_c Q\left(x[t],c(t)\right);\quad c(0)=c_0 \tag{5.3}$$

где

$$x[t]=x(nT),\qquad nT\le t<(n+1)T \tag{5.4}$$

ступенчатая вектор-функция, образуемая по дискретам реализаций векторов $x[n]=x(nT)$.

В алгоритмах (5.I) - (5.3) $\Gamma[n]$, $\Gamma(t)$ такие диагональные матрицы, элементы которых представляют собой положительные и надлежащим образом убывающие с ростом времени, функции.

Структурная схема обучающейся системы, реализующая алгоритмы обучения, изображена на рис. 2. Она содержит нелинейный преобразователь $\nabla_c Q(x,c)$ с двумя входами, матричный училитель и диграторов или интегратор.

В отличие от систем рис. I, обучающаяся система не автономна. Она получает на один из своих входов текущую или рабочую информацию $x[n]$, $x(t)$, $x[t]$. Надлежащая обработка этой информации позволяет с течением времени определить оптимальное значение вектора $c=c^*$. При определенных условиях имеет место сходимость [4, 5] c к c^* в средне-квадратичном или с вероятностью единица.

Обучающаяся система не может работать в произвольном масштабе времени. Темп ее работы однозначно определяется темпом поступления текущей информации.

Алгоритмы обучения можно также назвать алгоритмами асимптотической оптимизации. Приведенные выше алгоритмы относятся к классу регулярных не поисковых алгоритмов. Для построения этих алгоритмов необ-

ходимо иметь в распоряжении аналитическое выражение случайного функционала $Q(x, c)$, допускающего дифференцирование. При невыполнении хотя бы одного из этих предположений регулярные алгоритмы нельзя использовать. В этом случае на смену регулярным алгоритмам приходят поисковые алгоритмы обучения. В поисковых алгоритмах вместо истинного градиента $\nabla_c Q(x,c)$ фигурируют его оценки. Например,

$$\tilde{\nabla}_{c\pm} Q(x,c) = \frac{1}{2a} \sum_{m=1}^{N} \left[Q(x, c + e_m a) - Q(x, c - e_m a) \right] e_m \qquad (5.5)$$

где

$$e_m = (\underbrace{0, 0, \ldots 0, 1,}_{m} 0 \ldots 0) \qquad (5.6)$$

или

$$\tilde{\nabla}_{c} \pm Q(x,c) = \frac{1}{2a} \sum_{m=1}^{N} \left[Q(x, c + \xi_m a) - Q(x, c - \xi_m a) \right] \cdot \xi_m \qquad (5.7)$$

где

$$\xi_m = (\xi_m^1, \ldots \xi_m^N) \qquad (5.8)$$

многомерный случайный процесс с нулевыми средними значениями составляющих.

Используя эти оценки градиентов, мы получим поисковые алгоритмы общего вида:

Дискретные алгоритмы

$$c[n] = c[n-1] - \Gamma[n] \; \tilde{\nabla}_{c\pm} Q(x[n], c[n-1]) \qquad (5.9)$$

Непрерывные алгоритмы

$$\frac{dc(t)}{dt} = -\Gamma(t) \; \tilde{\nabla}_{c} \pm Q(x(t), c(t)) \qquad (5.10)$$

В частности, при оценке градиента (5.5), получаем из (5.9) поисковый алгоритм Кифера – Вольфовица – Блюма [6, 7]

$$c[n] = c[n-1] - \Gamma[n] \frac{1}{2a[n-1]} \sum_{m=1}^{N} \left[Q(x[n]; c[n-1] + e_m a[n-1]) - \right.$$
$$\left. - Q(x[n], c[n-1] - e_m a[n-1]) \right] e_m; \; c[0] = c_0 \qquad (5.11)$$

Аналогично из (5.10) получаем алгоритм Сакрисона [8]

$$\frac{dc(t)}{dt} = -\Gamma(t) \frac{1}{2a(t)} \sum_{m=1}^{N} \left[Q(x(t), c(t) + e_m a(t)) - \right. \qquad (5.12)$$
$$\left. - Q(x(t), c(t) - e_m a(t)) \right] e_m; \; c(0) = c_0$$

При оценке градиента (5.7) получаем из (5.9) так называемый алгоритм метода парных проб [9]

$$c[n]=c[n-1]-\Gamma[n]\frac{1}{2a[n-1]}\sum_{m=1}^{N}\left[Q\left(x[n],c[n-1]+\xi_m[n-1]\,a[n-1]\right)-\right.$$
$$\left.-Q\left(x[n],c[n-1]-\xi_m[n-1]\,a[n-1]\right)\right]\cdot\xi_m \qquad (5.13)$$

При надлежащем стремлении $a[n-1]$ к нулю эти поисковые алгоритмы определяют тот же оптимальный вектор $c=c^*$, что и регулярные алгоритмы.

Каждой цели обучения соответствуют один регулярный алгоритм и множество поисковых алгоритмов.

6. ОБЩАЯ ЦЕЛЬ ОБУЧЕНИЯ. ОБЩИЙ КРИТЕРИЙ ОПТИМАЛЬНОСТИ

Более общей целью обучения является экстремум или для определенности, минимум критерия оптимальности вида

$$J=\int_X\int_Y Q(x,y)\,p_x(x)\,p_y(y/x)\,dx\,dy \qquad (6.1)$$

где $Q(x,y)$- функционал наблюдаемого вектора $x=(x_1..x_M)$ и управляемого вектора $y=(y_1,...,y_M)$, $p_x(x)$ - плотность распределения вектора x, а $p_y(y)$ целевая плотность распределения вектора y. Векторы x и y могут или должны подчиняться тем или иным ограничениям.

Возможны ограничения двух родов. К ограничениям первого рода относятся законы природы, описываемые теми или иными уравнениями или соотношениями. К ограничениям второго рода относятся соотношения, выражающие пределы изменения физических величин, переход через которые нежелателен или недопустим.

Ограничения второго рода обычно представляются в виде равенств или неравенств в общем случае вида

$$g_\nu=\int_Y\int_X h_\nu(x,y)\,p_x(x)\,p_y(y/x)\,dx\,dy=0;\ \nu=1,2,...,\nu<N \qquad (6.2)$$

или

$$g_\nu=\int_Y\int_X h_\nu(x,y)\,p_x(x)\,p_y(y/x)\,dx\,dy\le 0;\quad \nu=1,2,... \qquad (6.3)$$

Решение задачи оптимизации состоит в нахождении такого условного распределения $p_y(y/x)$ управляемого вектора y, при котором функционал (3.1) достигает экстремума в области, определяемой ограничениями (6.2), (6.3).

Применяя терминологию теории игр [10], можно сказать, что оптималь-

ное решение $\rho_y(y/x)$ определяет собой в общем случае смешанную стратегию. Тогда, как ранее, определяя $\rho_x(x)$, мы отыскивали решение в классе чистых стратегий.

7. ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ КРИТЕРИЯ ОПТИМАЛЬНОСТИ

Предположим, что условная плотность распределения $\rho_y(y/x)$ управляемого вектора y представима в виде

$$\rho_y(y/x) = p(y, c|x) \tag{7.I}$$

где $p(y,c|x)$ - известная функция, а $c=(c_1,\dots,c_N)$ - неизвестный вектор параметров.

В этом случае критерий оптимальности (6.I) и ограничения (6.2), (6.3) можно представить в простой параметрической форме. Действительно, введем обозначение сглаженного функционала

$$\tilde{Q}(x,c) = \int_Y Q(x,y)\, p(y,c|x)\, dy \tag{7.2}$$

и, аналогично,

$$\tilde{h}_\nu(x,c) = \int_Y h(x,y)\, p(y,c|x)\, dy \tag{7.3}$$

Тогда (6.I) можно записать в виде

$$J(c) = \int_X \tilde{Q}(x,c)\, \rho_x(x)\, dx \tag{7.4}$$

или

$$J(c) = M_x\left\{\tilde{Q}(x,c)\right\} \tag{7.5}$$

Аналогично ограничения (6.2) и (6.3) запишутся в виде

$$g_\nu(c) = M_x\left\{\tilde{h}_\nu(x,c)\right\} = 0; \quad \nu = 1,2,\dots K; \quad K < N \tag{7.6}$$

или

$$g_\nu(c) = M_x\left\{\tilde{h}_\nu(x,c)\right\} \le 0; \quad \nu = 1,2,\dots \tag{7.7}$$

Теперь решение задачи оптимизации состоит в нахождении такого вектора параметров $c=c^*$, при котором функционал (7.5) достигает экстремума в области, определяемой ограничениями (7.6).

В частном случае при выборе

$$p(y, c \mid x) = \delta(y - c) \tag{7.8}$$

где $\delta(y-c)$ - многомерная функция Дирака, из (7.2) и (7.3) получаем, учитывая свойства δ - функции

$$\widetilde{Q}(x, c) = \int_Y Q(x, y)\, \delta(y-c)\, dy = Q(x, c) \tag{7.9}$$

и

$$\widetilde{h}_\nu(x, c) = \int_Y h_\nu(x, y)\, \delta(y-c)\, dy = h_\nu(x, c); \quad \nu = 1, 2, \ldots, \tag{7.10}$$

Следовательно, вместо (4.5), (4.6) получаем функционал

$$J(c) = M_x\{Q(x, c)\} \tag{7.11}$$

и ограничения

$$g_\nu(c) = M_x\{h_\nu(x, c)\} \le 0; \quad \nu = 1, 2, \ldots, \tag{7.12}$$

Функционал вида (7.11) рассматривался нами ранее в п. 3.

Несмотря на внешнее сходство функционалов (7.5) и (7.11), они существенно отличны друг от друга. Экстремум функционала (7.11) соответствует детерминированным значениям управляемого вектора $y = c$, т.е. детерминированным или чистым стратегиям, тогда как экстремум функционала (7.5) или (6.1) соответствует, вообще говоря, случайному управляемому вектору y, плотность распределения которого равна $p_y(y \mid x)$ или $p_y(y, c \mid x)$, т.е. случайным или смешанным стратегиям. Параметризация функционала позволяет свести задачу отыскания оптимальных смешанных стратегий к хорошо известной задаче отыскания чистых стратегий.

При отсутствии ограничений (6.2), (6.3) функционал (6.1) достигает своего экстремума при плотности распределения вида δ - функции, соответствующей чистой стратегии [3, 10].

Параметризованный же функционал (7.4) может достигать экстремума при параметризованной плотности распределения, которая может отличаться от δ - функции, т.е. при некоторой смешанной стратегии. Рассматривая далее параметризованный функционал, мы для простоты изложения не будем учитывать ограничения.

8. ОБЩИЕ АЛГОРИТМЫ ОБУЧЕНИЯ

Запишем условие экстремума функционала (7.4) в обычной форме

$$\nabla J(c) = M_x\left\{\nabla_c \widetilde{Q}(x,c)\right\} = 0 \qquad (8.1)$$

где

$$\nabla_c \widetilde{Q}(x,c) = \int_Y Q(x,y)\nabla_c p(y,c|x)\,dy \qquad (8.2)$$

Выражение $\nabla_c \widetilde{Q}(x,c)$ можно рассматривать как сглаженный рандомизированный градиент. Важно подчеркнуть, что сглаженный рандомизированный градиент существует и тогда, когда обычный градиент функционала $Q(x,y)$ по $y=c$ не существует. В тех случаях, когда $p(y,c|x)$ - кусочно-постоянная функция, $\nabla_c p(y,c|x)$ - выражается через δ - функции, и рандомизированный сглаженный градиент (8.2) легко вычисляется. Если же $p(y,c|x)$ - непрерывная положительная функция своих аргументов, удобно представить (8.2) в виде

$$\nabla_c \widetilde{Q}(x,c) = \int_Y Q(x,y)\nabla_c \ln p(y,c|x)\cdot p(y,c|x)\,dy \qquad (8.3)$$

или короче,

$$\nabla_c \widetilde{Q}(x,c) = M_y\left\{Q(x,y)\nabla_c \ln p(y,c|x)\right\} \qquad (8.4)$$

Подставляя выражение (8.4) в (8.1), запишем условие оптимальности в несколько иной форме

$$M_x\left\{M_y\left\{Q(x,y)\nabla_c \ln p(y,c|x)\right\}\right\} = 0 \qquad (8.5)$$

или

$$M_{xy}\left\{Q(x,y)\nabla_c \ln p(y,c|x)\right\} = 0 \qquad (8.6)$$

Более сложные случаи задания плотности распределения (например, кусочно-непрерывные) мы здесь не будем приводить. Они рассматриваются в [12].

Для получения алгоритмов обучения по условиям экстремума (8.1) и (8.6) воспользуемся обычным адаптивным подходом [12], описанным в п. 5. Используя реализации, которые фигурируют в условиях экстремума (8.1) под знаком математического ожидания, получаем различные фор-

мы алгоритмов:

Дискретные алгоритмы обучения

$$c[n]=c[n-1]-\Gamma[n]\nabla_c \tilde{Q}(x[n], c[n-1]) \tag{8.7}$$

Непрерывные алгоритмы обучения

$$\frac{dc(t)}{dt} = -\Gamma(t)\nabla_c \tilde{Q}(x(t),c(t)) \tag{8.8}$$

Гибридные алгоритмы обучения

$$\frac{dc(t)}{dt} = -\Gamma(t)\nabla_c \tilde{Q}(x[t], c(t)) \tag{8.9}$$

Структурная схема обучающейся системы, реализующая эти алгоритмы, отличается от изображенной на рис. 2 лишь тем, что вместо функционального преобразователя $\nabla_c Q(x,c)$ она содержит функциональный преобразователь $\nabla_c \tilde{Q}(x,c)$.

Аналогичным образом из условия оптимальности (8.6) можно получить иной класс алгоритмов.

Дискретные алгоритмы обучения

$$c[n]=c[n-1]-\Gamma[n]\, Q(x[n], y[n])\nabla_c \ln p(y[n], c[n-1] \mid x[n]) \tag{8.10}$$

Непрерывные алгоритмы обучения

$$\frac{dc(t)}{dt} = -\Gamma(t)\, Q(x(t), y(t))\nabla_c \ln p(y(t), c(t) \mid x(t)) \tag{8.11}$$

Гибридные алгоритмы обучения

$$\frac{dc(t)}{dt} = -\Gamma(t)\, Q(x[t], y[t])\nabla_c \ln p(y[t], c(t) \mid x[t]) \tag{8.12}$$

Структурная схема обучающейся системы, реализующая эти алгоритмы, изображена на рис. 3.

Алгоритмы обучения реализуются, соответственно, на дискретных, аналоговых или гибридных вычислительных машинах.

9. ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ОБЩИХ АЛГОРИТМОВ

Задаваясь различными формами плотности распределения управляемого вектора y, можно получить разнообразные алгоритмы обучения, как регулярные, так и поисковые. Тем самым намечающийся антагонизм между приверженими регулярных методов, детерминированных и случайных поисковых методов, противопоставляющими эти методы один другому, может быть устранен. Эти частные случаи алгоритмов сведены в таблицу I.

Таблица I содержит примеры одномерных алгоритмов, аналогичным образом можно получить и многомерные алгоритмы [I2]. В примечаниях к таблице указаны источники, в которых эти алгоритмы были получены. Принятая здесь точка зрения, позволяет получить как регулярные, так и поисковые алгоритмы. Она снимает "антагонистические отношения" между приверженцами неслучайных и случайных методов поиска, которые успели сложиться к настоящему времени [9].

IO. ОПТИМАЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ ОБУЧЕНИЯ

В приведенных выше алгоритмах элементы матрицы определялись из условия сходимости алгоритмов. Можно подчинить выбор этих матриц тем или иным условиям оптимальности процесса обучения.

Для этой цели заменим в функционале (7.4) истинную плотность распределения $p_x(x)$ эмпирической:

$$\hat{p}(x)=\frac{1}{t}\int_0^t \delta(x-x(\tau))\,d\tau \qquad (IO.1)$$

Тогда после очевидных преобразований (7.4) получим эмпирический функционал

$$\hat{J}(c,t)=\frac{1}{t}\int_0^t \tilde{Q}(x(\tau),c)\,d\tau \qquad (IO.2)$$

Будем искать $c=c(t)$ так, чтобы $\hat{J}(c,t)$ в каждый момент времени t принимал бы экстремальное значение.

Условие экстремума имеет вид

$$\nabla\hat{J}(c,t)=\frac{1}{t}\int_0^t \nabla_c \tilde{Q}(x(\tau),c(t))\,d\tau=0 \qquad (IO.3)$$

или при $t > 0$

$$\int_0^t \nabla_c \tilde{Q}\left(x(\tau), c(t)\right) d\tau = 0 \qquad (10.4)$$

Для получения дифференциального уравнения относительно $c(t)$ продифференцируем правую часть по времени t [15] . Тогда получим

$$\nabla_c \tilde{Q}\left(x(t), c(t)\right) + \int_0^t \nabla_c^2 \tilde{Q}\left(x(\tau), c(t)\right) d\tau \, \frac{dc(t)}{dt} = 0 \qquad (10.5)$$

Исключая из (10.5) и (8.8) $\frac{dc}{dt}$, находим

$$\nabla_c \tilde{Q}(x(t), c(t)) - \int_0^t \nabla_c^2 \tilde{Q}\left(x(\tau), c(t)\right) d\tau \cdot \Gamma(t) \cdot \nabla_c \tilde{Q}\left(x(t), c(t)\right) = 0 \qquad (10.6)$$

Отсюда следует, что

$$\Gamma(t) = \Gamma_{опт}(t) = \left[\int_0^t \nabla_c^2 \tilde{Q}(x(\tau), c(t))\, d\tau\right]^{-1} \qquad (10.7)$$

Если продифференцировать обе части (10.7) по t, то можно получить дифференциальное уравнение относительно $\Gamma(t)$:

$$\frac{d\Gamma(t)}{dt} = -\Gamma(t)\left[\frac{d}{dt}\int_0^t \nabla_c^2 \tilde{Q}\left(x(\tau), c(t)\right) d\tau\right]\Gamma(t) \qquad (10.8)$$

Таким образом, оптимальные алгоритмы обучения могут быть представлены в виде

$$\frac{dc(t)}{dt} = -\Gamma(t)\nabla_c \tilde{Q}\left(x(t), c(t)\right) \qquad (10.9)$$

$$\frac{d\Gamma(t)}{dt} = -\Gamma(t)\left[\frac{d}{dt}\int_0^t \nabla_c^2 \tilde{Q}\left(x(\tau), c(t)\right) d\tau\right]\Gamma(t) \qquad (10.10)$$

При этом начальные значения $c^*(t_0)$ и $\Gamma^*(t_0)$ определяются из условия (10.4) при $t = t_0$ и равенства (10.7) при $t = t_0$ и $c(t) = c^*(t_0)$.

Трудности определения начальных значений $c^*(t_0)$ и $\Gamma^*(t_0)$ очевидны. Они становятся еще большими при плохой обусловленности матрицы $\Gamma^{-1}(t) = \int_0^t \nabla_c^2 \tilde{Q}(x(\tau), c(t))\, d\tau$. Для преодоления этих трудностей следует воспользоваться субоптимальными алгоритмами.

Зададимся произвольным значением $c(t_0) = \hat{c}$ и произвольной положительно определенной матрицей $\Gamma(t_0) = \hat{\Gamma}$. При этом условие (10.4) при $t = t_0$ и равенство (10.7) при $t = t_0$ нарушается, т.е.

$$\int_0^{t_0} \nabla_c \tilde{Q}\left(x(\tau), \hat{c}_0\right) d\tau \neq 0 \qquad (10.11)$$

и

$$\int_0^{t_0} \nabla^2 \tilde{Q}(x(\tau), \hat{c}_0)\, d\tau \neq \hat{\Gamma}^{-1} \qquad (10.12)$$

Для того, чтобы условие (10.4) и равенство (10.7) выполнялись, скорректируем неравенства (10.11) и (10.12) с помощью неопределенных симметричной матрицы A и вектора τ. Таким образом,

$$\int_0^{t_0} \nabla_c \tilde{Q}(x(\tau), \hat{c}_0)\, d\tau + A c_0 + \tau = 0 \qquad (10.13)$$

$$\int_0^{t_0} \nabla_c^2 \tilde{Q}(x(\tau), \hat{c}_0)\, d\tau + A \neq \hat{\Gamma}^{-1} \qquad (10.14)$$

Эта коррекция означает, что вместо исходного эмпирического функционала (10.2) теперь минимизируется функционал

$$\hat{J}(c, A, \tau, t) = \hat{J}(c, t) + \frac{c^T A c}{2t} + \frac{\tau^T c}{t} \qquad (10.15)$$

Этот функционал будем называть регуляризованным. При достаточно большом t регуляризованный функционал $\hat{J}(c, A, \tau, t)$ приближается к исходному эмпирическому функционалу $J(c, t)$ (10.2). Таким образом, оптимальные алгоритмы (10.9), (10.10) при плохой обусловленности или вырожденности матрицы $\Gamma^{-1}(t)$ некорректны. Регуляризация их состоит в замене матрицы $\Gamma(t_0)$ произвольной положительно определенной матрицей $\hat{\Gamma}(t_0)$; при этом минимизация исходного эмпирического функционала (10.2) заменяется минимизацией регуляризованного функционала.

Нетрудно установить связь полученного результата с известными результатами по регуляризации некорректных задач [16].

В общем случае непрерывные оптимальные и субоптимальные алгоритмы не реализуемы, поскольку не реализуема операция вида $\int_0^t \nabla_c^2 \tilde{Q}(x(\tau), c(t))\, d\tau$, содержащая одновременно интегрирование по верхнему пределу t и параметру t, входящему в $c(t)$. Для квадратичной по c функции $\tilde{Q}(x, c)$ эта трудность отпадает. Это замечание относится и к гибридным алгоритмам. В этом последнем случае возможно существование оптимальных и субоптимальных дискретных алгоритмов.

При замене рандомизированных сглаженных функционалов $\tilde{Q}(x, c)$ и градиентов $\nabla_c \tilde{Q}(x, c)$ обычными $Q(x, c)$ и $\nabla_c Q(x, c)$ мы приходим к известным результатам [15].

II. АЛГОРИТМЫ ОБУЧЕНИЯ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ УСЛОВИЯХ

Рассмотренные выше алгоритмы обучения предназначены для работы в стационарных условиях.

Предположим теперь, что функционал (7.5) зависит от времени, т.е.

$$J(c,t)=M_x\left\{\tilde{Q}(x,c,t)\right\} \tag{II.1}$$

Это значит, что его экстремум, т.е. цель обучения изменяется с течением времени. Пусть закон дрейфа цели обучения задается дифференциальным уровнением

$$\frac{dc^*(t)}{dt}=q(c^*(t),t) \tag{II.2}$$

Причем начальное значение вектора

$$c^*(0)=a \tag{II.3}$$

неизвестно. Уравнение, определяющее траекторию дрейфа, можно представить в виде

$$c^*(t)=c^*(t,a) \tag{II.4}$$

Тогда, после подстановки (II.4) в (II.I), получим

$$J(c,t)=J(a,t)=M_x\left\{\tilde{Q}(x,c(t,a),t)\right\} \tag{II.5}$$

В отличие от (II.I) функционал (II.5) представляет собой функционал постоянного вектора a и к нему применим обычный адаптивный подход. Условие экстремума $J(a,t)$ имеет вид

$$\nabla_a J(a,t)=M_x\left\{\nabla_a\tilde{Q}(x,c(t,a),t)\right\}=0 \tag{II.6}$$

или

$$M_x\left\{V^T(t,a)\cdot\nabla_c\tilde{Q}(x,c(t,a),t)\right\}=0 \tag{II.7}$$

где

$$V(t,a)=\frac{\partial c(t,a)}{\partial a} \tag{II.8}$$

- матрица чувствительности.

Она удовлетворяет уравнению, получаемому из (II.2) дифференцированием обеих частей по a, т.е. уравнению чувствительности

$$\frac{dV(t,a)}{dt} = V^T(t,a)\, q'_c(c(t,a),t) \qquad (II.9)$$

Из (II.7) на основе адаптивного подхода получаем алгоритм оценки a:

$$\frac{da(t)}{dt} = -\Gamma_a(t)\, V^T(t,a(t))\, \nabla_c \tilde{Q}(x(t),c(t,a),t) \qquad (II.10)$$

Введем оценку

$$c(t) = c^*(t,a(t)) \qquad (II.11)$$

Полная производная $c(t)$ по t выражается следующим образом:

$$\frac{dc(t)}{dt} = \frac{\partial c^*(t,a(t))}{\partial t} + \frac{\partial c^*(t,a(t))}{\partial a} \cdot \frac{da(t)}{dt} \qquad (II.12)$$

Замечая, что

$$\frac{\partial c^*(t,a(t))}{t} = q(c^*(t,a(t)),t) = q(c(t),t) \qquad (II.13)$$

в силу уравнения траектории II.2 и

$$\frac{\partial c^*(t,a(t))}{t} = V(t,a(t)) = V(t,c(t)) \qquad (II.14)$$

в силу определения матрицы чувствительности (II.8) и, наконец, что $\frac{da(t)}{dt}$ определяется алгоритмом (II.10), запишем (II.12) в более удобной форме

$$\frac{dc(t)}{dt} = q(c(t),t) - V(t,c(t))\,\Gamma_a(t)\, V^T(t,c(t))\,\nabla_c \tilde{Q}(x(t),c(t),t) \qquad (II.15)$$

Обозначая

$$\Gamma(t) = V(t,c(t))\,\Gamma_a(t)\, V^T(t,c(t)) \qquad (II.16)$$

окончательно получаем непрерывный алгоритм обучения в нестационарных условиях

$$\frac{dc(t)}{dt} = q(c(t),t) - \Gamma(t)\nabla_c \tilde{Q}(x(t),c(t),t) \qquad (II.17)$$

Структура схема обучающейся системы, реализующая непрерывный алгоритм (II.17), изображена на рис. 4.

Аналогично можно получить и дискретный алгоритм обучения в нестационарных условиях.

Возможны обобщения этих алгоритмов обучения в нестационарных условиях на те случаи, когда уравнение дрейфа цели обучения (II.2) заменено уравнением

$$\frac{dc^*(t)}{dt} = M_y\{\tau(y, c^*(t), t)\} = q(c^*_{(t)}, t) \qquad (II.18)$$

где $q(c^*_{(t)} t)$ явно не известно, а могут быть измерены лишь реализации $\tau(y(t), c^*(t), t)$, либо уравнением

$$\frac{dc^*(t)}{dt} = q^*(c^*_{(t)}, b, t) \qquad (II.19)$$

где b – вектор неизвестных параметров.

Мы, однако, здесь эти более общие задачи рассматривать не будем. Если принять, что закон дрейфа цели обучения задается разностным уравнением

$$c^*[n] = q(c[n-1], n) \qquad (II.20)$$

то дискретные алгоритмы обучения можно представить в виде

$$c[n] = q(c[n-1], n) - \Gamma[n] \nabla_c Q(x[n], q(c[n-1], n)) \qquad (II.21)$$

Структурная схема обучающейся системы, реализующая этот алгоритм, изображена на рис. 5.

Заметим, что дискретный алгоритм обучения в нестационарных условиях (II.19) получается из обычного дискретного алгоритма обучения в стационарных условиях (5.1) простой заменой в последнем оценки $c[n-1]$ на $q(c[n-1], n)$.

I2. ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ

Задаваясь различным видом уравнения, определяющего закон дрейфа цели обучения, можно получить различные алгоритмы обучения в нестационарных условиях [I7]. Эти частные случаи алгоритмов обучения, как непрерывных, так и дискретных, сведены в табл. II. В примечании к таблице указаны источники, в которых эти алгоритмы были получены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Адаптивный подход, описанный в настоящей работе, охватывает широкий круг задач. Наряду с обычными алгоритмами обучения, дающими решения в чистых стратегиях, при помощи понятий рандомизации и сглаживания возможно построение алгоритмов обучения, дающих решение в смешанных стратегиях. Это наиболее общий вид алгоритмов содержит в себе в качестве частных случаев все известные, как регулярные, так и поисковые алгоритмы. Каждый из непрерывных алгоритмов, при надлежащем выборе матриц Γ, может соответствовать оптимальному обучению. Такие оптимальные алгоритмы однако трудно реализуемы. Переход к субоптимальным алгоритмам упрощает несколько их реализацию и тесно связан с вопросами регуляризации так называемых некорректных задач.

Для обучения в нестационарных условиях существуют специальные алгоритмы, учитывающие дрейф экстремума функционала. Они, как частный случай, содержат алгоритмы обучения в нестационарных условиях.

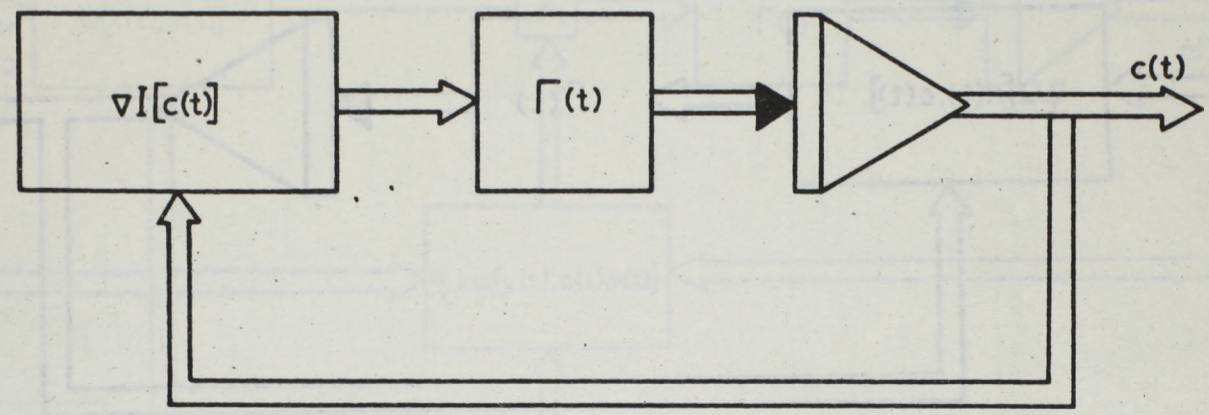


Рис.1

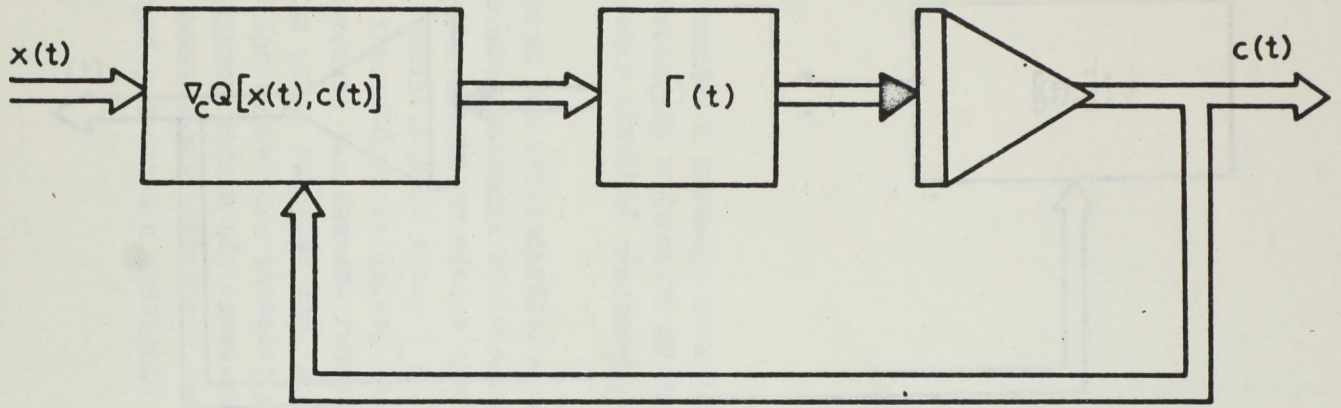


Рис.2

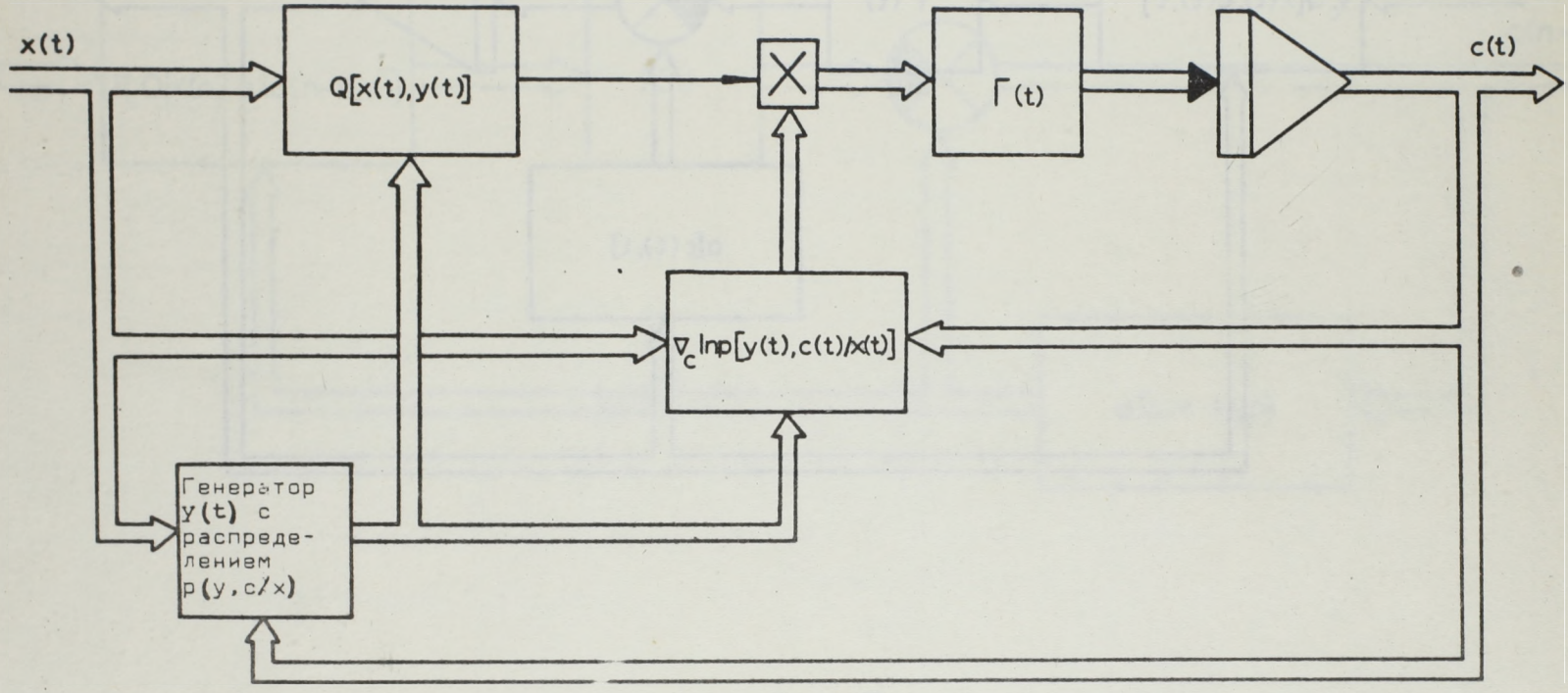

x(t)
Q[x(t),y(t)]
Γ(t)
c(t)
$\nabla_c \ln p[y(t),c(t)/x(t)]$
Генератор y(t) с распределением p(y,c/x)

Рис. 3

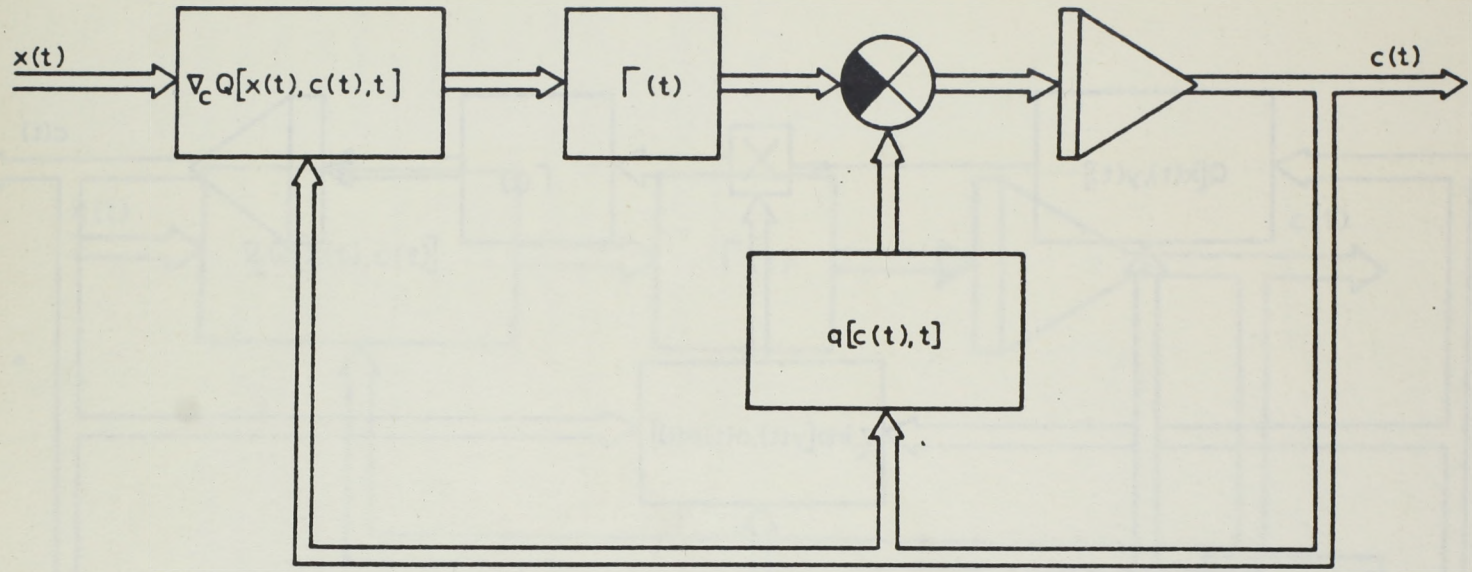
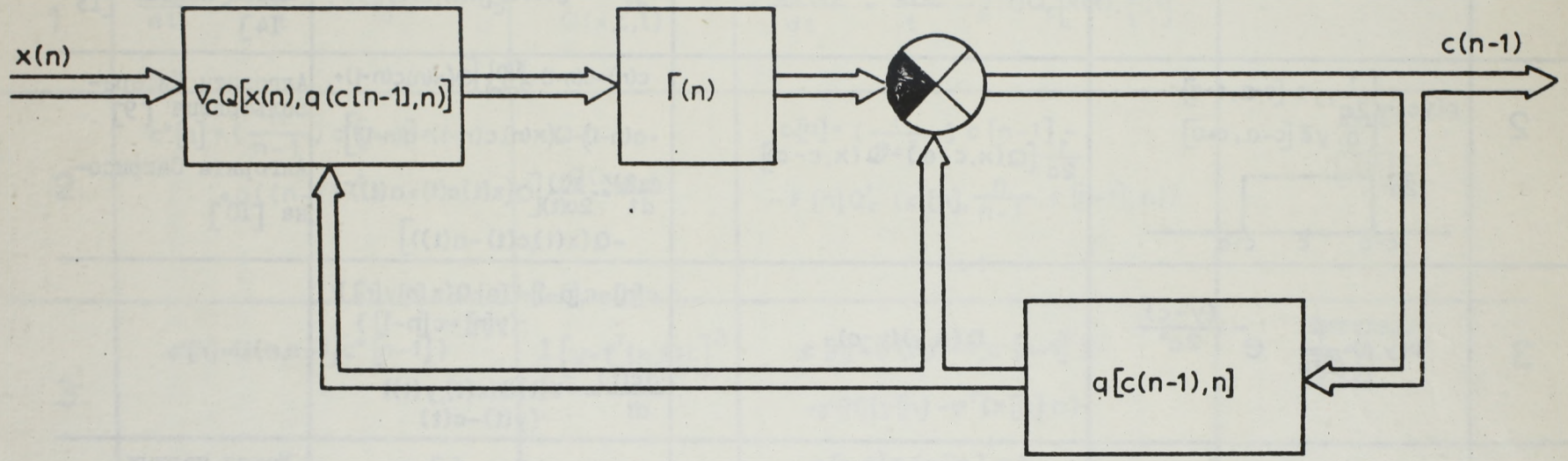


Рис. 4



Puc. 5

Табл. I.

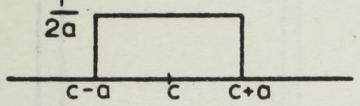
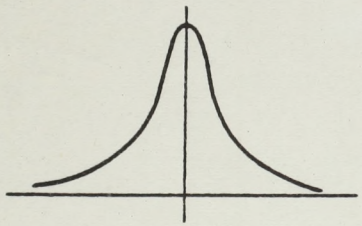
№№ п/п	$p(y,c/x) = p(y,c)$	$\tilde{Q}(x,c)$ или $Q(x,y)\nabla_c \ln p(y,c)$	Алгоритмы обучения	Примечания
1	$p(y,c,)=\delta(y-c)$	$Q'_c(x,c)$	$c(n)=c(n-1)-\gamma(n)Q'_c[x(n),c(n-1)]$ $\frac{dc(t)}{dt}=-\gamma(t)Q'_c[x(t),c(t)]$	Алгоритм Роббинса Монро [4] Алгоритм Дримла–Хонша–Недомы [I3 I4]
2	$p(yc)=\begin{cases}\frac{1}{2a}, y\in[c-a,c+a]\\ 0, y\bar{\in}[c-a,c+a]\end{cases}$ 	$\frac{1}{2a}[Q(x,c+a)-Q(x,c-a)]$	$c(n)=c(n-1)-\frac{\gamma(n)}{2a(n)}[Q(x(n),c(n-1)+a(n-1))-Q(x(n),c(n-1)-a(n-1))]$ $\frac{dc(t)}{dt}=-\frac{\gamma(t)}{2a(t)}[Q(x(t),c(t)+a(t))-Q(x(t),c(t)-a(t))]$	Алгоритм Кифера–Вольфовица [9] Алгоритм Сакрисона [I0]
3	$p(y,c)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}a}e^{-\frac{(y-c)^2}{2a^2}}$	$Q(x,y)(y-c)$	$c[n]=c[n-1]-\gamma[n]\cdot Q(x[n]y[n])\cdot(y[n]-c[n-1])$ $\frac{dc(t)}{dt}=-\gamma(t)Q(x(t),y(t))\cdot(y(t)-c(t)$	
4		$y=c\pm a\vartheta$ V – шуссов процесс $c\vartheta^2=1$ $\frac{Q(x,c+a\vartheta)-(x,c-a\vartheta)}{2a}\vartheta$	$c[n]=c[n-1]-\frac{\gamma[n]}{2a}\cdot$ $\cdot(Q(x,c+a\vartheta)-Q(x,c-a\vartheta))\cdot\vartheta$	Метод парных проб II.

Табл. II.

№ п/п	Управления дрейфа	Q(x,c)	Алгоритмы обучения	Примечание
1.	$\frac{dc(t)}{dt} = \frac{c(t)}{t}$; $t \geq t_0 > 0$	Q(x,c,t)	$\frac{dc(t)}{dt} = \frac{c(t)}{t} - \gamma(t) Q'_c\left[\dot{x}(t), \frac{c}{t}, t\right]$	
2.	$c^*[n] = (\frac{n}{n-1})\, c^*[n-1] + o((n-1)^{-1})$	Q(x,c,t)	$c[n] = (\frac{n}{n-1})\, c[n-1] - \gamma[n] Q'_c\,(x[n], \frac{n}{n-1}, c[n-1], n))$ $n > 1$	Дупач [18]
3.	$c^*[n] = U(n, n-1, c^*[n-1])$	$\frac{1}{2}\left[y - \varphi^T(x,n)c\right]^2$	$c[n] = U(n, n-1, c[n-1]) - \gamma[n](y[n] - \varphi^T(x[n],n) \cdot c[n-1]\varphi(x[n],n)$	Фигередо [19]

Литература

I. Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах, М., I968

2. Цыпкин Я.З. Основы теории обучающихся систем, М., I970

3. Фельдбаум А.А. Основы теории оптимальных автоматических систем, Изд-во "Наука", I966

4. Robbins H., Monro S. A stochastic approximation method Annals of Mathematical Statistics, 1951, V 22, No. I.

5. Девятериков И.П., Каплинский А.И., Цыпкин Я.З. О сходимости алгоритмов обучения, Автоматика и Телемеханика, I969, № I0.

6. Kiefer E., Wolfowitz T. Stochastic estimation of the maximum of a regression function, Annals of Mathematical Statistics, 1952, V 23, No. 3.

7. Blum J.R. Multidimensional stochastic approximation methods, Annals of Mathematical Statistics, 1954, V. 25, No. 4.

8. Sacrison D.J. A continuous Kiefer-Wolfowitz procedure for random processes, Annals of Mathematical Statistics, 1964, V. 35, No. 2.

9. Растригин Л.А. ред. Теория и применение случайного поиска, Изд-во Зинатне, Рига, I969

I0. Блэкуэлл Д., Гиршик М.А. Теория игр и статистических решений, М., Изд-во иностр. литературы, I958

II. Гельфанд И.М., Шилов Г.Е. Обобщенные функции и действия над ними, Вып. I, М., I958

I2. Цыпкин Я.З. Рандомизированные сглаженные функционалы и алгоритмы в теории адаптации и обучения, Автоматика и Телемеханика, I97I, № 8

I3. Driml M., Nedoma T. Stochastic approximation for continuous random processes. Transactions on the Second Prague Conference on Information Theory, Statistical Design Function, Random Processes, Prague 1959.

I4. Driml M., Hans O. Continuous stochastic approximations. Transactions on the Second Prague Conference on Information Theory. Statistical Design Function, Random Processes, Prague, 1959.

I5. Забрейко П.П., Красносельский М.А., Цыпкин Я.З. Об оптимальных и субоптимальных алгоритмах обучения, Автоматика и Телемеханика, I970, № I0.

I6. Тихонов А.Н. О регуляризации некорректно поставленных задач, Доклады АН СССР, I963, т. I53, № I.

I7. Цыпкин Я.З., Каплинский А.И., Ларинов К.В. Алгоритмы адаптации и обучения в нестационарных условиях, Известия АН СССР, Техническая кибернетика, I970, № 5.

I8. Dupac V.A. A dynamic stochastic approximation method, Ann. Math. Statistics, 1965, 36, 1695.

I9. Figueiredo R. Convergent algorithms for pattern recognition in nonlinearly evolving nonstationary environment, Proc. IEEE, 1968, 56, No. 2.

K. S. FU
School of Electrical Engineering
Purdue University
Lafayette, Indiana
U.S.A.

AN INTRODUCTION TO PATTERN RECOGNITION

Lecture Notes

August 25-31, 1971
Budapest, Hungary

I. INTRODUCTION

A pattern recognition system can be divided into two parts /see Figure 1/, namely, the feature extractor and the classifier[+]. The function of the feature extractor is to extract or to measure the important characteristics from the input patterns.

The extracted characteristic measurements are called features, and they are supposed to best characterize all the possible input patterns for classification purposes. In other words, the features extracted are presumably relevant for the discrimination of the scenes which we would like to classify. The number of possible pattern classes specified in the classification is usually rather subjective. For example, in discriminating English from Hungarian there are only two pattern classes. However, if we would like to discriminate among twenty-six English characters, then there will be twenty-six pattern classes under consideration.

The function performed by a classifier is that of making a proper decision or classification to assign each input pattern to one of the possible pattern classes. The decision is made on the basis of the feature measurements supplied by the feature extractor. The classification criterion is usually the minimization of misclassifications /or misrecognitions/. Many classification techniques have recently been proposed. Depending upon whether the feature measurements describing all the possible input patterns in each class can be characterized by deterministic quantities /functions/ or statistical quantities /e.g. probability distribution/, these techniques can be classified into deterministic and statistical classification techniques. On the other hand, depending upon whether or not the characteristics of the feature measurements describing all the patterns in each class can be expressed in parametric form /for example, by a known form of probability density function/, these techniques can be classified into parametric and nonparametric classification techniques. The selection of a particular technique in practical applications is more or less dependent on the nature of the problem, a priori information available, and the designer's preference. Assume that there are m possible pattern classes $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_m$, and there are N features $x_1, x_2, \ldots, x_N$ to be extracted for classification. Each set of N feature measurements can be represented as an N-dimensional feature vector

---

[+]The division into two parts is primarily for convenience rather than necessity.

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_N \end{bmatrix}$$

or as a point in the N-dimensional space, called feature space Ω_X. Usually, use of a large number of feature measurements will increase the complexity and computation time of the classifier. In order to have an efficient operation of a recognition system, in addition to the problem of what feature measurements should be taken from the input patterns--feature extraction, one problem raised in practice is to select a subset of smaller size from a given set of available features--feature selection |1,2|. In the following sections, several important techniques in pattern classification and feature selection are briefly discussed.

II. PARAMETRIC STATISTICAL CLASSIFICATION TECHNIQUES

2.1 Bayes Classification Techniques

The concept of pattern classification may be expressed in terms of the partition of feature space or, in terms of statistical decision theory, a testing of statistical hypotheses. A typical two-dimensional three-class illustration of the concept is shown in Figure 2. The feature space is partitioned into three mutually exclusive regions such that points /patterns/ in each region are associated with a particular pattern class. The partitioning boundaries are called decision boundaries, or decision surfaces. The determination of the decision boundaries also determines the complete partition of feature space. The problem of classification is to assign each possible vector or point in the feature space /representing a pattern/ to a proper pattern class. Since, in many cases, the patterns in one class are expected to have large variations in feature measurements and the noise effect involved in taking these measurements can not be neglected, one approach proposed is to consider that $x_1, x_2, \ldots, x_N$, are random variables where x_i is the noisy measurement of the ith feature. For each pattern class ω_j, $j=1,\ldots,m$, assume that the multivariate /N-dimensional/ probability density /or distribution/ function of the feature vector X, $p(X/\omega_j)$, and the probability of occurrences of ω_j, $P(\omega_j)$, are known or can be estimated. On the basis of the a priori information $p(X/\omega_j)$ and $P(\omega_j)$, $j=1,\ldots,m$, the function of a classifier is to perform the classification task for minimizing probability of misrecognition. The problem of pattern classification can now be formulated as a statistical decision problem /testing of m statistical hypotheses/ by defining a decision function $\delta(X)$, where $\delta(X) = \delta_i$ means that the hypothesis $H_i: X \sim \omega_i$ /X is from the class ω_i/ is accepted. Let $L(\omega_i, \delta_j)$ be the loss incurred by the classifier if the decision δ_j is made when the input pattern is actually from ω_i. The conditional loss /or conditional risk/ is

$$r(\omega_i, \delta) = \int_{\Omega_X} L(\omega_i, \delta)\, p(X/\omega_i)\, dX \qquad /2.1./$$

For a given set of a priori probabilities $P = \{P(\omega_1), P(\omega_2), \ldots, P(\omega_m)\}$, the average or expected loss /or average risk/ is

$$R(P,\delta) = \sum_{i=1}^{m} P(\omega_i)\ r(\omega_i,\delta) \qquad /2.2/$$

Substitute /2.1/ into /2.2/ and let

$$r_X(P,\delta) = \frac{\sum_{i=1}^{m} L(\omega_i,\delta)\ P(\omega_i)\ p(X/\omega_i)}{p(X)} \qquad /2.3/$$

then /2.2/ becomes

$$R(P,\delta) = \int_{\Omega_X} p(X)\ r_X(P,\delta)\ dX \qquad /2.4/$$

$r_X(P,\delta)$ is defined as the a posteriori conditional average loss of the decision δ for given feature measurements X.

The problem is to chose a proper decision δ_j, j=1,...,m, to minimize the average loss or risk $R(P,\delta)$, or to minimize the maximum of the conditional average loss $r(\omega_i,\delta)$ /minimax criterion+/. The optimal decision rule which minimizes the average loss is called the Bayes' rule. From /2.4/ it is sufficient to consider each X separately and to minimize $r_X(P,\delta)$. If δ^* is an optimal decision in the sense of minimizing the average loss, then

$$r_X(P,\delta^*) \leq r_X(P,\delta) \qquad /2.5/$$

that is

$$\sum_{i=1}^{m} L(\omega_i,\delta^*)\ p(X/\omega_i) \leq \sum_{i=1}^{m} L(\omega_i,\delta)\ P(\omega_i)\ p(X/\omega_i) \qquad /2.6/$$

For the /0,1/ loss function, i.e.,

$$L(\omega_i,\delta_j) = \begin{cases} 0, & i=j \\ 1, & i\neq j \end{cases} \qquad /2.7/$$

+ In some classification problems, the information about a priori probabilities is not available. The minimax criterion /with respect to the least favorable a priori distribution/ is suggested as a classification procedure.

the average loss is essentially also the probability of misclassification. In this case, the Bayes' decision rule is that

$$\delta^* = \delta_i, \text{ i.e., } X \sim \omega_i \text{ if}$$

$$P(\omega_i)\, p(X/\omega_i) \geq P(\omega_j)\, p(X/\omega_j) \text{ for all } j=1,\ldots,m. \qquad 2.8$$

Define the likelihood ratio between class ω_i and class ω_j as

$$\lambda = \frac{p(X/\omega_i)}{p(X/\omega_j)} \qquad 2.9$$

then 2.8 becomes

$$\delta^* = \delta_i \text{ if } \lambda \geq \frac{P(\omega_j)}{P(\omega_i)} \text{ for all } j=1,\ldots,m. \qquad 2.10$$

A classifier implementing the Bayes' decision rule for classification is called a Bayes classifier. A simplified block diagram of a Bayes classifier is shown in Figure 3. The decision boundary between regions in Ω_X associated with ω_i and ω_j is

$$P(\omega_i)\ p(X/\omega_i) - P(\omega_j)\ p(X/\omega_j) = 0 \qquad 2.11$$

or

$$\log \frac{P(\omega_i)\ p(X/\omega_i)}{P(\omega_j)\ p(X/\omega_j)} = 0 \qquad 2.12$$

As an illustrative example, suppose that $p(X/\omega_i)$, i=1,...,m, is a multivariate gaussian density function with mean vector M_i and covariance matrix K_i, i.e.,

$$p(X/\omega_i) = \frac{1}{(2\pi)^{N/2}\,|K_i|^{1/2}} \exp\left[-\frac{1}{2}(X-M_i)^T K_i^{-1}(X-M_i)\right], \quad i=1,\ldots,m \qquad 2.13$$

Then the decision boundary expressed by (2.12) is

$$\log \frac{P(\omega_i)}{P(\omega_j)} + \log \frac{p(X/\omega_i)}{p(X/\omega_j)} \qquad 2.14$$

$$= \log \frac{P(\omega_i)}{P(\omega_j)} - \frac{1}{2}\left[(X-M_i)^T K_i^{-1}(X-M_i) - (X-M_j)^T K_j^{-1}(X-M_j)\right] = 0$$

+ The superscript T represents the transpose operation to a vector.

Equation (2.14) is, in general, a hyperquadrics /a quadric function in high dimensional space/. If $K_i=K_j=K$, (2.14) reduces to

$$X^T K^{-1}(M_i-M_j) - \frac{1}{2}(M_i+M_j)^T K^{-1}(M_i-M_j) + \log \frac{P(\omega_i)}{P(\omega_j)} = 0 \qquad 2.15$$

which is a hyperplane.

It is noted that from (2.8), $P(\omega_i)p(X/\omega_i) = p(\omega_i,X) = P(\omega_i/X)p(X)$. Hence, the Bayes' decision rule with (0,1) loss function is also the unconditional maximum-likelihood decision rule /MLDR/. Furthermore, the /conditional/ maximum-likelihood decision may be regarded as the Bayes' decision rule (2.8) with equal a priori probabilites, i.e., $P(\omega_i) = \frac{1}{m}$, i=1,...,m. Examples of applying maximum-likelihood decision rule to crop classification problems can be found in |3|.

In the Bayes classification system described above, all the N features are observed by the classifier at one stage. As a matter of fact, the cost of feature measurements has not been taken into consideration. It is evident that an insufficient number of feature measurements will not be able to give satisfactory results in correct classification. On the other hand, an arbitrarily large number of features to be measured is impractical. If the cost of taking feature measurements is to be considered or if the features extracted from input patterns are sequential in nature, one is led to apply sequential decision procedures to this class of pattern recognition problems. The problem is especially pertinent when the cost of taking a feature measurement is high. For example, if the feature to be measured is related to an industrial operation and the measurement requires that the operation be interrupted or completely stopped, or if elaborate equipment, excessive time or risk /e.g., in medical applications/ is required to perform the measurement, then these factors may prohibit its use. Thus, there is a balance between the information provided by the feature measurement, and the cost of taking it. A tradeoff between the error /misrecognition/ and the number of features to be measured can be obtained by taking feature measurements sequentially and terminating the sequential process /making a decision/ as soon as a sufficient or desirable accuracy of classification has been achieved. + Referemce |1| presents a rather extensive treatment of sequential classification procedures. Examples of the sequential classification procedure applied to medical diagnosis problems can be found in |4|.

+ This condition is often required in target detection and diagnosis problems.

III. NONPARAMETRIC CLASSIFICATION TECHNIQUES

In the classification techniques discussed in the previous sections, the knowledge about $p(X/\omega_i)$, $i=1,\ldots,m$, is assumed known a priori or can be reasonably accurately estimated by learning. When an a priori assumption /for example, gaussian assumption/ characterizing the patterns under study can not be made with some degree of validity, or the estimation /or learning/ of unknown information cannot be made with some degree of accuracy /say, due to insufficient learning samples/, it appears questionable to blindly apply parametric techniques. Instead, nonparametric techniques must be used. In the following sections, several nonparametric classification techniques are briefly introduced. Some of their applications to crop classification and medical diagnosis can be found in |5-8|.

3.1 Discriminant Functions Approach

Based on the concept of partition of the feature space the problem of classification can also be mathematically formulated in terms of "discriminant functions" |9|. The discriminant function $D_j(X)$ associated with pattern class ω_j, $j=1,\ldots,m$, is defined such that if $X \sim \omega_i$, the value of $D_i(X)$ must be the largest. That is, for all $X \sim \omega_i$.

$$D_i(X) > D_j(X), \quad i,j=1,\ldots,m, \quad i \neq j \tag{3.1}$$

Thus, in the feature space Ω_X, the decision boundary between the regions associated with class ω_i and class ω_j is expressed by the following equation:

$$D_i(X) - D_j(X) = 0 \tag{3.2}$$

A general block diagram for the classifier using criterion (3.1) is shown in Figure 4. Many different forms satisgying condition (3.1) can be selected for $D_i(X)$. Several important discriminant functions are discussed in the following.

/A/ Linear discriminant functions

In this case, a linear combination of the feature measurements $x_1, x_2, \ldots, x_N$ is selected for $D_i(X)$; i.e.,

$$D_i(X) = \sum_{k=1}^{N} w_{ik} x_k + w_{i,N+1}, \quad i=1,\ldots,m. \qquad 3.3$$

The decision boundary between regions in Ω_X associated with ω_i and ω_j is in the form of

$$D_i(X) - D_j(X) = \sum_{k=1}^{N} w_k x_k + w_{N,1} = 0 \qquad 3.4$$

with $w_k = w_{ik} - w_{jk}$ and $w_{N+1} = w_{i,N+1} - w_{j,N+1}$. Equation (3.4) is the equation of a hyperplane in the feature space Ω_X. If m=2, on the basis of (3.4), i,j=1,2 ($i \neq j$), a threshold logic device as shown in Figure 5 can be employed as a linear classifier /a classifier using linear discriminant functions/. From Figure 5, let $D(X) = D_1(X) - D_2(X)$, if

$$\text{output} = +1, \text{ i.e., } D(X) > 0, \quad X \sim \omega_1 \text{ and if}$$
$$\text{output} = -1, \text{ i.e., } D(X) < 0, \quad X \sim \omega_2 . \qquad 3.5$$

For the number of pattern classes more than two (m>2), several threshold logic devices can be connected in parallel so that the combinations of the outputs from, say, M threshold logic devices will be sufficient for distinguishing m classes, i.e., $2^M \geq m$. Or the general configuration of Figure 4 can also be used.

/B/ Minimum-distance classifier

An important class of linear classifiers is that of using the distances between the input pattern and a set of reference vectors or prototype points in the feature space as the classification criterion. Suppose that m reference vectors $R_1, R_2, \ldots, R_m$, are given with R_j associated with the pattern class ω_j. A minimum-distance classification scheme with respect to $R_1, R_2, \ldots, R_m$, is to classify the input X as from class ω_i; i.e.,

$$X \sim \omega_i \quad \text{if} \quad d(X,R_i) \quad \text{is the minimum,} \qquad 3.6$$

where $d(X,R_i)$ is the distance defined between X and R_i. For example, $d(X,R_i)$ may be defined as

$$d(X,R_i) = \sqrt{(X-R_i)^T(X-R_i)} \qquad 3.7$$

From (3.7),

$$d^2(X,R_i) = X^TX - X^TR_i - XR_i^T + R_i^TR_i \qquad 3.8$$

Since X^TX is not a function of i, the corresponding discriminant function for a minimum-distance classifier is essentially

$$D_i(X) = X^TR_i + XR_i^T - R_i^TR_i, \quad i=1,\ldots,m, \tag{3.9}$$

which is linear. Hence, a minimum-distance classifier is also a linear classifier. The performance of a minimum-distance classifier is, of course, dependent upon an appropriately selected set of reference vectors.

/C/ Piecewise linear discriminant functions

The concept adopted in /B/ can be extended to the case of minimum-distance classification with respect to sets of reference vectors. Let $R_1, R_2, \ldots, R_m$ be the m sets of reference vectors associated with classes $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_m$, respectively, and let reference vectors in R_j be denoted as $R_j^{(k)}$, i.e.,

$$R_j^{(k)} \in R_j, \quad k=1,\ldots,u_j,$$

where u_j is the number of reference vectors in set R_j. Define the distance between the input feature vector X and R_j as

$$d(X,R_j) = \min_{k=1,\ldots,u_j} \{d(X,R_j^{(k)})\} \tag{3.10}$$

That is, the distance between X and R_j is the smallest of the distances between X and each vector in R_j. The classifier will assign the input to a pattern class which is associated with the closest vector set. If the distance between X and $R_j^{(k)}$, $d(X,R_j^{(k)})$ is defined as (3.7), then the discriminant function used in this case is essentially

$$D_i(X) = \max_{k=1,\ldots,u_i} \{ X^TR_i^{(k)} + (R_i^{(k)})^T X - (R_i^{(k)})^T R_i^{(k)} \}, \quad i=1,\ldots,m. \tag{3.11}$$

Let

$$D_i^{(k)} = X^TR_i^{(k)} + (R_i^{(k)})^T X - (R_i^{(k)})^T R_i^{(k)} . \tag{3.12}$$

Then

$$D_i(X) = \max_{k=1,\ldots,u_i} \{ D_i^{(k)}(X) \}, \quad i=1,\ldots,m. \tag{3.13}$$

It is noted that $D_i^{(k)}(X)$ is a linear combination of features: hence, the class

of classifiers using (3.11) or (3.13) is often called piecewise linear classifiers. An example of the piecewise linear classifier is the α-perceptron [19].

/D/ Polynomial discriminant functions [20, 21]

An rth-order polynomial discriminant function can be expressed as

$$D_i(X) = w_{i1} f_1(X) + w_{i2} f_2(X) + \ldots + w_{iL} f_L(X) + w_{1,L+1} \qquad 3.14$$

where $f_j(X)$ is of the form

$$x_{k_1}^{n_1} x_{k_2}^{n_2} \ldots x_{k_r}^{n_r} \quad \text{for} \quad \begin{matrix} k_1, k_2, \ldots, k_r = 1, \ldots, N, \text{ and} \\ n_1, n_2, \ldots, n_r = 0 \text{ and } 1 \end{matrix} \qquad 3.15$$

The decision boundary between any two classes is also in the form of an rth-order polynomial. Particularly, if r=2, the discriminant function is called a quadric discriminant function. In this case,

$$f_j(X) = x_{k_1}^{n_1} x_{k_2}^{n_2} \quad \text{for } k_1, k_2 = 1,\ldots,N, \text{ and } n_1, n_2 = 0 \text{ and } 1 \qquad 3.16$$

and

$$L = \frac{1}{2} N (N+3) \qquad 3.17$$

Typically,

$$D_i(X) = \sum_{k=1}^{N} w_{kk} x_k^2 + \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{k=j+1}^{N} w_{jk} x_j x_k + \sum_{j=1}^{N} w_j x_j + w_{L+1} \qquad 3.18$$

In general, the decision boundary for quadric discriminant functions is a hyperhyperboloid. Special cases include hypersphere, hyperellipsoid and hyperellipsoidal cylinder. A general quadric discriminant computer is shown in Figure 6.

It is noted from (2.8) that the corresponding discriminant function implemented by a Bayes classifier is essentially

$$D_i(X) = P(\omega_i)\ p(X/\omega_i) \quad , \quad i=1,\ldots,m, \qquad 3.19$$

or equivalently

$$D_i(X) = \log P(\omega_i)\ p(X/\omega_i), \quad i=1,\ldots,m. \qquad 3.20$$

This gives an alternative interpretation of the decision rule (2.8) in terms

of discriminant functions. Also, the $g_i(X)$ selected in (2.12) is precisely the same as the discriminant function $D_i(X)$ defined in (3.20).

3.2 Training in Linear Classifiers

The two-class linear classifier discussed in Section 3.1 /A/ is easily implemented by a single threshold logic device. If the patterns from different classes are linearly separable /can be separated by a hyperplane in the feature space Ω_X/, then, with correct values of the coefficients or weights, $w_1, w_2, \ldots, w_{N+1}$, in (3.4), a perfectly correct recognition is possible to be achieved. However, in practice the proper values of the weights are usually not available. Under such circumstances, it is proposed that the classifier is designed to have the capability of estimating the best values of the weights from the input patterns. The basic idea is that, by observing patterns with known classifications, the classifier can automatically adjust the weights in order to achieve correct recognitions, the performance of the classifier is supposed to improve as more and more patterns are applied. This process is called training or learning, and the patterns used as the inputs are called training patterns. Several simple training rules are briefly introduced in this section.

Let Y be an augmented feature vector which is defined as

$$Y = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_N \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ 1 \end{bmatrix} \qquad 3.21$$

where X is the feature vector of a pattern. Consider two sets of training patterns T_1 and T_2 belonging to two different pattern classes ω_1 and ω_2, respectively. Corresponding to the two training sets, there are two sets of augmented vectors T_1' and T_2'. Each element in T_1' and T_2' is obtained by augmenting the patterns in T_1 and T_2, respectively. The two training sets are linearly separable which means that a weight vector W exists /called the solution weight vector/ such that

$$Y^T W > 0 \quad \text{for each } Y \in T_1' \qquad 3.22$$

or

$$Y^T W < \quad \text{for each } Y \in T_2' \qquad 3.22$$

where

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_{N+1} \end{bmatrix} \qquad 3.23$$

The so-called "error-correction" training procedure for a linear classifier can be summarized as follows. For any $Y \in T_1'$, the product $Y^T W$ must be positive; i.e., $Y^T W > 0$. If the output of the classifier is erroneous /i.e., $Y^T W < 0$/ or undefined /i.e., $Y^T W = 0$/, then let the new weight vector be

$$W' = W + \alpha Y \qquad 3.24$$

where $\alpha > 0$ is called the correction increment. On the other hand, for $Y \in T_2'$, $Y^T W < 0$. If the output of the device is erroneous /i.e., $Y^T W > 0$/ or underfined, then let

$$W' = W - \alpha Y \qquad 3.25$$

Before training begins, W may be preset to any convenient values.

Three rules for choosing α are suggested:

/i/ Fixed increment rule - α is any fixed positive number.

/ii/ Absolute correction rule - α is taken to be the smallest integer which will make the value of $Y^T W$ cross the threshold of zero. That is,

$$\alpha = \text{the smallest integer greater than } \frac{|Y^T W|}{Y^T Y} . \qquad 3.26$$

/iii/ Fractional correction rule - α is chosen such that

$$|Y^T W - Y^T W'| = \lambda |Y^T W|, \quad 0 < \lambda \leq 2; \qquad 3.27$$

or equivalently,

$$\alpha = \lambda \frac{|Y^T W|}{Y^T Y} . \qquad 3.28$$

The convergence of the three error-correction rules can be proved |9|. By convergence, we mean that if the two training sets are linearly separable, the sequence of weight vectors produced by the training rule converges to a solution weight vector in a finite number of training steps or iterations.

3.3 Potential Function Method

One nonparametric approach which has been investigated for its applicability to crop classification is the Potential Function Method |10|. The method is briefly reviewed in the following. Let $\varphi_i(X)$, i=1,2,..., be a complete set of functions defined on the feature space /e.g., a set of orthonormal functions/. Suppose that an unknown function f(X) to be estimated from training samples can be represented by the expansion (3.29). The unknown function, in this application, may be a discriminant function or a probability density function. A function of two variables

$$f(X) = \sum_{i=1}^{M} c_i \varphi_i(X) \qquad 3.29$$

called the potential function, is introduced as

$$K(X,Y) = \sum_{i=1}^{M} \lambda_i^2 \varphi_i(X) \varphi_i(Y) \qquad 3.30$$

where λ_i's are real numbers chosen in such a way that the function K(X,Y) is bounded. After the observation of n training samples, $X_1, X_2, \ldots, X_n$, the nth estimate of the function f(X), denoted by $f_n(X)$ can be computed from the following general algorithm

$$f_n(X) = f_{n-1}(X) + r_n K(X, X_n) \qquad 3.31$$

with $f_o(X) \equiv 0$. r_n is dependent upon the type of information received about $f(x_n)$ and the area of application.

In the estimation of probability density function of the feature measurements for each pattern class /each class of crop/, let the density function p(X) be represented by

$$p(X) = \sum_{i=1}^{M} c_i \varphi_i(X). \qquad 3.32$$

Let

$$K(X,Y) = \sum_{i=1}^{M} \varphi_i(X) \varphi_i(Y) \qquad 3.33$$

where $\varphi_i(X)$, i=1,...,M, are bounded. After the training samples $X_1, \ldots, X_n$

are taken, the nth estimate of the probability density function can be directly expressed as

$$p_n(X) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{n} K(X,X_k) \quad . \qquad 3.34$$

It has been proved that, using (3.34), $p_n(X)$ converges to $p(X)$ in the mean square sense. An alternative form of (3.34) can be obtained by substituting (3.33) into (3.34)

$$p_n(X) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n} \sum_{i=1}^{M} \varphi_i(X)\, \varphi_i(X_k). \qquad 3.35$$

Defining

$$c_{i,n} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n} \varphi_i(X_k) \qquad 3.36$$

yields the nth estimate of $p(X)$.

$$p_n(X) = \sum_{i=1}^{M} c_{i,n}\, \varphi_i(X) \qquad 3.37$$

where

$$c_{i,n} = c_{i,n-1} + \frac{1}{n} [\varphi_i(X_n) - c_{i,n-1}] \quad , \quad n = 1,2,... \qquad 3.38$$

and

$$c_{i,o} = 0 \quad .$$

In the application of Potential Function Method to multiclass classification problems, let the unknown function $f(X)$ be the discriminant function for each class. After the training samples $X_1, X_2, \ldots, X_n$ are taken, let X_n be coming from the class ω_i. The algorithm is that

/a/ if $D_{i,n-1}(X_n) > D_{j,n-1}(X_n)$ for some $j \neq i$ 3.39

then $D_{i,n}(X) = D_{i,n-1}(X)$ 3.40

/b/ if $D_{k,n-1}(X_n) \geq D_{i,n-1}(X_n)$ for some $k \neq i$ 3.41

then $D_{k,n}(X) = D_{k,n-1}(X) - \alpha K(X,X_n)$

$D_{i,n}(X) = D_{i,n-1}(X) + \alpha K(X,X_n)$ 3.42

and

$D_{\ell,n}(X) = D_{\ell,n-1}(X)$, $\ell \neq i$, $\ell \neq k$

where α is an adjustable parameter. It is obvious that (3.42) is a special case of (3.31). In a special case of two-class classification problems, let

$$f_n(X) = D_{1,n}(X) - D_{2,n}(X) \qquad 3.43$$

If a training sample X_n from class ω_1 is misclassified as from class ω_2, then

$$D_{1,n}(X) = D_{1,n-1}(X) + \alpha K(X,X_n) \qquad 3.44$$

and

$$D_{2,n}(X) = D_{2,n-1}(X) - \alpha K(X,X_n) \qquad 3.45$$

From (3.43), (3.44) and (3.45)

$$f_n(X) = f_{n-1}(X) + 2\,\alpha K(X,X_n) \qquad 3.46$$

Some applications of the Potential Function Method to pattern classifications can be found in |6|.

3.4 Nearest-Neighbor Classification Rule

Let $T = \{X_1,\ldots,X_n\}$ be a set of n training samples, and let $X_n' \in T$ be a sample /pattern/ nearest to X. Then the "nearest-neighbor" /NN/ classification rule for classifying X is to assign it to the pattern class associated with X_n' |11|. That is, X_n' is a nearest neighbor to X if

$$\text{Min}\ \ d(X_k,X) = d(X_n', X) \quad , \quad k=1,\ldots,n, \qquad 3.47$$

and be the NN rule, X is assigned to the class of this nearest neighbor X_n'. A misclassification is made if X and X_n' actually belong to two different classes. In the following, the performance of NN classification rule is briefly analyzed.

Let $X \sim \omega$ and $X_n' \sim \omega'$ where $\omega, \omega' \in \{\omega_1,\ldots,\omega_m\}$. According to NN-rule, $\omega = \omega'$ if X_n' is the nearest neighbor to X. Let the loss incurred by the NN-rule be $L(\omega,\omega')$. The n-sample NN risk R(n) is defined by the expectation

$$R(n) = E[L(\omega,\omega')] \qquad 3.48$$

and the /large sample/ NN risk R by

$$R = \lim_{n\to\infty} R(n). \qquad 3.49$$

It can be shown that, with (0,1) loss and under certain conditions imposed on the sample statistics |22|, $X_n' \to X$ with probability one and

$$R^* \leq R \leq R^* \left(2 - \frac{m}{m-1} R^*\right) \qquad 3.50$$

where R^* is the Bayes risk /minimum expected risk or probability of misclassification/. Since the Bayes risk is the best performance that can be achieved, the NN-rule is certainly a suboptimal classification procedure. However, with an unlimited number of training samples the NN risk is never worse than twice the Bayes risk. It is easy to see that this upper bound in (3.50) is achieved when the probability density functions $p(X/\omega_i)$, i=1,...,m, are identical. Thus the bounds given by (3.50) are as tight as possible, in the sense that for any R^* there exist $p(X/\omega_i)$ and $P(\omega_i)$, i=1,..,m, for which the bounds are achieved. Since R is always less than or equal to $2R^*$, even with infinite collection of data /training samples/ and as arbitrarily complicated classification rule, one could, at most, cut the risk in half. In this sense, half of the classification information in an infinite set of training samples resides in the nearest neighbor. The nature of (3.50) can be illustrated graphically as shown in Figure 7. The Bayes risk can be anywhere between 0 and (m-1)/m. The bounds meet at these two extreme points. When the Bayes risk is small, the upper bound is approximately twice the Bayes risk. In general, the NN risk must fall in the shaded area shown.

The performance of the NN rule in the finite sample case, like other nonparametric techniques, is rather difficult to evaluate without making further assumptions about the underlying probability structure. The risk or probability of misclassification does not necessarily decrease monotonically with n, and the convergence can be arbitrarily slow in the finite sample case. An obvious extension of the NN classification rule is the k-nearest--neighbor classification rule. The k-NN classification rule classifies X by assigning it the pattern class most frequently represented among the k nearest samples; in other words, a decision is made by examining the classes of the k nearest neighbors and taking a vote. In order to avoid a tie in the vote taking, k is usually chosen as an odd number and a small fraction of n. The mathematical analysis of k-NN rule is omitted here.

IV. FEATURE EXTRACTION AND SELECTION

As mentioned in Section I, the extraction and selection of features are important problems in pattern recognition, and are closely related to the performance of classification. Also, in sequential pattern recognition systems, the ordering of features for successive measurements is important. The purpose of feature ordering is to provide, at successive stages of the sequential classification process, a feature which is the most "informative" among all possible choices of features for the next measurement so the process can be terminated earlier. The problem of feature ordering may be considered to be a problem of feature selection if, at each stage of the sequential classification process, the feature subset to be selected contains only one feature. It the following sections, two major techniques for feature extraction and selection are discussed.

4.1 Feature Space Transformation [1,2,12]

One approach to feature extraction and selection is to extract or select the feature which will "best" characterize the input patterns. The idea is to formulate the problem as a representation or approximation problem. A given feature space is transformed into a new feature space with lower dimensions such that a good representation or approximation of the pattern characteristics can be achieved in the new space. Although, in principle, both linear and nonlinear transformations can be applied, most results obtained so far are primarily concerned with linear transformations.

Let $p(X/\omega)$ be a multivariate probability density function with mean vector M and let Z be the normalized pattern feature vector from class ω; that is,

$$Z = X - M = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_N \end{bmatrix} \qquad 4.1$$

Assume that Z can be expressed by

$$Z = \sum_{k=1}^{N} f_k(X)\varphi_k \qquad 4.2$$

where $\{\varphi_k\}$ is a set of orthonormal coordinate vectors with

$$\varphi_k = \begin{bmatrix} \varphi_{k1} \\ \varphi_{k2} \\ \vdots \\ \varphi_{kN} \end{bmatrix}, \quad \varphi_k^T \varphi_i = \begin{cases} 0 & \text{for } k \neq i \\ 1 & \text{for } k = i \end{cases} \qquad 4.3$$

$f_k(X)$, $k=1,\ldots,N$, are the coefficients in the orthonormal expansion and are the function of X. If we would like to represent or to approximate Z in (4.2) by an ℓ-term summation ($\ell < N$) in the sense of minimizing the mean square error of approximation, then the problem reduces to that of selecting φ_k, $k=1,\ldots,\ell$ to minimize +

$$R_\ell(\varphi) = E\left[\left|Z - \sum_{k=1}^{\ell} f_k(X)\ \varphi_k\right|^2\right]$$

$$= E\left[\left|\sum_{k=\ell+1}^{N} f_k(X)\ \varphi_k\right|^2\right] \qquad 4.4$$

Multiply both sides of (4.2) by φ_i^T, we obtain

$$\varphi_i^T Z = \sum_{k=1}^{N} f_k(X)\ \varphi_i^T \varphi_k \qquad 4.5$$

Using the orthonormal condition in (4.3), (4.5) reduces to

$$\varphi_i^T Z = f_i(X) \qquad 4.6$$

Substituting (4.6) into (4.4), we get

$$R_\ell(\varphi) = E\left[\left|\sum_{k=\ell+1}^{N} (\varphi_k^T Z)\ \varphi_k\right|^2\right] = \sum_{k=\ell+1}^{N} \varphi_k^T K_Z \varphi_k \qquad 4.7$$

where $K_Z = E[ZZ^T]$, is the covariance matrix for X.
Minimizing $R_\ell(\varphi)$ is equivalent to minimizing each term in $\sum_{k=\ell+1}^{N} \varphi_k^T K_Z \varphi_k$.

+The problem of minimizing $R_\ell(\varphi)$ in (4.4) is, in essence, a factor analysis problem or can be considered as a special case of Karhunen-Loeve expansion [13,14].

In order to minimize $\varphi_k^T K_Z \varphi_k$, introduce a Lagrange multiplier λ_k and form

$$G(\varphi_k) = \varphi_k^T K_Z \varphi_k - \lambda_k(\varphi_k^T \varphi_k - 1) \qquad 4.8$$

Taking the partial derivative of $G(\varphi_k)$ with respect to φ_k and letting it equal to zero yields the condition

$$K_Z \varphi_k = \lambda_k \varphi_k \qquad 4.9$$

Equation (4.9) implies that φ_k is an eigenvector of the covariance matrix K_Z and that λ_k is the corresponding eigenvalue. Substitute (4.9) into (4.7), using the orthonormal condition we obtain the minimum mean-square error as

$$R_\ell(\varphi) = \sum_{k=\ell+1}^{N} \varphi_k^T \lambda_k \varphi_k \quad \sum_{k=\ell+1}^{N} \lambda_k \qquad 4.10$$

where λ_k are the $(N-\ell)$ eigenvalue of K_Z corresponding to the eigenvectors φ_k, $k=\ell+1,\ldots,N$. Hence, $R_\ell(\varphi)$ will assume a minimum if we select the first ℓ eigenvectors corresponding to the largest eigenvalues of K_Z.

The new feature space Ω_F will have ℓ dimensions /or features/ with coordinates $f_1(X)$, $f_2(X),\ldots, f_\ell(X)$. The transformation equation is given in (4.11),

$$F = \Phi Z \qquad 4.11$$

where

$$F = \begin{bmatrix} f_1(X) \\ f_2(X) \\ \vdots \\ f_\ell(X) \end{bmatrix} \quad \text{and} \quad \Phi = \begin{bmatrix} \varphi_1^T \\ \varphi_2^T \\ \vdots \\ \varphi_T^T \end{bmatrix} \qquad 4.12$$

An alternative criterion for feature space transformation is based on the concept of clustering. The idea is to transform the given feature space into a new feature space /with lower dimensions/ such that patterns belonging to the same class will be clustered together. Mathematically, this clustering problem can be expressed as a problem of minimizing the mean-square intraset distance /distances between patterns belonging to the same class/. Let $Z = X - M$, as defined in (4.1). Select arbitrarily a pattern Z_1 from the same class. Form the square of all distances from adjacent patterns Z. The choice of Z_1 is assumed to be independent of the selection of Z. Denote, for a given pattern class ω,

$$p(z,z_1/\omega) = p(z/\omega)\, p(z_1/\omega) = pp_1 \,. \qquad 4.13$$

Thus, the mean-square intraset distance of class is

$$\overline{d^2} = E_{pp_1}\left[\,|z - z_1|^2\right] = E_{pp_1}\left[(z-z_1)^T(z-z_1)\right]$$

$$= E_p\left[z^Tz\right] + E_{p_1}\left[z_1^Tz\right] = 2E_p\left[z^Tz\right] = 2\,\mathrm{tr}\,K_z, \qquad 4.14$$

where tr K_z represents the trace of covariance matrix K_z.

Let the transformation equation be, as in (4.11), $F = \Phi Z$. Then in the new feature space Ω_F /with dimensionality ℓ / the mean-square intraset distance will be

$$\overline{d^2}(\varphi) = 2\,\mathrm{tr}\,[\Phi K_z \Phi^T] \qquad 4.15$$

Since $K_z\,\varphi_k = \lambda_k\varphi_k$, then using the orthonormal condition,

$$\Phi K_z \Phi^T = \begin{bmatrix} \varphi_1^T \\ \varphi_2^T \\ \vdots \\ \varphi_\ell^T \end{bmatrix} \left[\lambda_1\varphi_1 \quad \lambda_2\varphi_2 \cdots \lambda_\ell\varphi_\ell\right] = \begin{bmatrix} \lambda_1 & & & 0 \\ & \lambda_2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & \lambda_\ell \end{bmatrix} \qquad 4.16$$

Substituting (4.16) into (4.15) and carrying out a minimization procedure on $\overline{d_F^2}$ similar to the one used before but with the additional constant volume constraint /by which we mean that the Jacobian of the transformation $F = \Phi Z$ is unity/, we obtain the minimum mean-square intraset distance as

$$d_F^2(\varphi) = 2\ell\left(\prod_{k=1}^{\ell}\lambda_k\right)^{1/\ell} \qquad 4.17$$

Equation (4.17) implies that if we want to choose a set of features such that the transformed pattern vectors have a minimum mean-square intreset distance, then the eigenvectors corresponding to the ℓ smallest eigenvalues of covariance matrix K_z must be chosen.

It is interesting to see the difference between the feature selection procedure developed on the basis of minimizing the mean-square intraset distance and the one developed on the basis of minimizing the mean-square approximation error. On the other hand, it may not be surprising since the results are developed in terms of two completely different criteria. However, this example does indicate that a good feature selection criterion

has to be specified first before a meaningful result can be obtained. It has been suggested that a good feature selection criterion must represent the performance of the overall pattern recognition system. This implies that the design techniques used for feature extraction and selection and for classification are closely related and should not be considered spearately. The feature selection techniques introduced in the next section will illustrate this. Nevertheless, because of its simplicity of computation and its independence from the classifier structure chosen, the feature space transformation approach for feature extraction and selection so far has been used in many practical applications.+

4.2 Divergence and Separability Measure

In has been pointed out in section 4.1 that the classification accuracy should be considered as a criterion for feature selection. The feature selection techniques described in section 4.1 concern only patterns belonging to the same class. The relations /for example, the separation/ between classes have not been considered. In order to use the classification accuracy as a feature selection criterion, an explicit relationship between features and the classification accuracy /for a prespecified classifier structure/ needs to be established. Unfortunately, this relationship is not very easy to obtain. Instead, an intermediate quantity, which is related to the classification accuracy or the discriminatory power, is often used as a basis for feature selection. Both the divergence and the average information about the pattern classes characterized by the features have been proposed as criteria for feature selection. The concept of divergence is closely related to the discriminatory power between two pattern classes with normally distributed feature measurement vector X. The use of information measure and divergence as criteria for feature selection or ordering is also implied by the comparison of the expected risks when the Bayes' decision rule is employed for the classification process.

The application of divergence as a criterion for feature selection is briefly introduced in the following. Assume that, for ω_i, X is distributed according to a multivariate gaussian density function with mean vector M_i and covariance matrix K. Let the likelihood ratio be

---

+ Of course, this may be due to the fact that up to now there have not been many good feature extraction and selection techniques available /Preface of |16|/

$$\lambda = \frac{p(X/\omega_i)}{p(X/\omega_j)} \qquad 4.18$$

and let $L = \log \lambda = \log p(X/\omega_i) - \log p(X/\omega_j)$ 4.19

For gaussian assumption, we obtain

$$L = X^T K^{-1}(M_i - M_j) \; \frac{1}{2}(M_i + M_j)^T K^{-1}(M_i - M_j) \qquad 4.20$$

and

$$E\left[L/\omega_i\right] = \frac{1}{2}(M_i - M_j)^T K^{-1}(M_i - M_j) \qquad 4.21$$

Similarly,

$$E\left[L/\omega_j\right] = -\frac{1}{2}(M_i - M_j)^T K^{-1}(M_i - M_j) \qquad 4.22$$

and

$$\text{Var}\left[L/\omega_i\right] = \text{Var}\left[L/\omega_j\right] = (M_i - M_j)^T K^{-1}(M_i - M_j) \qquad 4.23$$

Define the divergence between ω_i and ω_j as

$$J(\omega_i, \omega_j) = E\left[L/\omega_i\right] - E\left[L/\omega_j\right] \qquad 4.24$$

Then, from /4.21/ and /4.22/

$$J(\omega_i, \omega_j) = (M_i - M_j)^T K^{-1}(M_i - M_j) \; . \qquad 4.25$$

It is noted that in /4.23/, if K=I, the identify matrix, then $J(\omega_i, \omega_j)$ represents the squared distance between M_i and M_j. If a fixed-sample or nonsequential Bayes' classification rule is used for the classifier, then for $P(\omega_i) = P(\omega_j) = \frac{1}{2}$, from /2.8/

$$X \sim \omega_i \quad \text{if} \quad \lambda > 1, \text{ or } L > 0$$

or

$$X \sim \omega_j \quad \text{if} \quad \lambda < 1, \text{ or } L < 0 \; .$$

The probability of misclassification is

$$P(e) = \frac{1}{2} P\{L>0/\omega_j\} + \frac{1}{2} P\{L<0/\omega_i\} \qquad 4.26$$

From /4.20/-/4.25/, it is concluded that $p(L/\omega_i)$ is a gaussian density

function with mean $\frac{1}{2}$ J and variance J. Similarly, $p(L/\omega_j)$ is also a gaussian density function with mean $-\frac{1}{2}$ J and variance J. Thus,

$$P(e) = \frac{1}{2}\int_0^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi J}} \exp\left[-\frac{1}{2}(\xi + \frac{1}{2}J)^2/J\right] d\xi$$

$$+ \frac{1}{2}\int_{-\infty}^{0} \frac{1}{\sqrt{2\pi J}} \exp\left[-\frac{1}{2}(\xi - \frac{1}{2}J)^2/J\right] d\xi \quad . \qquad 4.27$$

Let

$$y = \frac{\xi \pm \frac{1}{2}J}{\sqrt{J}} \quad , \qquad 4.28$$

then

$$P(e) = \int_{\frac{1}{2}\sqrt{J}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}y^2\right] dy. \qquad 4.29$$

It is noted from (4.29) that, P(e) is a monotonically decreasing function of $J(\omega_i,\omega_j)$. Therefore, features selected or ordered according to the magnitude of $J(\omega_i,\omega_j)$ will imply their corresponding discriminatory power between ω_i and ω_j.

For more than two pattern classes, the criterion of maximizing the minimum divergence or the expected divergence between any pair of classes has been proposed |1| .

In the case that the covariance matrices K_i and K_j are not equal and the number of classes is more than two, the following approach has been proposed |2| . Let $D_i(X)$ be the discriminant function of class ω_i, i=1,...,m. Then the probability of misclassification for class ω_i and class ω_j can be expressed as

$$P_{ij}(e) = \frac{1}{2} P\{D_i(X) > D_j(X)/\omega_j\} + \frac{1}{2} P\{D_i(X) < D_j(X)/\omega_i\} \qquad 4.30$$

he assumption of equal a priori probabilities. Suppose that a family ear discriminant functions is chosen for $D_i(X)$ as

$$D_i(X) = B_i^T X - c_i \quad , \quad i=1,\ldots,m \qquad 4.31$$

where B_i is an N-dimensional vector and c_i is the constant term. Let

$$D_i(X) - D_j(X) = (B_i - B_j)^T X - (c_i - c_j) = B_{ij}^T X - c_{ij} \quad . \qquad 4.32$$

Then (4.30) becomes

$$P_{ij}(e) = \frac{1}{2} P \{B_{ij}^T(X) > c_{ij}/\omega_j\} + \frac{1}{2} P \{B_{ij}^T X < c_{ij}/\omega_i\} \quad 4.33$$

After defining a standardized gaussian random variable ξ, (4.33) can be written as

$$P_{ij}(e) = \frac{1}{2} \{2 - P[\xi<d_j] - P[\xi<d_i]\} \quad 4.34$$

where

$$d_i = \frac{B_{ij}^T M_i - c_{ij}}{(B_{ij}^T K_i B_{ij})^{1/2}} \quad 4.35$$

and

$$d_j = \frac{c_{ij} - B_{ij}^T M_j}{(B_{ij}^T K_j B_{ij})^{1/2}} \quad 4.36$$

Since, in this case, for linear classification procedures, the minimax procedure is admissible, it is used here to determine an appropriate criterion for feature selection. From (4.34), the condition of minimizing the maximum of $P_{ij}(e)$ is

$$d_i = d_j = d_{ij} \quad . \quad 4.37$$

Thus, it can be obtained from (4.35), (4.36) and (4.37) that

$$d_{ij} = \frac{B_{ij}^T (M_i - M_j)}{(B_{ij}^T K_i B_{ij})^{1/2} + (B_{ij}^T K_j B_{ij})^{1/2}} \quad 4.38$$

The value of B_{ij}, which maximizes d_{ij} is of the form

$$B_{ij} = [\lambda_{ij}^2 K_i + (1 - \lambda_{ij}) K_j]^{-1} (M_i - M_j) \quad 4.39$$

where λ_{ij} is a Lagrange multiplier and can be calculated by solving the equation

$$B_{ij}^T [\lambda_{ij}^2 K_i - (1 - \lambda_{ij})^2 K_j] B_{ij} = 0 \quad 4.40$$

with $0 < \lambda_{ij} < 1$. Finally, (4.34) becomes

$$P_{ij}^*(e) = 1 - P[\xi<d_{ij}] \quad 4.41$$

It is noted from (4.41) that a monotonic functional relationship exists between $P^{*}_{ij}(e)$ and d_{ij}. The quantity d_{ij} is denoted as a separability measure between class ω_i and class ω_j, and the divergence $J(\omega_i,\omega_j)$ can be considered as a special case of d_{ij} |2|.

For multiclass classification problems, the performance of classification can be measured in terms of a weighted sum of all pairwise misclassifications; i.e., the overall performance measure is

$$P(e)= \frac{1}{m(m-1)} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{m} P_{ij}(e) \quad , \quad i \neq j \quad . \qquad 4.42$$

Based on the separability measure d_{ij}, the feature selection criterion suggested is to maximize the expected separability measure for all pairs of classes; i.e.,

$$\text{Max} \left\{ \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{m} P(\omega_i)\ P(\omega_j)\ d_{ij} \right\} \quad i \neq j \qquad 4.43$$

In practical applications, the monotonic properties demonstrated by (4.29) and (4.41) sometimes cannot be obtained; i.e., it is possible to have subsets of features resulting in better classification performance than that using the complete set of features |2|. This is probably due mainly to the deviation of the actual feature distributions from the gaussian assumption and/or the error involved in the estimation of parameters M_i and K_i using insufficient number of training samples.+

+ A rule of thumb which is commonly used in practice, is that the training samples required should be at least 10N, where N is the number of features used.

V. SYNTACTIC PATTERN RECOGNITION

5.1 Introduction

The pattern recognition techniques discussed in previous sections may be classified into the so-called decision-theoretic /or discriminant/ approach. In the decision-theoretic approach, a set of characteristic measurements /called features/ are extracted from the patterns; the recognition of each pattern /assignment to a pattern class/ is usually made by partitioning the feature space. Once a pattern is transformed through feature extraction to a point or a vector in the feature space, its characteristics are expressed only by a set of numerical values. The information about the structure of each pattern is either ignored or not explicitly represented in the feature space*. Successful applications of this approach to practical problems include character recognition, medical diagnosis, crop classification, etc.

In some pattern recognition problems, the structure information to describe each pattern is important, and the recognition process includes not only the capability of assigning the pattern to a class /to classify it/ but also the capacity to describe aspects of the pattern which, for example, make it inelligible for assigment to a particular class. A typical example of this class of recognition problems is picture processing or, more generally speaking, scene analysis. For these problems, the decision-theoretic approach has not been very effective or efficient. The number of features and/or possible descriptions is usually very large making it impractical to regard each /high-dimensional/ description as defining a class. In order to represent the /hierarchical/ structure information of each pattern, the syntactic /or linguistic/ approach has been proposed |17,18|. The approach draws an analogy between the structure of patterns and the syntax of languages. Pattern primitives are first selected and their relations in the patterns are described by a set of syntactic rules /or a grammar/. Since only languages with string-like sentences have been studied so far in mathematical linguistics, the relation expressed in the pattern description languages is primarily limited to the concatenation. The recognition process is accomplished by performing a syntactic analysis /or parsing/ to the sentence

---

*It should be mentioned that the structural relationships of patterns in the same class are usually described by a probability distribution or density function.

describing the given pattern. Initial applications of the syntactic approach to the recognition of pictorial patterns have given quite promising results.

The first step in formulating a linguistic model for pattern analysis is the determination of a set of primitives in terms of which the data of interest may be described. This will be largely influenced by the nature of the data, the application in question /pattern recognition, in the present case/, and the technology available for implementing the analysis. The primitives should provide an adequate description of the data. For pattern recognition, this means that the primitive descriptions of patterns from different classes should be distinguishable by whatever method is to be applied to analyze the descriptions. In addition to this obvious requirement, the primitive descriptions should be readily obtainable from the raw data and should be compact enough so as not to overtax the memory and processing capacities of the analysis system. In many instances these may be conflicting requirements, and it may be necessary to find an acceptable trade-off among them.

If one assumes that a satisfactory solution of the "primitive selection" problem is available for a given application, the next question is: How does one carry out the analysis of the primitive pattern description? Of course, this is not to imply that the primitive selection and pattern analysis aspects can be separated in practice; but the fact that they cannot,will not prohibit a dichotomous discussion of the work that has been attempted.

A description of the syntactic structure in terms of a given grammar of a sentence from a language is referred to as a parse of the sentence. A convenient way to exhibit syntactic structure is by means of a parsing tree. The root of the tree, conventionally displayed at the top, is labelled with the sentence symbol, a distinguished nonterminal symbol in the grammar; the terminating branches, at the bottom, are labelled with terminal symbols the union of which /concatenation in the case of string languages/ is a sentence of the language. The structure leading from root to terminating branches describes how the sentence is derived from the distinguished symbol by successive applications of the productions in the grammar.

Some parsing techniques develop the parse by proceeding downward from the root of the tree, i.e., by attempting to synthesize the pattern through use of the syntactic productions. These are called top-down methods. Other methods work upward from the bottom of the tree by attempting to decompose the pattern by applying the productions in reverse. These are called bottom-up methods. There is considerable debate among formal linguists as to the relative merits of the two approaches for automatic parsing, but from a practical point of view the best approach generally depends on the particular

form of the grammar involved |19|.

A procedure which utilizes in any way the syntactic description of an entity /sentence, pattern/ is a syntax-directed procedure. If the grammar on which such a description is based is intimately associated with the procedure /e.g., the grammar may in some manner direct the analysis/, then the procedure is said to be syntax-controlled. /This terminology is analogous to that used with respect to syntax-directed compilers |20|./ For example, a pattern classification procedure might consist of matching the parse of an unknown against various prototype parses. This is syntax-directed but not syntax-controlled pattern recognition. A top-down or bottom-up procedure might have the class names as higher order syntactic elements so that a successful parse necessarily accomplishes the classification. This procedure would constitute syntax-controlled pattern recognition.

A successful application of syntax-controlled pattern recognition is the FIDAC /Film Input to Digital Automatic Computer/ developed by Ledley et. al. |21| for the detection and classification of chromosome types in photomicrographs. In this case, a set of primitives were determined /line segment of various shapes/ which were at once adequate for the characterization of the patterns of interest and readily detectable by a suitable combination of hardware and computer software. Furthermore, the primitive-encoded patterns amounted to strings which could be generated by a fairly simple context-free phrase-structure grammar. The syntax-controlled analysis system permits rapid and dependable processing /according to its developers/ of sufficient numbers of chromosome photomicrographs for statistical studies of chromosome variability.

5.2 The roles of stochastic languages in syntactic pattern recognition

Since in the syntactic approach, abstract primitive elements are usually selected, effects of noise and distortion in the measurement of patterns can be reduced only through extensive preprocessing of the raw patterns /smoothing, gap-filling, thinning, etc./. The preprocessing techniques commonly used make little or no use of the pattern syntax even though the syntax could be of great assistance in distinguishing noise and detecting distortions of pure patterns. Unfortunately, however, it is precisely distortion and noise which makes quite difficult the description of "real life" patterns by means of familiar non-stochastic grammatical models. Recalling that probabilistic approaches have often yielded some success in dealing with distortion and noise, one is led to consider the formulation of a stochastic model for syntactic pattern recognition. In the following sections a brief introduction of stochastic languages is first given. Some

preliminary results from the study of using stochastic languages for pattern recognition are then presented.

A stochastic grammar is a 5-tuple

$$G_S = (V_N, V_T, P, S, D) \qquad /5.1/$$

where

V_N is a finite set of nonterminals
V_T is a finite set of terminals $(V_N \cap V_T) = \emptyset$
P is a finite set of productions
$S \in V_N$ is the start symbol
D is a probability measure /assignment/ over P.

It is noted that from this definition a stochastic grammar is simply a non-stochastic /phrase-structure/ grammar with a probability measure over its productions. Let $x \in L\ G_S$ be a string of terminals generated by a stochastic grammar G_S using the sequence of productions $r_1, r_2, \ldots, r_n$. The generation process can be represented as

$$S \xRightarrow{r_1} \gamma_1 \xRightarrow{r_2} \gamma_2 \Longrightarrow \ldots \xRightarrow{r_n} \gamma_n = x \qquad /5.2/$$

where $r_i \in P$ and $\gamma_i \in (V_N \cup V_T)^*$. The probability associated with the generation of x is defined to be the product of conditional probabilities

$$p(x) = p(r_1)\, p(r_2|r_1) \ \ldots\ p(r_n|r_1, \ldots, r_{n-1}). \qquad /5.3/$$

If the string x can be generated by m distinct sequences of productions, then the probability associated with the generation of x is defined as

$$g(x) = \sum_1^m p(x) = \sum_1^m p(r_1)\, p(r_2|r_1) \ldots p(r_n|r_1, \ldots, r_{n-1}) \qquad /5.4/$$

where the sum is taken over the distinct generations of x. The stochastic language generated by the stochastic grammar consists of all the strings $x \in L(G_S)$ and the probability information $p(x)$.

A production probability assignment D is consistent provided

$$\sum_{x \in L(G_S)} g(x) = 1 \qquad /5.5/$$

Necessary and sufficient conditions for D to be consistent in the finite-state and context-free languages are given in |22,23|. All stochastic grammars considered herein will be assumed to have consistent production probability assignments. In a special case where, for all production sequences,

$$p(r_i|r_1, \ldots, r_{i-1}) = p(r_i) \qquad /5.6/$$

D is called an unrestricted production probability assignment.

Example 1: $G_S = (V_N, V_T, P, S, D)$ is a stochastic finite-state grammar, where

$V_N = \{S,A,B,C\}$

$V_T = \{a,b\}$

P			D
S	→	aA	$\alpha (0 < \alpha < 1)$
S	→	bB	$1-\alpha$
A	→	bA	$\beta (0 < \beta < 1)$
A	→	bC	$1-\beta$
B	→	aC	1
C	→	a	1

The language generated is

$$L(G_S) = \{aba, baa, abba, abba, \ldots\}$$
$$= \{baa \cup ab(b)^* a\} \qquad /5.7/$$

The probabilities associated with the generation of, say, baa and $ab^k a$ are given respectively by

$$g(baa) = 1-\alpha$$
$$g(ab^k a) = \alpha\, \beta^{k-1}(1-\beta)$$

D is an unrestricted production probability assignment and is also consistent since

$$\sum_{x \in L(G_S)} g(x) = (1-\alpha) + \alpha(1-\beta) \sum_{k=1}^{\infty} \beta^{k-1} = 1 \qquad /5.8/$$

Notice that stochastic grammars are no more powerful in terms of the languages generated than their non-stochastic counterparts. For example, stochastic finite-state grammars still generate only finite-state languages |24|. The effect of the added probabilistic mechanism is to impress a probability distribution on the sentences of the languages generated, which, in turn, would be very useful in, say, describing noisy patterns, and modelling information retrieval and data communication systems. Stochastic finite-state and context-free languages and their corresponding acceptors /stocnastic finite automata and stochastic pushdown automata/ have recently been studied |23,24|. It has been shown that stochastic finite automata may accept some non-finite-state languages, and stochastic pushdown automata may accept non-context free languages. Therefore, with respect to the acceptors, the stochastic versions seem to be more powerful in terms of the languages accepted than their non-stochastic counterparts.

The programmed grammar, which is a powerful and convenient formalism for generating a relatively broad class of languages, has recently been studied |25|. A programmed grammar is a 5-tuple $G_P = (V_N, V_T, P, J, S)$ where V_N, V_T, P, S are the same as defined before, and J is a finite set of production labels. Each production consists of a label $r \in J$, a core production of the phrase-structure type, and a success branch field and a failure branch field

each consisting of elements from J. A generation or derivation in G_p proceeds as follows: the first /labelled/ production is applied to the start symbol S; thereafter, if production r is applied to the current sentential form γ to rewrite a substring ω and if γ contains at least one occurrence of ω, then the leftmost ω is rewritten by the core of production r and the next production label is selected from the success branch field of r; if the current sentential form does not contain ω, then the core of production r cannot be used and the next production label is selected from the failure branch field of r; if the applicable branch field is empty, the generation halts.

If the core of a programmed grammar is in a context-free form, the grammar is called context-free programmed grammar. It is known that the set of languages generated by context-free programmed grammars properly contains the set of context-free languages and is properly contained within the set of context-sensitive languages. Writing a context-free programmed grammar is very much like writing a computer program and is a rather straightforward logical process compared with the task of writing a context-sensitive grammar. However, experience indicates that the class of languages generated by context-free programmed grammars includes interesting context-sensitive languages.

An extension of the context-free programmed grammar is to add the desired probabilistic mechanism while retaining its basic simplicity and power. This combination of features appears to make the resulting formalism even more attractive for possible applications in syntactic pattern recognition. One obvious possibility to make a context-free programmed grammar probabilistic is to assign branch probabilities in cases where the prescribed branch field contains more than one choice /in the non-stochastic case, the selection of the next production label is nondeterministic/ |26|. The following example is used to illustrate this proposal.

Example 2: $G_{Sp} = (V_N, V_T, P, J, S, D)$ is a stochastic context-free programmed grammar where

$V_N = \{S,A,B,C,D\}$

$V_T = \{a,b,c,d\}$

$J = \{1,2,3,4,5,6,7\}$

Label	Core	Success Branches	Failure Branches	Success Branch Probabilities	Failure Branch Probabilities
1	S → aAB	{2,3}	∅	{α,1-α}	1
2	A → aAC	{2,3}	∅	{1-β,β}	1
3	A → D	{4}	∅	1	1
4	C → d	{5}	{6}	1	1
5	D → bDc	{4}	∅	1	1
6	B → d	{7}	∅	1	1
7	D → bc	∅	∅	1	1

A generation of the string abcd can be expressed as

$$S \xRightarrow{1} aAB \xRightarrow{3} aDB \xRightarrow{6} aDd \xRightarrow{7} abcd \qquad /5.9/$$

and $p(abcd) = 1-\alpha$. Similarly, $p(a^n b^n c^n d^n) = \alpha\,\beta(1-\beta)^{n-2}$, $n=2,3,\ldots$, and

$$\sum_{x \in L(G_{SP})} g(x) = (1-\alpha) + \sum_{n=2}^{\infty} \alpha\,\beta(1-\beta)^{n-2} = 1 \qquad /5.10/$$

Hence, D is a consistent probability assignment.

5.3 Stochastic languages for pattern description

In this section, examples are given to demonstrate the potential of using stochastic languages for the description of distorted and noisy patterns. The approach taken is perhaps quite ad hoc, and the results are only preliminary.

Example 3: An equilateral triangle and eight other distorted versions are shown in Figure 8. The pattern primitives selected are given in Fig. 9. Each triangle is described by a string of lenght 3. Suppose that, from the a priori knowledge or actual observations, the probabilities of the generation of these nine different triangles are known or can be estimated, say, from the relative frequencies of occurrences of these triangles. This information is listed in Table 1.

x	p(x)
ab_1c_1	1/36
ab_1c_2	2/36
ab_1c_3	3/36
ab_2c_1	1/36
ab_2c_2	21/36
ab_2c_3	2/36
ab_3c_1	3/36
ab_3c_2	2/36
ab_3c_3	1/36

Table 1

The stochastic finite-state grammar which will generate these strings with associated probabilities is

$$G_S = (V_N, V_T, P, S, D)$$

where

$$V_N = \{S, A_1, A_2, A_3, A_4\}$$
$$V_T = \{a, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3\}$$

and

P	D
$S \rightarrow aA_1$	1
$A_1 \rightarrow b_1A_2$	1/6
$A_1 \rightarrow b_2A_3$	2/3
$A_1 \rightarrow b_3A_4$	1/6
$A_2 \rightarrow c_1$	1/6
$A_2 \rightarrow c_2$	1/3
$A_2 \rightarrow c_3$	1/2
$A_3 \rightarrow c_1$	1/24
$A_3 \rightarrow c_2$	21/24
$A_3 \rightarrow c_3$	1/12
$A_4 \rightarrow c_1$	1/2
$A_4 \rightarrow c_2$	1/3
$A_4 \rightarrow c_3$	1/6

It should be noted that the grammar G_S not only generates the sentences to describe these nine triangles, but also carries the probability information $p(x)$, which might be quite important and useful in describing real-world patterns.

Example 4: A right-angle triangle and eight other distorted varsions are shown in Figure 10. Based on the pattern primitives shown in Figure 9 and the probabilistic information listed in Table 2, the corresponding stochastic finite-state grammar is

$$G_S' = (V_N', V_T', P', S, D')$$

where

$$V_N' = \{S, A_1, A_2, A_3, A_4\}$$
$$V_T' = \{a, b_o, b_1, b_2, c_2, c_3, c_4\}$$

and

P′	D′
$S \rightarrow aA_1$	1
$A_1 \rightarrow b_oA_2$	2/3
$A_1 \rightarrow b_1A_3$	1/6
$A_1 \rightarrow b_2A_4$	1/6
$A_2 \rightarrow c_2$	1/24
$A_2 \rightarrow c_3$	1/12
$A_2 \rightarrow c_4$	21/24
$A_3 \rightarrow c_2$	1/6
$A_3 \rightarrow c_3$	2/3
$A_3 \rightarrow c_4$	1/6
$A_4 \rightarrow c_2$	1/3
$A_4 \rightarrow c_3$	1/2
$A_4 \rightarrow c_4$	1/6

x	p x
ab_oc_2	1/36
ab_oc_3	2/36
ab_oc_4	21/36
ab_1c_2	1/36
ab_1c_3	4/36
ab_1c_4	1/36
ab_2c_2	2/36
ab_2c_3	3/36
ab_2c_4	1/36

Table 2

It is noted that the strings ab_1c_2, ab_1c_3, ab_2c_2, and ab_2c_3 in Table 1 are also listed in Table 2. If we consider the strings /triangles/ in Table 1 as forming the pattern class I and the strings in Table 2 as forming the pattern class II, then the four strings ab_1c_2, ab_1c_3, ab_2c_2, and ab_2c_3 fall into both classes. In the decision-theoretic approach, the classification problem with "overlapping" classes can be solved by applying statistical decision theory |1|. A similar idea is also applied here. The probability information p(x) of the strings belonging to each pattern class plays an important role in the classification problem. For example, suppose that the input pattern /a triangle/ is represented by the string ab_1c_2. With the assumption of equal a priori probabilities /or the occurrences of each class/, the information p(x) can be used for the maximum-likelihood classification rule. That is, in this case, ab_1c_2 should be classified as belonging to class I since

$$p_I(x) = 2/36 > 1/36 = p_{II}(x) \qquad /5.11/$$

Similarly, classification rules can also be formulated with known a priori probabilities and/or given loss functions.

Since the probability information p(x) is used in the classification rule, the computation of p(x) for any given(x)/a string/ at the time of classification becomes an important problem. In an extremely simple problem such as that in Example 4, the information in Table 1 and Table 2 /which c also be easily derived from the two corresponding stochastic grammars/ ca directly stored in the machine. A "table look-up" procedure will provide necessary information for classification. In general, the number of strings generated by a grammar is often very large or infinite. The advantage of using the grammar to describe the structure of a language is that such a finite representation can be used instead of listing all the strings in the language. In order to recognize whether or not a string /a pattern/ belongs to the language generated by a particular grammar /a pattern class/, the notion of acceptors /or recognizers/ has been introduced.

It is known that, for a given stocnastic finite-state grammar, a stochastic finite automaton can be synthesized to accept only those strings with their associated generation probabilities, p(x) |24|. For the problem in Example 4, two stochastic finite automata, M and M', can be synthesized+, corresponding to G_S and G'_S, respectively. These strings listed in Table 2 will be accepted by the automaton M /corresponding to G_S/, and the strings listed in Table 2 accepted by the automaton M' /corresponding to G'_S/. For each string x applied to an automaton, the probability associated with the generation of x, p(x), can be easily computed from the transition probability matrices of the automaton. For example, if ab_1c_2 is the input string /pattern/, it will be accepted by both automata, but the information p(x) computed from the two automata is different /i.e., 2/36 and 1/36, respectively/. If ab_oc_3 is the input string, then it will be accepted only by the automaton corresponding to G'_S and rejected /or, say, accepted with probability zero/ by the automaton corresponding to G_S. That is, the pattern described by ab_oc_3 would be classified as belonging to class II.

Example 5:++ A stochastic grammar was developed to describe "noisy squares", for example, tne squares drawn on a CRT input device or a RAND tablet. The following assumptions were made to keep the grammar simple but interesting.

1 The squares were to have their side length geometrically distributed with mean length $1/\alpha$ $(0 < \alpha < 1)$.

2 The squares were to be drawn horizontal/vertical and the operator was assumed skillful enough so that the "noise" could be considered primarily the quantization error resulting from input through a digital or finite-state device

3 The "target aiming" effect, which could come into play as a square is about to be closed and would assist in ensuring closure, was ignored.

A generator program for languages generated by stochastic context-free programmed grammars was written for a PDP-9 digital computer with a Model 339 Graphical Display. The program generates strings in a stochastic manner using any specified stochastic context-free programmed grammar as input "data" and displays a pictorial interpretation of the generation process. The generation and display capabilities permit the user to observe the grammar at work, to interactively improve the grammar, and to qualitatively assess its stochastic properties.

For this example, a language with tails was used.+++ A typical noisy

---

+For detailed synthesis procedure, see |24|.

++For a more detailed discussion of this example, see |26|.

+++Let L_1 be a language over the terminals V_T and L_2 be a language over $V_T \cup \{s,t\}$ where $s,t \notin V_T$ such that $L_2 = \{xst^{\ell} | x \in L_1$ and ℓ depends on x$\}$. Then L_2 is said to be of the form L_1 with tails. The x portion is referred to as the body of the string, s as the tail delimiter, and t^{ℓ} as the tail. In general, the tail is found to be a convenient place to perform any book-keeping functions /as a counter in this example/ necessary for the generation of the language.

square generated is shown in Figure 11, and the stochastic context-free programmed grammar appears in Table 3. "Reasonable" values were selected for the branch probabilities in the grammar. If a hand-drawn "training set" were available for analysis in terms of the grammatical model, these probabilities could be more closely adjusted to the actual physical situation.

Table 3

Stocnastic Grammar Describing the Noisy Squares

$V_N = \{S,A,X,Q,A,M,W,C,E,R,T,B,V\}$

$V_T = \{1,2,\ldots,37\}$

$J = \{1,2,\ldots,37\}$

O : unit segment in direction of current side

\+ : unit segment with slope + 1 relative to current side

\- : unit segment with slope - 1 relative to current side

* : corner /change direction by + 90°/

$: tail delimiter /final string only/

Label	Core	Success Branches and Branch Probabilities	Failure Branches and Branches Probabilities
1	S → FXVQ	{2,4,7},{1-2α,α,α}	{ϕ}, {1}
2	F → OFA	{3}, {1}	{ϕ}, {1}
3	X → XXX	{10}, {1}	{ϕ}, {1}
4	F → +FA	{5}, {1}	{ϕ}, {1}
5	M XXX	{10}, {1}	{6}, {1}
6	X → WXX	{10}, {1}	{ϕ}, {1}
7	W → FA	{8}, {1}	{ϕ}, {1}
8	W → XXX	{10}, {1}	{9}, {1}
9	X → MXX	{10}, {1}	{ϕ}, {1}
10	W → W	{2,4,7,12},{p_1,p_2,p_3,β}	{11}, {1}
11	M → M	{2,4,7,12},{p_1,p_3,p_2,β}	{2,4,7,12},{p_4,p_3,p_3,β}
12	F → *F	{13}, {1}	{ϕ}, {1}
13	Q → R	{16}, {1}	{14}, {1}
14	R → S	{16}, {1}	{15}, {1}
15	S → T	{16}, {1}	{36}, {1}
16	B → A	{16}, {1}	{17}, {1}
17	A → B	{18}, {1}	{20}, {1}
18	E → C	{17}, {1}	{19}, {1}
19	V → CV	{17}, {1}	{ϕ}, {1}
20	W → X	{21}, {1}	{22}, {1}

21	C → E	{20}, {1}	{ø}, {1}
22	M → X	{23}, {1}	{25,26,29}, {1-2α,α,α}
23	E → C	{22}, {1}	{24}, {1}
24	V → CV	{22}, {1}	{ø}, {1}
25	F → OF	{32}, {1}	{ø}, {1}
26	F → +F	{27}, {1}	{ø}, {1}
27	M → X	{32}, {1}	{28}, {1}
28	X → W	{32}, {1}	{ø}, {1}
29	F → -F	{30}, {1}	{ø}, {1}
30	W → X	{32}, {1}	{31}, {1}
31	X → M	{32}, {1}	{ø}, {1}
32	C → E	{33}, {1}	{ø}, {1}
33	C → C	{34}, {1}	{12}, {1}
34	W → W	{25,26,29},{1-α-α^2,α^2,α}	{15}, {1}
35	M → M	{25,26,29},{1-α-α^2,α,α^2}	{25,26,29},{1-2α,α,α}
36	T → $	{37}, {1}	{ø}, {1}
37	F → F	{ø}, {1}	{ø}, {1}

$p_1 = (1-\alpha-\alpha^2)(1-\beta)$, $p_2 = \alpha^2(1-\beta)$, $p_3 = \alpha(1-\beta)$, $p_4 = (1-2\alpha)(1-\beta)$

The noisy square shown in Figure 4 is the pictorial representation of the string:

```
-OOOOOOOOO-OO+-OOOOOO+OOOOOOOOOO+OOOO*
OOOOO-OOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOOO*
OO+OOOOOOOOOOOOOO-OO+OOOOOOOO-OOOOOO*
OOOOOOOOOOOOOOOOOOOOO+OOOOOOOOOOOOOO*$ /tail omitted/
```

5.4 Remarks

Syntactic pattern analysis and recognition has been found to offer an approach to dealing with pattern date which cannot be conveniently described numerically or are otherwise so complex as to defy analysis by conventional techniques. It has often been observed that such data are highly structured and that the structural descriptions contain the essential information for recognition while being perhaps orders of magnitude more convenient to process than the raw patterns. Research in syntactic pattern recognition appears to have demonstrated the feasibility of this approach, at least for some nontrivial applications. However, some formidable hurdles remain to be cleared before syntactic pattern recognition can be widely applied. Some problems and areas of promise include:

/1/ A systematic approach to the determination of appropriate syntactic elements. Researchers presently depend largely on intuition to select reasonable sets of pattern primitives and higher order syntactic elements

/a situation analogous to that which has existed with respect to feature extraction in conventional pattern recognition techniques/. The selection of syntactic elements affects the form of the pattern grammar and hence both the efficiency and the computational complexity of the analyzer, not to mention the pattern recognition accuracy. Certainly some sort of interaction between the primitive selection procedure and the evaluation of recognition performance is needed, both to optimize the performance and to minimize the analyzer complexity.

/2/ Grammar synthesis based on samples of pattern data-grammatical inference |27,28|. Here again intuition is relied on heavily at present. A pattern grammar must be hypothesized and then iteratively tested by simulation and improved by the designer. User-interactive computer graphics aid considerably in this respect, but it is not difficult to imagine pattern recognition problems for which computer graphics could not be conveniently employed. What is needed is probably a training model by which an analyzer could learn the grammar from a set of training patterns.

/3/ Generalization of concatenation to multiple dimensions. A better generalization seems almost essential if efforts in formal linguistics and automata theory are to be brought to bear on the problems of syntactic pattern recognition.

/4/ Development of special pattern languages and grammars which lend themselves to efficient parsing. Presently attainable processing speeds need to be improved by as much as several orders of magnitude.

/5/ Detailed formulation of a stochastic syntactic pattern analysis model capable of processing patterns with distortion and noise |27|. Given future development of training methods for determining the necessary stochastic grammars /including vocabularies, productions, and production probabilities/, one can imagine a syntax-controlled pattern recognition scheme such as the following. A stochastic grammar is found for each individual pattern class; for each pattern to be classified, a parse and its associated probability is obtained /whenever possible/ according to each class grammar; based on the parse probabilities /and any a priori information available/, the classification is then made according to a criterion such a minimum risk /Bayes/. Such a scheme has the advantage of applying syntactic analysis directly to the raw data rather than going through an initial "noise cleaning" stage which makes little or no use of the wealth of prior information stored in the pattern grammar.

/6/ Further contributions of automata theory to the syntactic analysis problem. Work is continuing on characterization of the classes of languages recognizable by stochastic automata and tree automata. As mentioned in Section 5.3, stochastic finite-state automata can be synthesized based on stochastic finite-state grammars and can recognize the languages generated by such grammars. It has recently been shown that stochastic automata can recognize

some languages that are not finite-state. There is room for speculation tnat stochastic automata theory may eventually provide both a theoretical foundation for stochastic syntactic analysis and an alternative approach to the realization of analytical mecnanisms based on stochastic grammars.

The range of important problems to which syntactic pattern analysis could be applied and which otherwise appears to be beyond the scope of presently known techniques will continue to stimulate research in this new direction.

ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to thank Dr. T. Vamos and J. Somlo of the Research Institute for Automation, Hungarian Academy of Sciences for their invitation of giving the series of lectures at the seminar. The arrangement of the seminar was excellent. The opportunity of discussing with Professor Ya. Z. Tsypkin and Hungarian scientists about various problems in the area of pattern recognition and machine learning is particularly valuable.

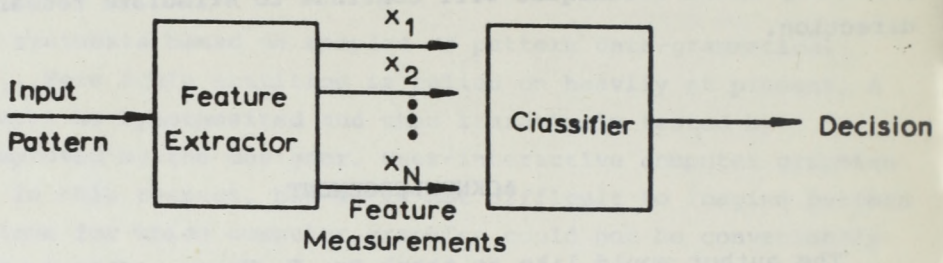


FIGURE 1. A PATTERN RECOGNITION SYSTEM

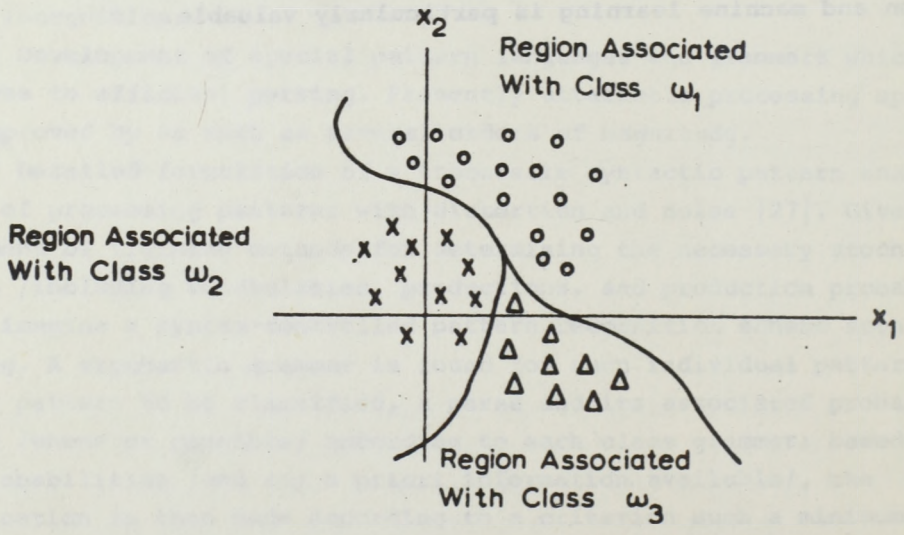


FIGURE 2. AN EXAMPLE OF PARTITION IN A TWO-DIMENSIONAL FEATURE SPACE.

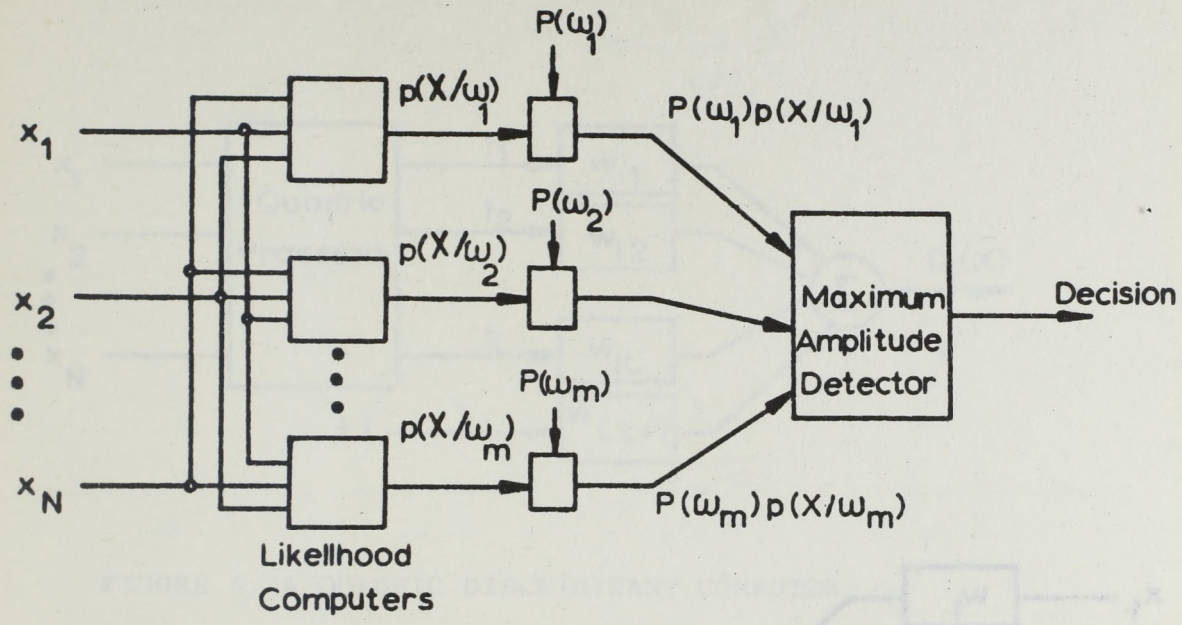


FIGURE 3. A BAYES CLASSIFIER

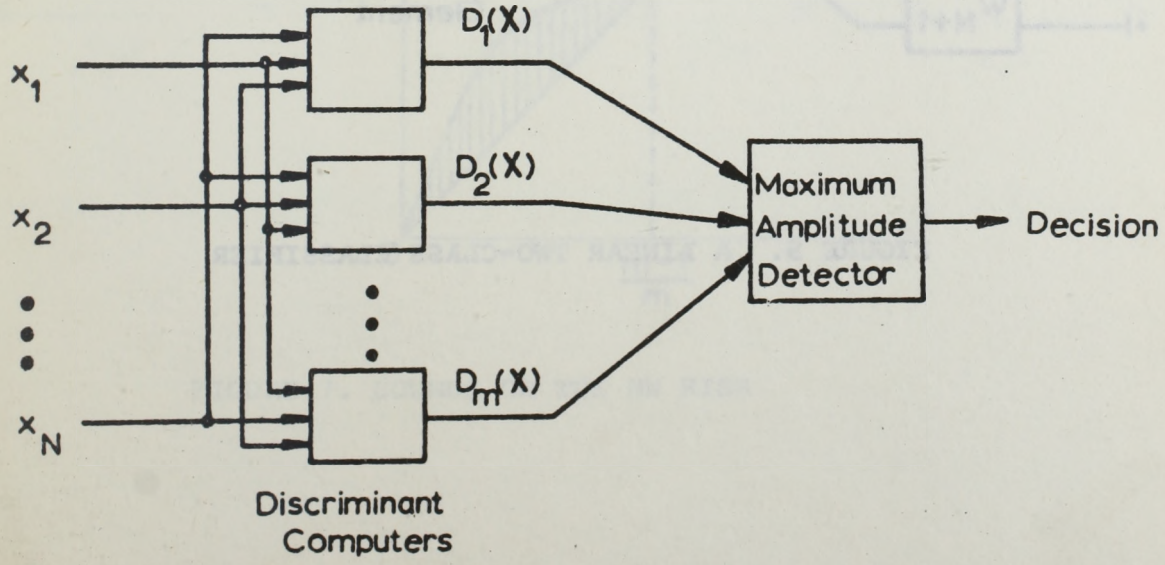


FIGURE 4. A CLASSIFIER

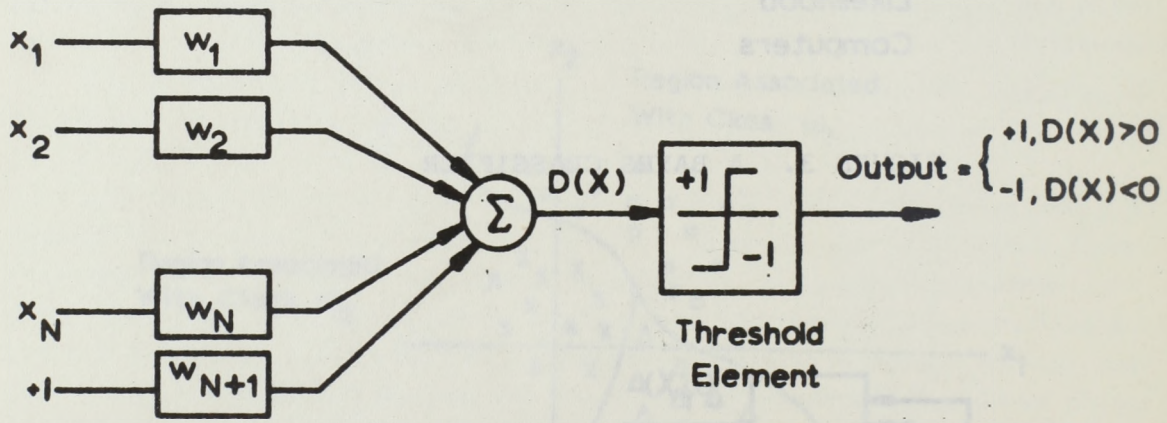


FIGURE 5. A LINEAR TWO-CLASS CLASSIFIER

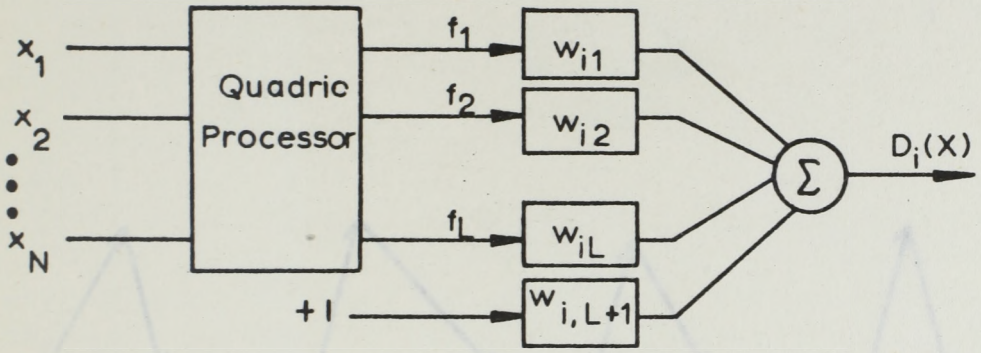


FIGURE 6. A QUADRIC DISCRIMINANT COMPUTER

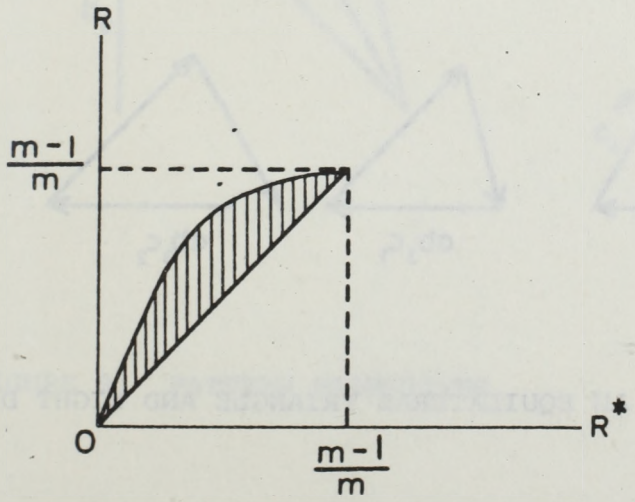


FIGURE 7. BOUNDS ON THE NN RISK

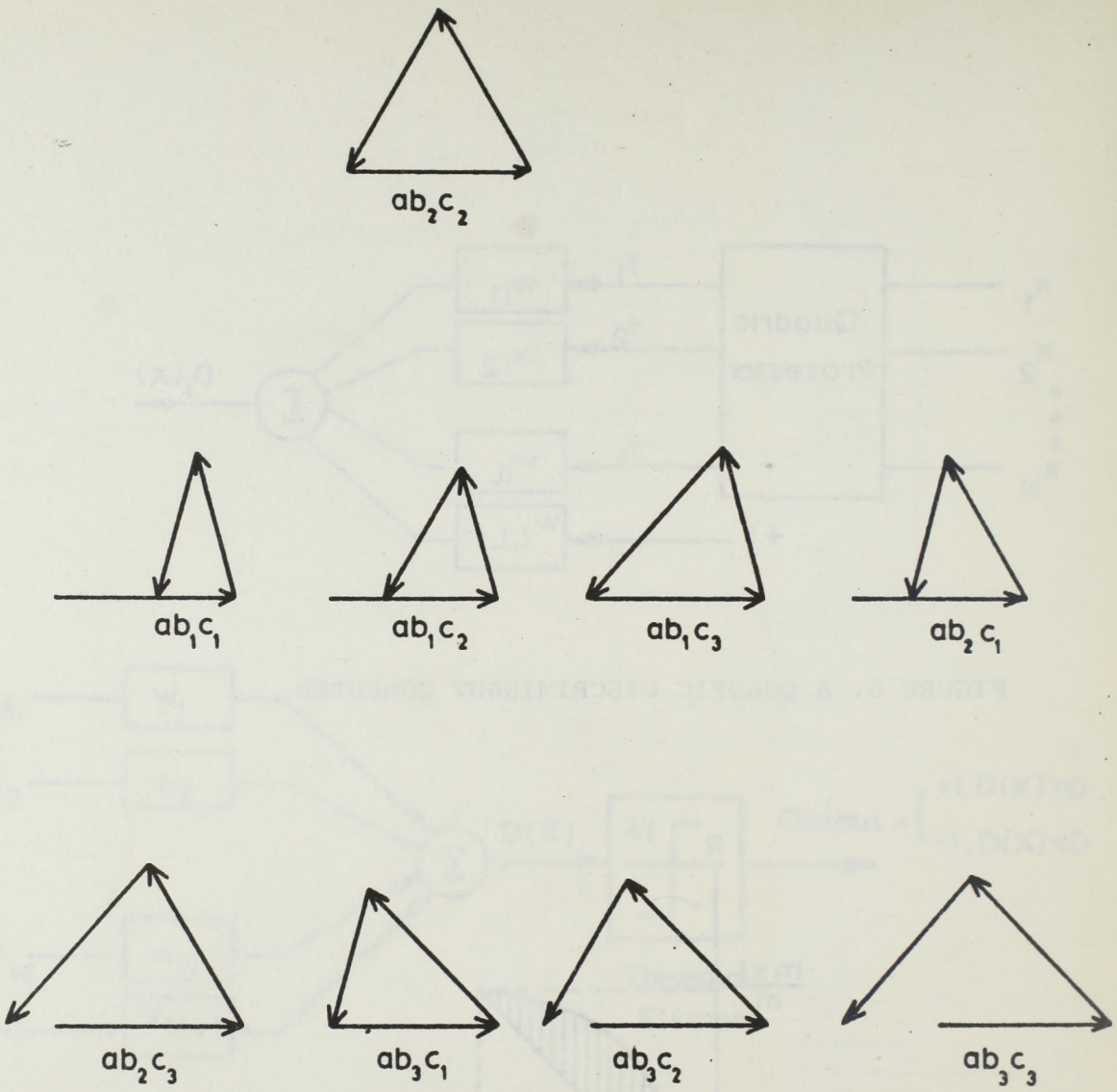


FIGURE 8. AN EQUILATERAL TRIANGLE AND EIGHT DISTORTED VERSIONS

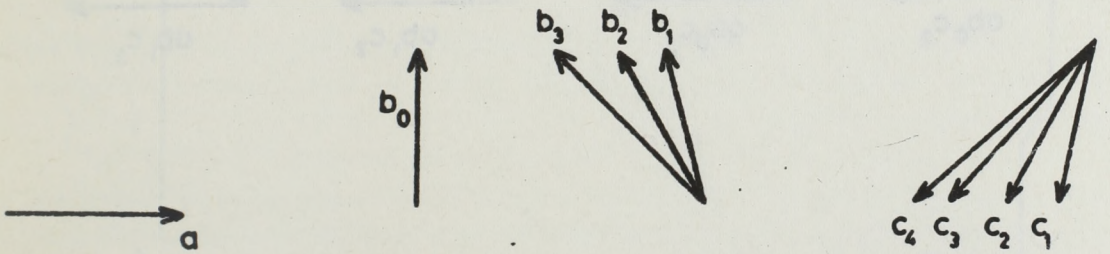


FIGURE 9. PATTERN PRIMITIVES

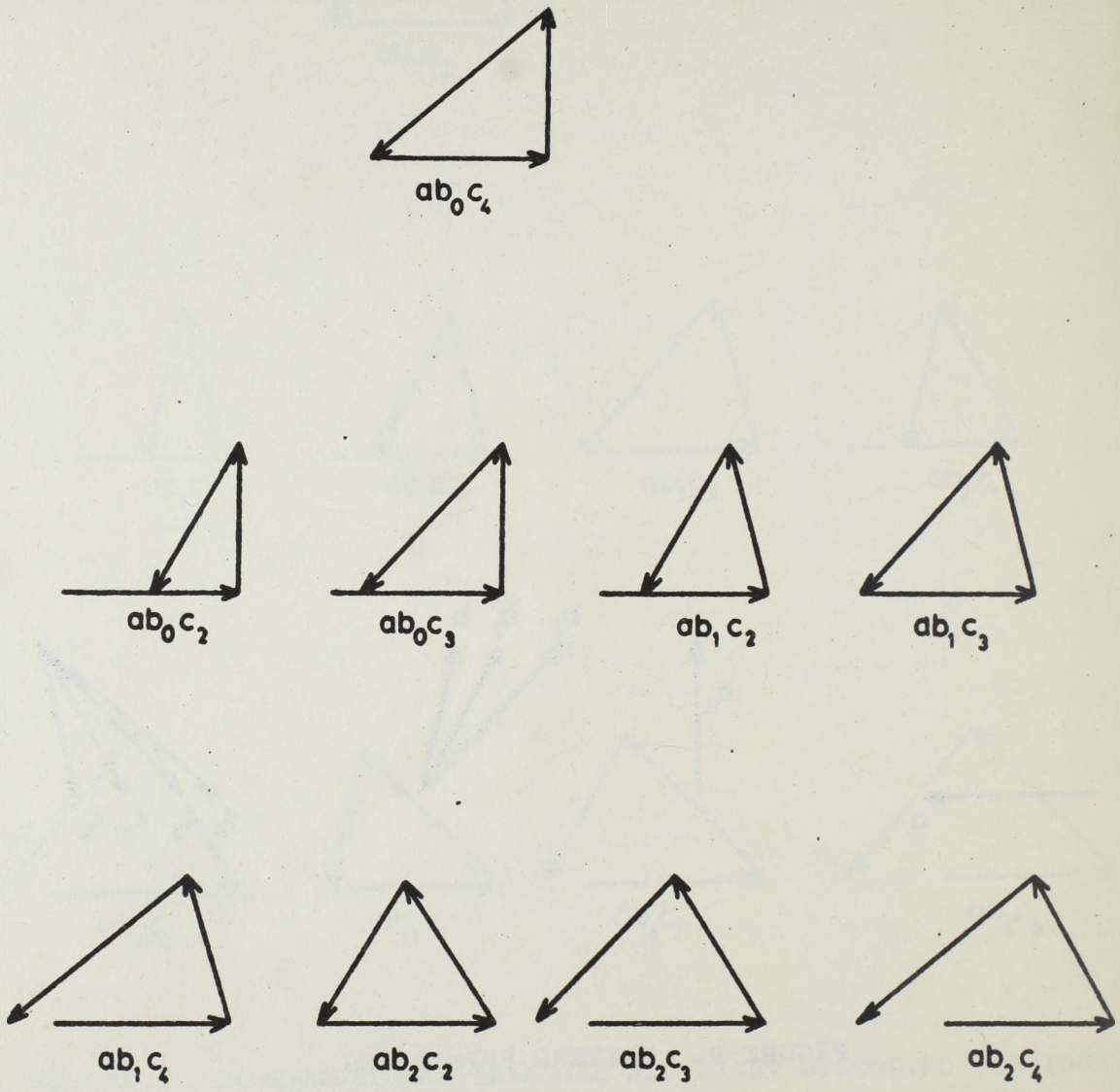
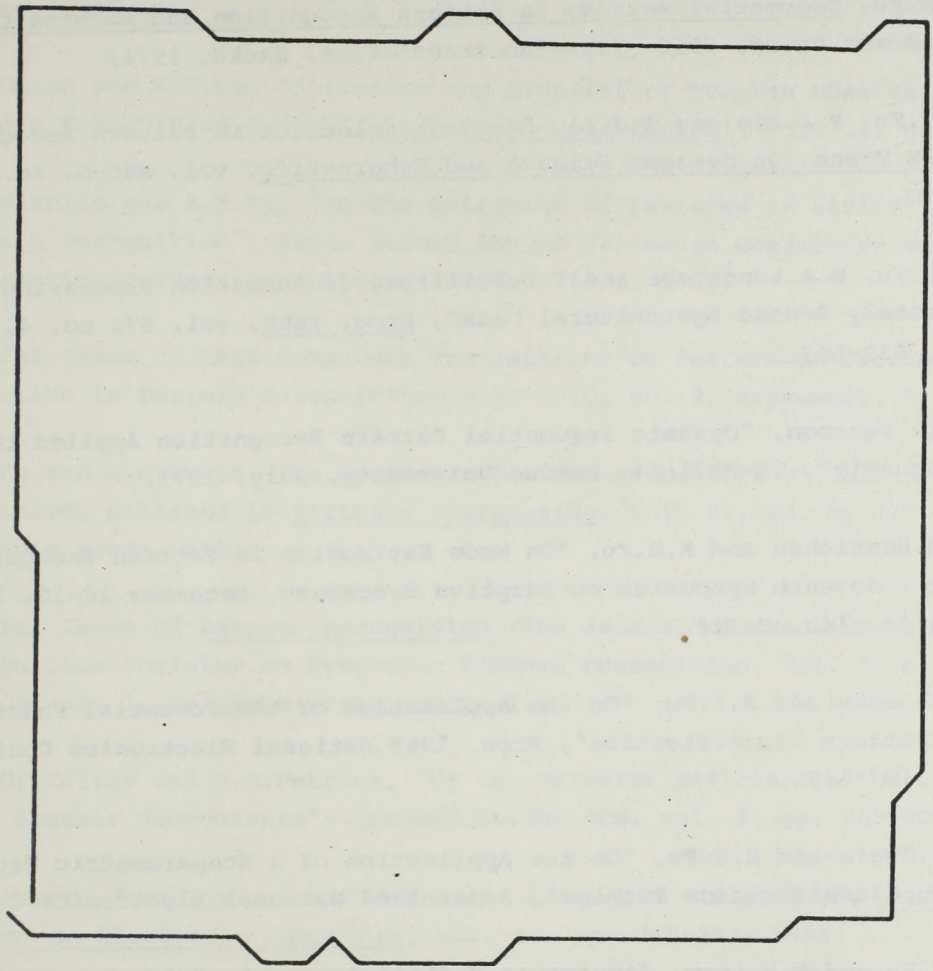


FIGURE 10. A RIGHT-ANGLE TRIANGLE AND EIGHT DISTORTED VERSIONS



SCALE : 1/8" PER UNIT LENGTH

$\alpha = 0.05, \ \beta = 0.05$

FIGURE 11. A TYPICAL NOISY SQUARE

References

|1| K.S.Fu, Sequential Methods in Pattern Recognition and Machine Learning, Academic Press, 1968. /Russian translation, Nauka, 1971/

|2| K.S.Fu, P.J.Min and T.J.Li, "Feature Selection in Pattern Recognition", IEEE Trans. on Systems Science and Cybernetics, vol. ssc-6, no. 1, January 1970.

|3| K.S.Fu, D.A.Landgrebe and T.L.Phillips, "Information Processing of Remotely Sensed Agricultural Data", Proc. IEEE, vol. 57, no. 4, April 1969, pp. 639-653.

|4| Eric Persoon, "Dynamic Sequential Pattern Recognition Applied to Medical Diagnosis", TR-EE71-24, Purdue University, July, 1971.

|5| E.G.Henrichon and K.S.Fu, "On Mode Estimation in Pattern Recognition", Proc. Seventh Symposium on Adaptive Processes, December 16-18, 1968, Los Angeles, Calif.

|6| R.R.Lemke and K.S.Fu, "On the Application of the Potential Function Method to Pattern Classification", Proc. 1968 National Electronics Conference, pp. 107-112.

|7| P.H.Swain and K.S.Fu, "On the Application of a Nonparametric Technique to Crop Classification Problem", Proc. 1968 National Electronics Conference.

|8| K.S.Fu and M.H.Loew, "Automatic Medical Diagnosis Using Nonparametric Sequential Classification Procedures" AGARD XXI Technical Symposium on Artificial Intelligence, Rome, Italy, May 24-28, 1971.

|9| N.J.Nilsson, Learning Machines, McGraw-Hill, 1965.

|10| M.A.Aiserman, E.M.Braverman and L.I.Rozonoer, "The Probability Problem of Pattern Recognition Learning and the Method of Potential Functions", Automatika i Telemekhanika, vol. 25, 1964, pp. 1307-1323.

|11| T.M.Cover and P.E.Hart, "Nearest Neighbor Pattern Classification", IEEE Trans. on Information Theory, vol. IT-13, no. 1, January, 1967.

|12| J.T.Tou and R.P.Heydorn, "Some Approaches to Optimum Feature Extraction", in Computer and Information Sciences - II, ed. by J.R.Rou, Academic Press, New York, 1967.

|13| M.S.Watanabe, "Karhunen-Loeve Expansion and Factor Analysis - Theoretical Remarks and Applications". Proc. Fourth Prague Conference on Information Theory, 1965.

|14| Y.T.Chien and K.S.Fu, "Selection and Ordering of Feature Observations in a Pattern Recognition System", Information and Control, vol. 12, no. 5, 1968.

|15| Z.J.Nikolic and K.S.Fu, "On the Selection of Features in Statistical Pattern Recognition", Proc. Second Annual Princeton Conference on Information Sciences and Systems, March 25-26, 1968.

|16| Special Issue of IEEE Computers Transactions on Feature Extraction and Selection in Pattern Recognition, vol. c-20, no. 9, September, 1971.

|17| K.S.Fu and P.H.Swain, "On Syntactic Pattern Recognition," COINS-69 Symposium, pulished in Software Engineering, Vol. II, ed. by J.T.Tou, Academic Press, 1971.

|18| Special Issue of Pattern Recognition /The Journal of the Pattern Recognition Society/ on Syntactic Pattern Recognition, Vol. 3, no. 4 and Col. 4, no. 1, Pergamon Press, 1971-72.

|19| T.V.Griffiths and S.R.Petrick, "On the Relative Efficiencies of Context-Free Grammar Recognizers", Communications ACM, vol. 8, pp. 289-300, 1965.

|20| R.W.Floyd, "The Syntex of Programming Languages - A Survey", IEEE Trans. on Electronic Computers, vol. 13, pp. 346-353, 1964.

|21| R.S.Ledley, et.al, "FIDAC: Film Input to Digital Automatic Computer and Associated Syntex-Directed Pattern Recognition Programming System", in Optical and Electro-Optical Information Processing Systems, ed. by J. Tippet, et. al., M.I.T. Press, Cambridge, Mass., 1965.

|22| T.L.Booth, "Probabilistic Representation of Formal Languages", Conf. Record, IEEE Tenth Annual Symposium on Switching and Automata Theory, October, 1969.

|23| T.Huang and K.S.Fu, "On Stochastic Context-free Languages", Information Sciences, Vol. 3, no. 3, July, 1971.

|24| K.S.Fu and T.J.Li, "On Stochastic Automata and Languages", Information Sciences, Vol. 1, no. 4, October, 1969.

|25| D.J.Rosenkrantz, "Programmed Grammars -- A New Device for Generating

Formal Languages", Conference Record, IEEE Eighth Annual Symposium on Switching and Automata Tneory, October, 1967.

|26| P.H.Swain and K.S.Fu, "Stochastic Programmed Grammars for Syntactic Pattern Recognition", Pattern Recognition, Special Issue on Syntactic Pattern Recognition, Vol. 3, 1971.

|27| K.S.Fu, "On Syntactic Pattern Recognition and Stochastic Languages", Proc. International Conference on Frontiers of Pattern Recognition, Honolulu, Hawaii, January 18-20, 1971.

|28| A.W.Biermann and J.A.Feldman, "A Survey of Results in Grammatical Inference", Proc. International Conference on Frontiers of Pattern Recognition, Honolulu, Hawaii, January 18-20, 1971.

|29| S.Crspi-Reghizzi, "The Mechanical Acquisition of Precedence Grammars", Ph.D.Thesis, University of California, Los Angeles, 1970.

|30| N.V.Zavalishin and I.B.Muchnik, "Linguistic /Structural/ Approach to the Pattern Recognition Problem /Review/", Automation and Remote Control, No. 8, pp. 1263-1291, August, 1969.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

315.084

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET

KÖZLEMÉNYEK

1972

4

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET
AUTOMATION RESEARCH INSTITUTE OF THE HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
FORSCHUNGSINSTITUT FÜR AUTOMATION DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
И ССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ВЕНГЕРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

BUDAPEST, XI., KENDE UTCA 13-17. HUNGARY • UNGARN • ВЕНГРИЯ

KONCENTRÁCIÓS HULLÁM A SZÁMITÓGÉPIPARBAN

- TRANSZNACIONÁLIS NYUGAT-EURÓPAI VÁLLALATOK
- INTERKONTINENTÁLIS ÖSSZEFOGÁS AZ IBM ELLEN

Ádám György
tudományos munkatárs

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

1972

A kiadásért felelős

Dr.Vámos Tibor
az MTA Automatizálási Kutató Intézet
igazgatója

Késziilt az Országos Müszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ házi
sokszorositójában
F.v.:Janoch Gyula

Tartalomjegyzék

oldal

KONCENTRÁCIÓS HULLÁM AZ EGYESÜLT ÁLLAMOKBAN 5
MÜNCHEN-PÁRIZS-EINDHOVEN TENGEÉY NYUGAT-EURÓPÁBAN 7
ELŐZMÉNYEK ÉS PERSPEKTIVÁK 9
AZ ICL POZICIÓJA ÉS JÖVŐJE 14
KINEK HASZNÁL A KÖZÖS-PIAC KIBŐVITÉSE? 17
AZ IBM PROBLÉMÁI 18

KONCENTRÁCIÓS HULLÁM AZ EGYESÜLT ÁLLAMOKBAN

Az RCA /Radio Corporation of America/ ama döntése, hogy számitógépgyártó részlegét felszámolja, fontos uj fejlemények katalizátorává vált.

Az iparágat mindenekelőtt az a kérdés foglalkoztatta, hogy melyik gyártó cég "örökli" az RCA-gépek felhasználóit; - különösen, hogy nem állnak-e át tömegesen az IBM-berendezések alkalmazására.

A választ az Univac /Sperry Rand/ adta meg két sikon is: még 1971 novemberében uj modellel, az Univac 9700-zal jelent meg a piacon, majd "potom" 90 millió dollárért megvásárolta az RCA számitógéprészlegét.

Mindkét lépés az IBM ellen irányult: a 9700-as a nagyobb kapacitásu berendezésekre átállni kivánó IBM-ügyfeleket kivánja elhóditani /az eladási ár magában foglalja a hardware-t, a software-t és az egyéb szolgáltatásokat is, mig az IBM - mint ismeretes - konkurrensei nyomására ezek árazásának szétválasztására kényszerült/; az RCA számitógépipari érdekeltségeinek átvétele pedig egyértelmü azzal, hogy a közepes méretü gépek piacán az Univac folytatja a harcot az IBM ellen.

Eleve nyilvánvaló az, hogy a trösztellenes perekbe bonyolódott IBM nem gondolhat az RCA-örökség megszerzésére, igy csak az volt kérdéses, hogy az arra aspirálók közül - és ezek közé tartozott a Rank Xerox és a Control Data is - melyik zárja sikerrel idevágó tárgyalásait.

A Sperry Rand 1970-es adatai: forgalom 1,75 milliárd dollár, tőkevagyon 1,4 milliárd dollár, tiszta nyereség 81 millió dollár alkalmazottak száma 97 565, a részvényenkénti osztalék 1970-ben 2,37 dollárra rugott és az 500 legnagyobb iparvállalat Fortune-féle listáján az 59.helyet foglalta el.

A Xerox az IBM szempontjából talán még veszélyesebb konkurrens lett volna; 1970-es forgalma alig kevesebb, mint a Sperry Rand-é: 1,72 milliárd dollár,

de tőkevagyona nagyobb: 1,85 milliárd dollár, csakugy mint tiszta nyeresége: 187,7 millió dollár. A Control Data forgalom /540 millió dollár/ és tiszta nyereség /mindössze 3,2 millió dollár/ tekintetében messze a Sperry Rand és a Xerox mögött áll.

A számitógépipar USÁN belüli átcsoportositásának következő eseménye 1972 januárjában következett be, amikor az NCR /National Cash Register/ és a Control Data bejelentette, hogy "szorosabb kooperációra" lép. Ez a következőket jelenti: 50 millió dollár tőkével egy közös leányvállalatot alapitanak, amely perifériális felszerelést gyárt majd mind az NCR, mind a CDC számitógéprendszerei számára; koordinálják a központi-feldolgozómü fejlesztést és gyártást, a software-t pedig sztandardizálják; munkamegosztásukon belül az NCR a kisebb és középméretü berendezésekre, a CDC továbbra is a nagyobb méretüekre szakosodik; know-how cserét valósitanak meg; a fejlesztési és beruházási programokat egyeztetik illetve megosztják. Önállóságát azonban egyik vállalat sem adja fel. /Ezt "antitröszt"-szempontokból kell hangsulyozniuk, hogy az igazságügyminisztérium a kooperáció ellen ne emeljen kifogást./

Az NCR adatai: 1970-es forgalom 1,4 milliárd dollár, tőkevagyon 1,65 milliárd dollár, tiszta nyereség 30 millió dollár.

Összefoglalva: az IBM versenytársai közül a General Electric után az RCA is feladta a harcot, a két "kisebb törpe": az NCR és a Control Data pedig kooperációra kényszerült, amely valószinüleg burkolt fuziót takar.

/Források: Univac wird mit '9700' in oberer Mittelklasse agressiv. Handelsblatt, 1971. november 10, 10.1.; Univac aims to capture slice of IBM market. The Times, 1971.november 10., 20.1.; Univac will RCA-Computer-Kunden kaufen. Handelsblatt, 1971.november 11, 11.1.; NCR and Control Data Computer Merger Plan. The Financial Times, 1972. január 28, 5.1.; NCR und Control Data kooperieren. Frankfurter Allgemeine Zeitung, 1972. január 29, 17.1.; vállalati adatok: Fortune, 1971.május és junius./

MÜNCHEN-PÁRIZS-EINDHOVEN TENGELY NYUGAT-EURÓPÁBAN

Az előbbiekben ismertetett fejlemények hordereje azonban szinte eltörpül a Nyugat-Európában végbemenő számitógépipari, szintén "fuziószerü" összefogás mögött.

1972 februárjában nyilvánosságra hozták, hogy a nyugatnémet Siemens, a holland Philips és a francia CII /Compagnie Internationale pour l'Informatique/ között megállapodás jött létre számitógépipari érdekeltségeik teljes integrálása céljából.

A Philips egyik szócsöve szerint az együttmüködés alapján immár lehetségesnek tünik, hogy erőteljes, versenyképes európai számitógépipart épitsenek ki.

Időrendi sorrendben először a Siemens és a CII jutott megegyezésre, s ezt követően csatlakozott a Philips az uj tömörüléshez.

A CII tulajdonosa három francia vállalat: a CGE /Compagnie Générale d'Electricité, 33,6%/, a Thomson-Brandt konszern /36,4%/ és a Jeumont-Schneider konszern /30%/ között oszlik meg. Ezek hárman mintegy 160 000 dolgozót foglalkoztatnak és együttes forgalmuk meghaladja a 2 milliárd dollárt.

A Siemens 1970 évi forgalma 3,2 milliárd dollár volt, a Philipsé 4,2 milliárd dollár. A három partner összforgalma tehát 10 milliárd dollár körül jár.

Közülük a Siemens számitógépforgalma a legnagyobb: mintegy 300 millió dollár, Philipsé kb. 120, a CII-é 130 millió dollár. A Siemens piaci részesedése az NSzK-ban 16% /a müködő berendezések értékére vetitve/, illetve 20% /az uj rendelések értékvolumenét tekintve/, s ezzel az IBM mögött a második helyre zárkózott fel. A CII részesedése hazai piacán 6,5%, a Philipsé 7,3%, de utóbbié az NSzK kisgépforgalmában eléri a 18%-ot.

Mindhárom partner egyelőre megtartja teljes önállóságát. A kooperáció konkrét szakaszai: először közös fejlesztés, azután közös gyártás, végül közös forgalmazás. A koordinált üzleti stratégia közvetlen célja a termékek "harmonizálása", távlatilag egy uj, közös számitógépsorozat kifejlesztése. Egyes termékcsoportokra nem terjed ki a kooperáció, igy a Siemens továbbra is maga kivánja gyártani a folyamatszabályozó gépeket. Nem vonatkozik továbbá a megegyezés katonai és más, különleges rendeltetésü gépekre és készülékekre.

A közös program azonban magában foglalja koordináltan müködő fogalmazó szervek felállitását; valószinüleg sor kerül közös vállalatok alakitására is.

A Siemens és a CII hazai piacukon saját termékeiken kivül a másik partneréit is forgalomba kivánják hozni, mint azok belföldi egyedárusitói, igy a CII a Siemens 4004-es gépeit; a Siemens magába olvasztja az NSzK-ban müködő CII GmbH-t, a CII a Siemens franciaországi adatfeldolgozó kirendeltségét.

A racionalizálási intézkedéseknél is lényegesebbnek tekintik a termékválaszték kibővitését és az ebből adódó fokozottabb piaci átütőeret. A Siemens és a CII főként középméretü gépeket gyártanak, a Philips viszont kisgépeket. Nagyméretü gépek gyártását nem irányozták elő.

Az összefogás legproblematikusabb pontja a Philips csatlakozása volt, mivel ennek a vállalatnak van a legnagyobb számitógépipari multja. Számitógéprészlege felvásárlások révén bekebelezte az NV Electrologica-t, az irodai gépeket előállitó Siemens GmbH-t, a svéd Arenco Electronics-ot. Tevékenységi köre öt területet ölel fel: számitógépek, perifériális felszerelések , folyamatszabályozó gépek /P 850, 855 és 860/, adatfeldolgozási technika, számitóközpontok. Gépei viszonylag jelentős részét a konszernen belül használta fel, "kifelé" csak 1968 óta fordult és ez az időpont eléggé késöinek bizonyult. A számitógéprészleg /"Data Systems"/ müködését évről évre külön pénzügyi juttatásokkal kellett finanszirozni, igy csupán 1971-ben 160 millió hollandforint összegü deficitet /kb. 45 millió dollár/ kellett fedezni, s ez olyan fényüzés, amit még egy ekkora világkonszern sem engedhet meg magának. Ezért az ügyfélbázis kiszélesitése elengedhetetlennek tünt. Az 1972 márciusában Apeldoornban, a számitógéprészleg központjában megtartott sajtóértekezleten be is jelentették, hogy a Philips szilárdan el van tökélve az együttmüködésre, azt a lehető legszorosabbá kivánja tenni, és a részletekben is minamarabb megegyezésre akar jutni, mert ez a termékág fennmaradásának nélkülözhetetlen feltétele.

Március végéről származó értesülések szerint az elvi megállapodás meg is született: három, de legkésőbb négy éven belül uj számitógépsorozattal óhajtanak megjelenni a piacon és a bejelentéstől számitott 1 éven belül a szállitásokat is megkezdeni. A fejlesztési költségek előreláthatólag jóval meghaladják a 150 millió dollárt; a Siemenstől származó becslések szerint pedig a "hármas szövetségnek" évi 90-120 millió dollár fejlesztési ráforditással kell számolnia. A sulypont a középméretü gépek területén kivivott pozició megerősitése; a Siemens csak ezt követően hajlandó a termékválaszték le- vagy felfelé való kiegészitésére.

/Források: Neuer europäischer Computer-Verbund - "Als-ob-Fusion" von Siemens, CII and Philips. Handelsblatt, 1972.február 2, 1.l.; Siemens-CII-Philips: 2 Mrd. Computer Umsatz, uo. Europäische Computer-Hersteller kooperieren. Frankfurter Allgemeine Zeitung 1972.február

2, 18. l.; Verbund mit Franzosen. Die Zeit, 1972. február 4, 28.l.; 3 Link to Make Europe Powerful in Computers. The Times, 1972. február 2, 17. l.; Datentechnik ist für Philips "absolute Notwendigkeit". Frankfurter Allgemeine Zeitung, 1972. március 23, 15. l.; Der Pakt der Zwerge. Die Zeit, 1972. március 31, 28.l./

ELŐZMÉNYEK ÉS PERSPEKTIVÁK

Az előzmények között mindenekelőtt az RCA "kidőlése" /a gazdasági alkalmazásra szolgáló adatfeldolgozó berendezések gyártásának felszámolása/ érdemel említést. Ez az RCA-licencekkel és know-how-val dolgozó Siemenst teljesen meglepetésszerüen érte és érzékenyen érintette. Termékválasztékából a nagyobb méretü gépeket nem is maga, hanem az RCA gyártotta Amerikában, s a Siemens csak forgalomba hozta őket. Az RCA-val való együttmüködés a Siemens számára egyebek közt azt jelentette, hogy számitógéprészlege költségvetésének kétharmadát a forgalmazás megszervezésére fordithatta, ami NSzK-beli előretörésében nem kis szerepet játszott. Mivel az RCA-technológiára többé nem hagyatkozhat, ezentul erőforrásai jóval nagyobb hányadát volna kénytelen fejlesztésre szánni. Ilyen körülmények között érthető, hogy a kooperációban keres kiutat.

A hármas összefogás egybevág az EGK legoperativabb szervének: a Bizottságnak az intenciójával is, amely a nyugat-európai nagyvállalatokat szüntelenül erőforrásaik egyesitésére és arra buzditja, hogy olyan "nagy egységeket" hozzanak létre, amelyek versenyképesek a "harmadik országokbeli" /értsd: amerikai/ óriásokkal. A paktum tehát a legnagyobb mértékben birja az EGK-Bizottság áldását, amely azt egyik fő törekvése: az "európai méretü iparpolitika" megvalósitása jelentős szakaszának tekinti. Igy látja ezt az amerikai világkonszernek hirügynöksége is; a Business Europe szerint a megállapodás alapja lehet egy olyan konstrukciónak, amely végül minden európai hardware-gyártót felölel, nagyvonalu állami szubvenciókra és biztositott állami piacokra támaszkodhat.

Egyes nyugat-európai források némi szemforgató kétszinüséggel hangsulyozzák, hogy a "hármas-szövetség" a verseny fenntartása szempontjából is üdvös, mert az IBM-nek végre Nyugat-Európában is lesz ellensulya. Mik vajon ennek a reális esélyei?

Mostanában sokat idézik a Burroughs elnökének kijelentését: "A kutatás és fejlesztés jelentőségét a számitógépiparban messzemenően eltulozzák!" Ennek a megállapitásnak egyebek közt az ad sulyt, hogy a Burroughs egyike ama vállalatoknak, amely a maga területén sikerrel áll helyt az IBM-mel szemben.

Olyan méretü világkonszernek, mint a General Electric és az RCA, amikor szakértőik arra a konkluzióra jutottak, hogy az elkövetkező 5 évben /egyenként/ 500 millió dolláros befeketetésre lesz szükségük, hogy versenyben maradhassanak, a terep feladása mellett döntöttek. Vajon az uj európai konzorcium, amely sem akkora ügyfélbázissal, sem olyan széles körü tapasztalattal nem rendelkezik, mint a két amerikai óriás, számithat-e arra, hogy náluk nagyobb sikerrel hivhatja ki maga ellen az IBM-t az európai piacon, amely ez idő szerint az IBM összprofitjának több mint 50%-át szolgáltatja?

A Burroughs példája azt bizonyitja, hogy a sikernek nem feltétlenül és szükségszerüen az IBM-nél fejlettebb technológia a kulcsa. Amikor Ray Macdonald, a Burroughs fentidézett elnöke átvette a konszern irányitását, a kutatási költségvetést mindenekelőtt alaposan lefaragta: mindössze évi 15 millió dollárban állapitotta meg, s az ma sem rug 49 millió dollárnál többre. "Ugy határoztunk, hogy kutatóközpontunk többé nem lesz 'hobbyklub', s a következő üzletévben már nyereéget értünk el" - igy Macdonald. Tény, hogy a Burroughs jelenleg 943 millió dolláros forgalom mellett 150 millió dolláros, tehát igen tekintélyes /adózás előtti/ profitot mutat ki.

Az európaiak a hatékonyság fő tényezőjének eddig a müszaki fejlettséget és a nagyméretü kutatási potenciált tekintették. A brit James Ensor azonban a mai kapitalizmus és világgazdaság egyik alapvető tényét mondja ki, amikor ezt állitja: "Az érett számitógép-piacon a müszaki potenciál ma sokkal kevésbé fontos, mint egy dinamikus, rámenős eladói gárda."

Ez konkrét példákkal is bizonyitható.

Amikor a General Electric számitógépipari érdekeltéségét átadta a Honeywellnek, termékei között szerepelt a GE 600, a világ talán legjobb nagyméretü számitógépe; az időosztásos számitógéprendszerek területén technikailag szintén meszsze az élen járt és ennek az üzletágnak a forgalma is rohamosan nőtt. Mindamellett a GE profit szempontjából egyikben sem "látott fantáziát". A Honeywellnek viszont kitünő, az IBM-ével összevethető gárdája volt és egy év alatt több gépet adott el a GE 600-ból kifejlesztett 6000-es sorozatból, mint a GE 5 év alatt! Az RCA is olyan körülmények között "szállt ki" a számitógépgyártásból, hogy termékválasztéka az IBM-éhez hasonló, de annál müszakilag sok tekintetben fejlettebb volt. Az IBM valójában sohasem hozott forgalomba olyan fejlett berendezéseket, mint amilyeneket "legprogresszivebb" konkurrensei, de erre nem is volt szüksége...

Az IBM elleni egyenlőtlen harcot eddig azok a társaságok vivták meg eredményesen, amelyek a terepet gondosan választották ki. A Burroughs bankokra, a

Control Data az ürkutatásra, valamint tudományos számitásokra, az Univac a légiforgalmi és olajtársaságokra szakosodott. Nem is kellett meghátrálniuk. A General Electric és az RCA frontális támadást inditott az IBM ellen és fel kellett adniuk a küzdelmet. De nem azért vallottak kudarcot, mivel müszakilag lemaradtak, hanem mert az IBM fogalmazó szervei minden letaroltak.

Most az európai "számitógépipari entente" intéz közvetlen kihivást az IBM ellen és dolga még nehezebb: arra kell rábirnia az ügyfeleket, hogy hozzájuk nyergeljenek át az IBM-től, amelynek a piaci részesedése a kontinentális Európa piacain 40 és 65 % között mozog! /Nagy-Britanniában az ICL helyzete valamivel kedvezőbb, erről majd a továbbiakban lesz szó./ A hármas szövetségnek ezenfelül nemcsak az IBM, hanem a Honeywell, Univac, Burroughs stb. versenyével is bőven számolnia kell!

Mik vajon az európaiak "jó pontjai"? Addig is, mig az IBM-berendezésekhez csatlakoztatható, teljes spektrumu számitógépsorozatot tudnak fejleszteni, bizonyos mértékben hagyatkozhatnak az RC technológiájára. Másodsorban hagyatkozhatnak kormányaik pénzügyi támogatására is /a három társaságnak juttatandó állami szubvenciókat legalább évi 50 millió dollárra becsülik/. Harmadsorban pedig arra, hogy az állami megrendeléseket ha nem is kizárólagosan, de tulnyomórészt ők kapják. /Az IBM, Honeywell és Univac Nyugat-Európában müködő számitógépparkja értékvolumenéből 31, 32 illetve 42% jut a közületekre./ Végül saját beruházási potenciáljuk is jelentős és az egyesülés, az egymás közti verseny kikapcsolása meg az átfedések elkerülése folytán kisebb kockázattal is jár.

De vannak az európaiaknak egyéb ütőkártyáik is: a japánokkal való kooperáció!

1971 októberében a japán Hitachi és Fujitsu fuzióra lépett. Együttes piaci részesedésük /13% + 18%/ hazai piacukon meghaladja az IBM-ét /29%/. Expanzióképességük is kétségtelenül megnövekedett.

1972 áprilisának első napjaiban nyilvánosságra került, hogy már hosszabb ideje tárgyalásokat folytatnak az uj európai konszernhez való csatlakozásról! Ezt elvileg megkönnyiti, hogy mindhárom partner: a Siemens, az IIC és a Philips között olyan megállapodás jött létre, melynek értelmében a társas viszony "nyitott", ahhoz más számitógépgyártók is csatlakozhatnak, nem-európaiakat is ideértve.

Ez év áprilisában a Hitachi egyik vezetője kéthetes látogatást tesz az NSzK-ban és ezt az alkalmat "csucstalálkozóra" kivánják felhasználni az együttmüködés lehetőségeinek és módozatainak megbeszélésére. Ezek sikere esetén a nyugat-európai transznacionális konszern interkontinentális jellegüvé lép-

ne elő. A tervekből eddig annyi szivárgott ki, hogy az európaiak a Távol-Keleten gyártatnának alkatrészeket, ahol a termelési költség jóval alacsonyabb, s ennek fejében az európai piacot megnyitnák a japánok előtt, akiket ez a lehetőség rendkivüli mértékben vonz.

A koncepció: a fő ellenség az IBM, az ellen kell összefogni! A termelési költségek leszállitásának ürügyén pedig egyben ki lehet telepiteni a munkaigényes müveleteket, ott gyártani, ahol a legolcsóbb, és ott eladni, ahol a legmagasabb árat lehet elérni, de mindezt többé nem országos, nem is csupán kontinentális, hanem világgazdasági viszonylatban. Az európaiak egyébként e téren csak az amerikaiakat követnék: 1971-ben egyetlen jelentős alkatrészgyártó cég nem volt az Egyesült Államokban, amelynek ne lettek volna kitelepitett "szökevény üzemei" a Távol-Keleten vagy Latin-Amerikában.

Mindez azonban még messze nem meriti ki a kombinációs lehetőségeket.

Az uj európai számitógépipari hármas szövetség ugyanis kontinentális viszonylatban nem átfogó, nem foglalja magában az összes számottevő gyártó céget.

Itt az NSzK vonatkozásában mindenekelőtt a mini-computereket előállitó Nixdorfra, a nyugatnémet számitógépipar Amerikába, sőt Japánba is behatoló "csodagyermekére", valamint az AEG-Telefunkenre gondolunk.

Ismeretes, hogy a nyugatnémet kormányzat szivesen látta volna, ha a Siemens és az AEG-Telefunken szoros kooperációt létesit egy óriásgép kifejlesztésére. Ez a - még az RCA-likvidálás előtti időszakból származó - terv a Siemens vonakodásán hiusult meg, amely a fejlesztési költségekre és a nagy kockázatra való hivatkozással nem volt hajlandó kötélnek állni. Nem igy a sikereiből nagy önbizalmat meritő, vállalkozó szellemü Nixdorf, aki az AEG-Telefunkennel közös céget alapitott óriásgép gyártására.

Nixdorf, amikor a Siemens és a CII tárgyalásairól "szelet kapott", mindent elkövetett, hogy ambiciózus elképzeléseit valóra váltsa. Két alkalommal is tárgyalt Siemensékkel, akiknek azt javasolta, hogy a Nixdorf-féle minicomputerek és a Telefunken nagyméretü gépei közötti rést a Siemens bevonásával hidalják át, vagyis valamennyi nyugatnémet gyártó vállalatot egyetlen konszernben egyesitsenek. A CII-val és Philipsékkel folyó tárgyalások azonban már tulságosan előrehaladott stádiumban voltak és különben is a Siemens a nyugatnémet kereteket szüknek találta: az európai és japán megoldás hive volt, sőt: amerikai partnereket is keres.

A Siemens álláspontja ugyanis: az amerikai piacot nem lehet "kihagyni", ha az IBM-re valaha is komoly csapást akarnak mérni, és nem lehet mellőzni a

forgalom szempontjából sem. Ezért atlanti hidat kell épiteni.

E hid amerikai oszlopaként a Control Data az európaiak jelöltje, mind Siemensék, mind a Nixdorf-csoport részéről. A CDC "jumbo"-gépe világszerte elismert, s ha már az óriásgépek fejlesztése az időosztásos és vállalati "totális" információs rendszerek várható elterjedése folytán elengedhetetlen, gazdaságosnak, kutatási megtakaritásokkal járónak tünnék a CDC bevált technológiájának a felhasználása. Ugyanakkor Nixdord a CDC-vel kooperálva egy uj kisgép kifejlesztésére készül; ez "forradalmi ujdonságokat" testesitene meg és máris valóságos dicshimnuszokat zengenek róla, noha az idevágó végleges szerződést még alá sem irták.

A CDC-vel, általában az amerikaiakkal való együttmüködés azonban - mint az RCA, de a General Electric esete is igazolja - komoly kockázatokat rejt magában. Üzleti stratégiájukat váratlan fordulatok jellemzik; partnereiket nem szokták előzőleg konzultálni. A CDC stabilitásához is kétség fér. A CDC-NCR házasságot egyesek ugy kommentálták, hogy "két beteg vállalatból sohasem lesz egy egészséges vállalat"; más megfigyelők nem tartják kizártnak, hogy a CDC végül is teljesen beolvad a nagyobb tőkeerejü, diverzifikáltabb NCR-be.

Az IBM-ellenes európai-amerikai szövetkezésnek még egyéb eshetőségei is vannak: például a Siemens és az Univac összefogása. Erre egyebek közt a Siemens vezérigazgatójának nyilatkozataiból is következtethetünk: "Az Univachoz nem vezet ut", - "Kooperációra való készség? Talán, valamikor, a távoli jövőben". Amit tulságos nyomatékkal tagadnak, az mindig gyanus.

Nem hagyhatók teljesen figyelmen kivül a Brüsszelben székelő Multinational Data S.A. létéből eredő kombinációk sem. Ennek egyfajta müszaki kliring-szerepet szántak, s eddig a Honeywell-Bull, az ICL, a CII és a CDC csatlakoztak hozzá. A helyzet tehát a számitógépiparban teljesen cseppfolyós, minden nap uj meglepetéseket hozhat.

Ez annál inkább is igy van, mert akadnak, akik az európai hármastengelyt illetően is bizonyos tartózkodást tanusitanak, koordinációs nehézségeket, surlódási felületeket emlegetnek: mindenki "első hegedüs" akar lenni. Egy jellegzetes vélemény: ha a "Hármak" nem találják meg a módját, hogy mielőbb igazi közösséget alkossanak egyetlen kasszával, hosszu évekbe telhet, mig a társas viszony valóban jól funkcionál.

/Források: Axel Schnorbus: Auf dem Weg zur Eurodata. Frankfurter Allgemeine Zeitung, 1972, február 7. 13.1.; New European Computer Link Seen as Gain for EEC Policy. Business Europe, 1972. február 11, 41-43,

l.; Hermann Bösenecker: Der Pakt der Zwerge. Die Zeit, 1972. március 31, 28.l.; Frank Vogl: Japaness Seeking Link with Computer Venture in Europe. The Times, 1972 április 4, 15. l.; James Ensor: The Shape of Europe's Challenge. The Financial Times, 1972.február 4, 14.l.; Europe: Computer Makers Ally Against IBM. Business Week, 1972. február 12, 33. l./

AZ ICL POZICIÓJA ÉS JÖVŐJE

Az uj nyugat-európai elrendezés az ICL nélkül jött létre: a legnagyobb európai számitógépgyártó vállalat a további fejlődés kétségtelenül fő vonalát jelentő Siemens-IIC-Philips tömörülésen kivül rekedt.

Amikor a konzervativ kormány a munkáspártnak a legutóbbi választáson elszenvedett veresége után hivatalba lépett, arra az álláspontra helyezkedett, hogy az elődje nyujtotta "szelektiv" müszaki fejlesztési szubvenciókat beszünteti és az ipari struktura állami irányitása végett felállitott szervet /IRC/ is feloszlatta. A brit számitógépiparban bizonytalanság lett urrá: nem volt világos, hogy milyen állami támogatásra számithat a jövőben.

1971 derekán az ICL vezetősége elismerte, hogy rendeléseinek volumene 20%-kal csökkent és ennek kapcsán több mint 3000 dolgozóját elbocsátotta.

Nagy-Britanniában azonban a számitógépipar fenntartása nemzeti presztizskérdés; ezt a konzervativ kormányzat - kifejezett programja ellenére, hogy ti. az ipar állami alapokból való finanszirozását leépiti - sem hagyhatta figyelmen kivül. Frederick Corfield ürkutatási miniszter 1971 julius 30-án egy parlamenti interpellációra adott válaszában kijelentette: a kormány az ICL érdekében az állami megrendelések kiadásakor alkalmazott módszert /"single tender system of contract negotiations" - olyan versenypályázatok kiirása, amelyeknél az ICL kizárólagosságot élvez/ a központi kormányzat szférájából kiterjeszti az egész állami /közületi/ szektorra? folytatják a különleges fejlesztési tervek és szerződések gyakorlatát; ha szükséges, tullépik azokat a pénzügyi kereteket is, amelyeket az ICL megalakitása idején állapitottak meg, és hajlandók legalább akkora szubvenciókat folyósitani, mint aminőket a francia és nyugatnémet kormány a nemzeti számitógépiparnak együttesen juttat.

Ennek egyik célja az volt, hogy az ICL "az erőpozíciójából" tárgyalhasson a számbajövő európai partnerekkel kooperációs egyezmények megkötéséről.

1971 novemberében az alsóház tudománypolitikai bizottsága /Select Committee on Science and Technology/ olyan ajánlást terjeszt elő, hogy a számitógépipari kutatásnak és fejlesztésnek eddig juttatott 5 millió font /12 millió dollár/ összegü állami segélyt annak tizszeresére, 50 millió fontra /120 millió dollárra/ emeljék fel, mert ellenkező esetben az ICL tovább vegetál, esetleg némi profitot is realizál, de jelentősen fejlődni nem tud. Ezzel kapcsolatban utaltak arra, hogy a számitógépipar a müszaki fejlesztés szempontjából sokkal fontosabb, mint az oly bőkezüen támogatott repülőgépgyártás, mivel a számitógépipar sulyát nemcsak termelésének fizikai volumene jelzi, hanem az egész nemzetgazdaság ipari és társadalmi strukturájára gyakorolt hatása is. Hivatkoztak arra is, hogy az IBM évi kutatási költségvetése kb. 500 millió dollár, azaz jóval meghaladja az ICL /1970-ben 312 millió dollárt kitevő/ egész forgalmát.

Végül egy uj szerv /Computer Research and Development Board/ létesitését javasolták, hogy az központilag adminisztrálja az állami támogatás folyósitását. A Bizottság hangsulyozta: amennyiben nem tesznek komoly lépéseket, az ICL igen nehéz napoknak néz elébe.

1972 februárjában Sir John Wall, az ICL igazgatóságának elnöke lemondott és bucsubeszédében azt sem titkolta, hogy a vállalat strukturáját ujjászervezik. A változások irányát jelzi, hogy utódja Sir Thomas Hudson lett, a Plessey igazgatója és az ICL-holding igazgatóságában annak egyik képviselője, aki 1965-ig az IBM brit leányvállalatának ügyvezető vezérigazgatója volt. Hudson bejelentette, hogy az ICL munkaerő-állományát 1971 folyamán 10%-kal csökkentette /a jelenlegi létszám 32 000/, hogy további munkás-elbocsátások következnek, nemkülönben, hogy az eddiginél jóval nagyobb sulyt fektetnek a forgalmazásra /marketing/, ami általános vélemény szerint az IBM sikereinek a kulcsa. A sajtónak adott nyilatkozataiban nyomatékosan emelte ki, hogy az állami fejlesztési segélyek rendszerét uj alapokra kell helyezni.

Mindez azonban nem változtat azon, hogy a "hármas szövetség" megalakitása Nagy-Britanniában hideg zuhanyként hatott. Az uj tömörülésben a kulcsszerepet a Siemens játssza. Az ICL és a Siemens viszonya pedig enyhén szólva "hüvösnek" mondható. Az ICL 1971-ben és 1972 elején is többször megkisérelte a közeledést, de a Siemens meglehetősen elutasitó magatartást tanusitott. Közvetlenül a Siemens-CII megegyezés parafálása előtt az ICL vezérigazgatója személyesen utazott Münchenbe, hogy "mentse ami menthető". Siemensék azonban hangsulyozták, hogy a látogatás brit kezdeményezésre történik és ők csak a javaslatok meghallgatására szoritkoznak. Az ICL bekapcsolódási törekvései kudarcot vallottak és a britek tárgyilagosan elismerték: az ICL az európai számitógépipar külső perifériájára szorult, s pozicióján jó ideig változtatni sem tud.

A csalódás annál nagyobb, mert a Közös Piachoz való csatlakozás kapcsán a britek egyik leglényegesebb ütőkártyájuknak fejlett számitógépiparukat tartották és nyilvánvalóan olyan elképzeléseik voltak, hogy az ICL lesz egy nagy nyugat-európai számitógépipari egyesülés tengelye, magva. Hajlamosak voltak arra, hogy számitógéiparukat ugy tekintsék, mint amely technikailag messze a többi nyugat-európai ország előtt jár és vitathatatlanul megdöbbentette őket, hogy kiszemelt partnereik e nézetüket nem osztják, sőt az ICL-t mind technikailag, mind forgalmazási szerveinek hatékonysága tekintetében nagyon is sebezhetőnek vélik. Felismerik, hogy az ICT-től örökölt 1900-as sorozat és az English Electrictől átvett System-4 technikailag fejlett szinvonalat képvisel, csak éppen a két rendszer belső architekturája, software-je stb. olyannyira eltérő, hogy egyszerüen nem látják a módját: miként lehet e kettőt az ICL tervezett /de ismételten elhalasztott/ uj számitógépcsaládjának /Project 52/ fejlesztésénél összeegyeztetni.

Az ICL most a következő dilemma előtt áll:

- Vegye-e tudomásul a kialakult helyzetet és próbáljon-e a saját lábán, kooperációs partnerek nélkül megállni? A nehézségek nyilvánvalóak, ha egyszer olyan óriáskonszernek, mint a Siemens és a Philips eltérő stratégiát követnek. Arról nem is beszélve, hogy a General Electric és az RCA kiszállása a számitógépgyártásból is intő példa.

- Amennyiben ellenkező elhatározásra jutnak, gyakorlatilag Nyugat-Európán belül az egyetlen lehetőség, hogy a Nixdord-AEG-Telefunken csoporttal müködjenek együtt.

1972 februárjában az ICL vezérigazgatója nemcsak Siemensékkel, hanem a rivális csoporttal is tárgyalt, s megbeszéléseik a hirek szerint tuljutottak a kezdeti stádiumon. Ez a fejlemény egy ujabb nyugat-európai transznacionális tömörülésbe torkollhatna, s ez esetben a kontinensen két nagy számitógépipari konszern müködne. Lehetségesnek tartják, hogy hosszu távon ez az ut vezet - a két csoport egyesülésén keresztül - egyetlen nagy európai társaság megalakitásához, s egyben az ICL kivülrekedésének megszüntetéséhez. Addig is e második csoport előtt is nyitva állna a lehetőség, hogy a Control Data-val és/vagy az Univac-kal kooperáljon.

Végül komoly probléma az ICL számára, hogy mitévő legyen az uj számitógépsorozat fejlesztésével kapcsolatban, s különösen annak eldöntése, hogy az az IBM-hez csatlakoztatható legyen-e vagy sem. Tekintettel az IBM hatalmas világpiaci részesedésére /kb. 70%/, ennek a külföldi piacokon vannak bizonyos előnyei. Már más a helyzet a brit piacon, az ICL hazai bázisán: ha az ügy-

feleket olyan választás elé állitják, hogy egy IBM-berendezést, vagy utóbbi egy ICL-változatát vásárolják-e meg, döntésük alig kétséges.

Az 1900-as és System-4-es gépek további gyártása a már emlitett okoknál fogva nem biztositja a versenyképességet; ha viszont uj gépeket hoznak ki, amelyek nem lesznek kompatibilisak az európai hármas szövetség uj sorozatával, a későbbi egyesülés esélyeit csorbitják.

Az ismertetett uj fejlemények tehát a brit számitógépgyártást kétségtelenül nehéz helyzetbe sodorták.

/Források: Commons Report Advocates £50m a Year State Boost for Computers. The Times. 1971.november 19, 17.l.; Kenneth Owen: Giving Computers the National Blessing. Uo., 21.l.; ICL Role Uncertain in New European Computer Line-up. The Financial Times, 1972. január 28, 36.l.; No Major ICL Part in New Computer Group. Uo., 1972. február 2. l.l.; Kenneth Owen: Should ICL Collaborate or Try to Got It Alone? The Times, 1972.február 3, 19. l.; Sir John Wall: Resigns as ICL Chariman...Uo., 1972.február 25. 19.l.; Government Backing A Must for ICL. The Financial Times, 1972.február 25, 25.l.; Robert Jones: ICL: The Ugly Duckling's Bid to Become a Swan. The Times, 1972.február 28, 17.l.; ICL Chairman in Ministry Talks about Fresh Agreement for Development Assistance. The Times, 1972. március 1, 17.l.; David Jones: Paying by Instalments, The Times, 1972.március 21, 19.l.; Gerald Segal: Two questions for ICL. New Scientist and Science Journal, 1971. augusztus 26, 475-477. l./

KINEK HASZNÁL A KÖZÖS PIAC KIBŐVITÉSE?

A nyugat-európai számitógépipar átszervezése azonban az EGK /Európai Gazdasági Közösség/ kibővülésének, Nagy-Britannia belépésének körülményei között megy végbe. Az átszervezés amerikaellenes éllel történik /noha elsősorban az IBM ellen irányul/, ezért indokolt annak vizsgálata, hogy az EGK tagországainak létszámgyarapodása miként befolyásolja az amerikai számitógépkonszernek helyzetét.

Az IBM üzletpolitika már eleve igen körültekintő volt: minden nagyobb poacon saját gyártó üzemei müködnek: az NSzK-ban és Franciaországban 3-3, Nagy-Britanniában 2, Olaszországban és Svédországban 1-1. Mindegyikük szakositott,

igy a havant-i üzem Angliában csakis központi feldolgozómüveket állit elő a nagy kapacitásu 165-ös gépek számára. Az IBM tudatosan arra törekedett, hogy mindegyik ország érdekelt legyen a prosperálásában: számitógépekben, perifériális felszerelésekben és alkatrészekben nagyarányu országok közti, s egyben konszernen belüli árucsereforgalmat épitett ki, s azt saját forgalmazó szervei bonyolitják le. A vámsorompók lebontása csökkenti ügyletei költségeit.

A többi amerikai konszern még nem tudott földrajzilag ennyire kiegyensulyozott termelőrendszert megteremteni, de azért az európaiaknál szintén előbbre tartanak.

A Honeywellnek például, amely kezdetben Angliára koncentrált, az NSzK-ban, s a General Electric érdekeltségeinek átvétele óta Francia- és Olaszországban is van termelőbázisa. Most termékválasztéka és gyártási programja racionalizálására készül.

A Burroughs gyártási központja terminálok számára Skóciában van, csakugy, mint az NRC-e. Mindkettő erőteljes kontinentális terjeszkedésre gondol.

Az Univac gyártási kapacitásának kibővitését tervezi, s azt előreláthatólag inkább az európai kontinensen, mint Nagy-Britanniában hajtja végre.

Igy hát egészében véve elmondható, hogy Nagy-Britannia közös-piaci belépésének fő haszonélvezői - legalábbis rövid távon - a számitógépiparban elsősorban az amerikai cégek lesznek. Az ICL európai bázisa még jelentéktelen.

/Források: James Ensor: American Computer Firms Stand to Gain More from Entry. The Financial Times, 1971.december 20, 14. l./

AZ IBM PROBLÉMÁI

Az IBM - mint annyi más világkonszern, az utóbbi években - szintén nagyarányu belső átszervezést hajtott végre. A "Watson korszakot" T.Vincent Learson vezérigazgatóvá való kinevezésével a Learson-korszak váltotta fel és a vezető posztokra csaknem mindenütt uj emberek kerültek.

Learson olyan körülmények között veszi át a vezetést, amikor az IBM sulypontja mindinkább az Egyesült Államokon kivülre helyeződik át. Az 1971 évi profit 1 milliárd 78 millió dollárra rugott és ennek több mint a felét,

52,3%-ot külföldön realizálták. Az IBM "hazai" forgalma mindössze 293 millió dollárral növekedett, a külföldi forgalom viszont 476 millió dollárral /+16%/ és összesen 3,4 milliárd dollárt tett ki. Az IBM összforgalma 1971-ben 8,2 milliárd dollár volt. Ezekből az adatokból nyilvánvaló, hogy az IBM külföldi ügyleteinek jövedelmezősége a belföldiekhez képest egyre nő.

Ezenfelül az Egyesült Államokban a multbeli 15-20%-os forgalomnövekmény után ez idő szerint csak évi 10-12%-os növekedésre lehet számitani, az amerikai gazdaság általános helyzetétől függően. Ez annyit jelent, hogy amennyiben az IBM jelenlegi piaci részesedését meg akarja tartani, forgalmának évenként mintegy 500 millió dollárral kell nőnie.

Ez nem igérkezik könnyü feladatnak. Az IBM továbbra is támadások pergőtüzében áll. A körülötte kialakult légkört mi sem jellemzi jobban, minthogy egyre gyakrabban hangzik el az a követelés, hogy az IBM-et darabolják fel.

Jellegzetes tünet, hogy az IBM kritikusai valósággal felszólitásokat intéznek a nagyvállalatok legismertebb ellenfeleihez: figyelmüket terjesszék ki az IBM viselt dolgaira is, igy Ralph Nader-hez, aki a General Motors-t is meghátrálásra kényszeritette, valamint Morton Mintz-hez. /Mintz Jerry S.Cohen-nel együtt az America Inc. c. könyv szerzője, amelynek cime magyarul talán igy adható vissza: Amerika R.T. azelőtt Egyesült Államok/.[1/]

Talán nem felesleges, ha az egyik ilyen tipikus IBM-elleni támadás[2/] gondolatmenetét vázoljuk.

1/ Morton Mintz és Jerry S. Cohen: America, Inc. Who Owns and Operates the United States. A könyv az IBM-re egyebek közt a következőkben utal: "Az IBM-t a kormányzat segitette ahhoz, hogy müködési területén az ötvenes évek végén és a hatvanas évek elején élre ugorjon, éspedig olyképpen, hogy az állami rendelések specifikációit az IBM termékeihez igazitotta. E specifikációk kidolgozásában esetenként az IBM alkalmazottai is közremüködtek. Ennek az lett az elkerülhetetlen következménye, hogy sokszor történetesen az IBM volt az egyetlen, amelynek berendezései az előirt specifikációnak megfeleltek." /74.l./

2/ Lásd Joan M.Van Horn: IBM Must Be Split, and Here's a Way. Computerworld, 1971.október 18, 10.l.

- Az IBM-nek a gazdasági életre gyakorolt befolyása még mindig nem tudatosult elég széleskörüen. A legtöbb amerikai vállalat - akár kicsi, akár nagy - pénzügyei intézését ma már képtelen számitógépek nélkül lebonyolitani, s mivel tulnyomó többségük e célra IBM-berendezéseket használ, az IBM minden jelentősebb cég ütőerén tartja a kezét.

- Ez a helyzet tarthatatlan, s rajta csak ugy lehet segiteni, ha az IBM-t önálló vállalatokra darabolják szét, éspedig nem leányvállalatokra, hanem egymástól teljesen különálló, független, nagyszámu egységgé, termékáganként, sőt esetleg üzemenként, ugy, hogy mindegyiknek külön forgalmazó szerve is legyen.

- De még ez sem elég: el kell rendelni, hogy egyetlen ilyen "leamputált" vállalat se adhasson el komplett számitógéprendszereket vagy vállalatigazgatási szolgáltatásokat, hanem legalább husz évig kizárólag alkatrészeket.

- Amennyiben ez nem történnék meg, az egyetlen alternativa: az IBM mint öncélu vállalatbirodalom államositása, mint monopolhelyzete tartós megtörésének egyetlen módja.

- Az IBM megfékezésére annál inkább is szükség van, mert a számitógépipar az autóipar helyett rövidesen az Egyesült Államok éliparágává válik és jó előre gondoskodni kell arról, hogy az amerikai nemzetgazdaságban négy /autóipari/ óriásvállalat helyett ne egyetlen óriáskonszern domináljon.

S hogy ez az elgondolás nem elszigetelt jelenség, azt mi sem bizonyitja jobban, mint az a tény, hogy a Memorex Corporation két főtisztviselője egy sajtókonferencián a következő javaslatot tette[3/]: az elnök és a Kongresszus nevezzen ki egy külön bizottságot, hogy az az igazságügyminisztériumnak az IBM ellen inditott antitröszt-perében segitségére legyen, továbbá hogy vegye fontolóra az IBM feldarabolását és vizsgálja meg, miként lehetne korlátozni hatalmas erőforrásai felhasználását. Az IBM elleni eljárás már három éve huzódik és az IBM sikeresen gátolja annak előrehaladását.

Igaz, a Memorex nem "elfogulatlan", mert egyike azoknak a cégeknek, amelyek az IBM-t perbe fogták, de mindenesetre elgondolkoztató, hogy az IBM "image"-e ennyire leromlott, hogy az amerikai közvélemény mind szélesebb rétegeiben

---

3/ Memorex Chief Proposes Splitting-up of IBM.
The Financial Times, 1971.november 4, 26.1.

egyre kedvezőtlenebb kép alakul ki az üzleti sikernek és hatékonyságnak erről a valóságos szimbólumáról.

Mindebből helytelen és talán irreális is volna az IBM közvetlen jövőjére vonatkozóan elhamarkodott következtetéseket levonni. Az IBM elleni támadások azonban egybeesnek a multinacionális társaságokkal szemben folytatott harc kiéleződésével, s ezzel összefüggésben emlékeztetni kell arra, hogy ezek a nemzetközi vállalatbirodalmakkal rendelkező óriáskonszernek - s ilyen az IBM is - defenzivába szorultak s egyáltalán nem tartják kizártnak, hogy külföldi tevékenységüket korlátozzák.

/Egyéb forrás: IBM After Watson: Tougher Than Ever. Business Week, 1972.január 22, 62-69. l./

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

315.084

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET

KÖZLEMÉNYEK

1972

5

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET
AUTOMATION RESEARCH INSTITUTE OF THE HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
ORSCHUNGSINSTITUT FÜR AUTOMATION DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ВЕНГЕРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

BUDAPEST, XI., KENDE UTCA 13-17. HUNGARY • UNGARN • ВЕНГРИЯ

DISZKRÉT IDENTIFIKÁCIÓS MÓDSZEREK SZÁMITÓGÉPES VIZSGÁLATA

MÜSZAKI EGYETEMI DOKTORI DISSZERTÁCIÓ

Bányász Csilla

tudományos segédmunkatárs

1971

A kiadásért felelős:

Dr. Vámos Tibor

az MTA Automatizálási Kutató Intézet

igazgatója

Készült az Országos Müszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ

házi sokszorositójában. F.v: Janoch Gyula

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

Tartalomjegyzék

	oldal
Jelölések	5
Előszó	6
1. Bevezetés	8
2. A diszkrét identifikáció alapfeladatának megfogalmazása. Modellek. Zajhatások	16
3. Paraméterbecslő módszerek	23
3.1 Maximum likelihood becslés	24
3.2 Legkisebb négyzetes becslés	27
4. Diszkrét identifikáció módszerei az adatfeldolgozás szempontjából	28
4.1 Off-line módszerek	29
4.1.1 Legkisebb négyzetek módszere	29
4.1.2 Általánositott legkisebb négyzetes módszer	34
4.1.3 ÅSTROM-BOHLIN módszer	44
4.2 On-line módszerek	56
4.2.1 On-line legkisebb négyzetes becslés	56
4.2.2 Rekurziv általánositott legkisebb négyzetes módszer	61
4.2.3 ÅSTROM-BOHLIN módszer on-line változata sztochasztikus approximációval	65
4.3 Bemeneti zajhatás identifikálhatóságának vizsgálata	76
4.3.1 KOOPMANS-LEVIN módszer	77
5. Matematikai kisérletek	82

5.1 Az elkészült programok ismertetése 84

5.2 A módszerek összehasonlitása 1o9

6. Összefoglalás 111

7. Függelék 114

8. Irodalom 124

J E L Ö L É S E K

$\underline{\underline{\wedge}}$	definició, meghatározás folytán egyenlő
$\underline{\underline{A}}$, $\underline{\underline{B}}$,..	mátrixok
$\underline{\underline{A}}^T$, $\underline{\underline{B}}^T$,.	transzponált mátrixok
$\underline{p}$,$\underline{q}$,$\underline{x}$,.	oszlopvektorok
$\underline{p}^T$,$\underline{q}^T$,$\underline{x}^T$	sorvektorok
$\underline{\underline{\text{diag}}}[\cdot]$	diagonális négyzetes mátrix, [ ] -en belül a főátlóbeli elemek
$\underline{\nabla}$	nabla operátor (oszlop-differencia operátor)
$\underline{\nabla}_{\underline{x}}$	parciális oszlop-differenciáloperátor
$\lvert\underline{\underline{A}}\rvert = \det \underline{\underline{A}}$	az $\underline{\underline{A}}$ mátrix determinánsa
$\mathcal{L}$	LAPLACE-transzformált
$\mathcal{Z}$	z-transzformált
$\underline{\underline{I}}$	információs mátrix
$\underline{\underline{V}}$	variancia mátrix
$\underline{\underline{E}}$	egységmátrix
$\underline{\underline{J}}$	JACOBI-féle mátrix
$\underline{\underline{H}}$	HESSE-féle mátrix
$M\{.\}$	várható értékképzés
$\text{tr}\ \underline{\underline{A}}$	az $\underline{\underline{A}}$ mátrix nyoma

Előszó

Tanulmányaimat 1969-ben a Budapesti Müszaki Egyetemen fejeztem be. Az utolsó félévben hallgatott dr. Virág Lajos "Identifikáció" valamint Dr. Vámos Tibor "Nagy ipari folyamatok irányitása" c. tárgya alapján kezdtem el identifikációval foglalkozni. Diplomamunkámban is részben hasonló kérdéseket dolgoztam fel. Munkahelyemen az MTA Automatizálási Kutató Intézete Folytonos Folyamatok Irányitása Osztályán dr. Gertler János vezetése alatt álló csoportban identifikációs témát kaptam és jelen dolgozat ezen kutatómunka eredményének tekinthető.

Disszertációmban az utóbbi tiz évben egyre nagyobb hangsullyal jelentkező diszkrét identifikációs módszerek vizsgálatával foglalkozom, melyeknek elmélete az irodalomban már többé-kevésbé lezárt terület.

A számitógépes folyamatirányitás - mely több hazai iparág egyre sürgetőbb igénye - megköveteli azonban, hogy a folyamatirányitás első és alapvető lépését az identifikációt, kellő hozzáértéssel és tájékozottsággal tudjuk elvégezni. Fel kell készülni a már ismert módszerek elméleti alapjainak tisztázásával, programcsomagok elkészitésével a gyors, megbizható alkalmazásra. Annál is inkább lényeges ez, mivel a már kidolgozott módszerek konkrét alkalmazása során számos numerikus probléma adódik. A számitógépek segitségével mód nyilik arra, hogy ezeket a problémákat szimulációval, "matematikai kisérletek" segitségével megoldjuk, és a gyakorlati alkalmazáshoz közel álló mérési szituációkban tapasztalatokat szerezzünk.

Kutatómunkánk és ezen dolgozat célja, hogy olyan programcsomagot dolgozzunk ki, melyek diszkrét adathalmazok feldolgozására szolgálnak és tartalmazzák a leggyakoribb mérési szituációkat és azokat a módszereket, me-

lyek az ilyen tipusu adatfeldolgozás szempontjából a leghatékonyabbak. Ezen módszerek elméleti vizsgálódásaiban csak annyira mélyedtünk el, amennyire azok biztonságos alkalmazásához szükséges volt, és elzárkóztunk az identifikációs tématerület manapság divatos, a valóságtól elszakadt "elméletieskedő" szemléletétől.

Az igy kifejlesztett programcsomagok jól müködtek és a szimulációs mérési szituációkban sok olyan eredményt kaptunk, melyek az identifikáció elmélet területén is ujdonságnak számithatnak.

1. Bevezetés

A rendszer szintézis alapját képező rendszer identifikáció vagy matematikai modellezés széles területet ölel fel, melyet a különböző szerzők más-más aspektusból tárgyaltak. Az 1960-as évektől kezdődően figyelhető meg egy olyan irányzat kialakulása, mely részben az ipari mintavételes érzékelés, részben a számitógépes adatfeldolgozástól indittatva a diszkrét aspektusu módszerek kidolgozására törekedett, ugyanis olyan identifikációs algoritmusok váltak szükségessé, melyek ezen mérési szituációhoz és felhasználási igényekhez formailag, időbeli sebességben és tartalmilag illeszkednek. Tehát rendszerleirási és adatfeldolgozási szempontok döntik el a leghatásosabb algoritmus kiválasztását.

Általában egy adott fizikai folyamat matematikai modelljének meghatározására két ut lehetséges:

1./ a folyamat dinamikán vagy általános fizikai törvényeken alapuló fizikai-matematikai analizis és

2./ a kisérleti identifikáció, ahol a folyamatra vonatkozó alapvető információkat méréssel kapjuk.

A dolgozatban csak a kisérleti identifikációval foglalkozunk. A kisérleti identifikáció mérési és adatfeldolgozási feladatra bontható. A dolgozat célja az adatfeldolgozási oldal vizsgálata annak figyelembevételével, hogy az adatok kellő pontossággal történő mérése és továbbitása nem kis feladatot jelent, de az ezzel kapcsolatos szempontok ismertetése tulnő a dolgozat keretein.

A kisérleti identifikáció legáltalánosabb esete a "black-box" megközelités. Gyakorlatban azonban, amikor a mérnöki tapasztalattal egy durva analizis is együtt jár, akkor rendszerint nagyon értékes "apriori" információink lehetnek a vizsgált folyamatról, a matematikai modell legmegfelelőbb

alakjáról és talán még bizonyos paraméterek közelitő értékéről is.

Az alábbiakban röviden az identifikáció alapfeladatának matematikai megfogalmazásával és általános problémáival foglalkozunk. Teljes részletességre nem törekszünk, nem is törekedhetünk a dolgozat keretei között /lásd az irodalmat [8, 44] /, csupán az itt tárgyalásra kerülő identifikációs módszerekhez szükséges bevezető megfontolásokat tesszük meg, hogy elhelyezzük azokat az általános elmélet megfelelő területein.

A rendszer müködését leiró egyenlet általában:

$$\dot{\underline{x}} = \underline{f}\ (\underline{x},\ \underline{u},\ \underline{\alpha},\ t) \qquad /1.1/$$

alaku, ahol

$\underline{x}(t)$ - $(n\times 1)$ -es állapotvektor, fokszámára nézve megkötés az egyértelmü leirhatóság

$\underline{u}(t)$ - $(m\times 1)$ -es bemenő vektor $(m \leq n)$

$\underline{\alpha}$ - $(p\times 1)$ -es paramétervektor.

A mérés utján beszerezhető információ:

$$\underline{y} = \underline{g}\ (\underline{x},\ \underline{u},\ \underline{\alpha},\ t) \qquad /1.2/$$

$\underline{y}(t)$ - a rendszer $(k\times 1)$ -es kimenő vektora.

Az identifikáció alapproblémája, hogy az $\underline{y}(t)$ és $\underline{u}(t)$ -re vonatkozó mérési eredmények birtokában meg kell határozni $\underline{f}$ és $\underline{g}$ /általában nemlineáris/operációkat, melyek az /1.1/ és /1.2/ összefüggéseken keresztül $\underline{y}(t)$ és $\underline{u}(t)$ mennyiségeket egymással kapcsolatba hozzák az $\underline{x}(t)$ állapotvektor közbeiktatásával. Ez az általános becslési eljárás magába foglalhatja az $\underline{x}(t)$ állapotvektor becslésének meghatározását is, de vonatkozhat pusztán az $\underline{f}$ és $\underline{g}$ operációk milyenségének és a bennük szereplő $\underline{\alpha}$ paramétervektor-

nak a meghatározására is. Ezen a ponton csatlakozik tulajdonképpen a szigoruan vett identifikáció /paramétervektor becslés/ az optimális szürés, interpoláció és állapotvektor becslés problémájához.

A feladat eddigi megfogalmazása tulajdonképpen determinisztikus probléma. Valódi becslési problémák ott merülnek fel, ahol a rendszerek működése sztochasztikus környezetben megy végbe statisztikus jelek, zavarások jelenléte mellett. Ekkor a rendszeregyenletek a következőképpen módosulnak:

$$\dot{\underline{x}} = \underline{f}\ (\underline{x},\ \underline{u},\ \underline{\alpha},\ \underline{w},\ t) \qquad /1.3/$$

$$\underline{y} = \underline{g}\ (\underline{x},\ \underline{u},\ \underline{\alpha},\ \underline{v},\ t) \qquad /1.4/$$

ahol $\underline{w}(t)$ és $\underline{y}(t)$ véletlen folyamatok vektorai és statisztikus jellemzőik csak részben tekinthetők ismertnek. Tehát a rendszer identifikációt statisztikus becslési problémaként kell kezelni.

Az $\underline{f}$ és $\underline{g}$ identifikációja jelenti az un. "elsődleges struktura becslést". Ha "apriori" információk alapján ezt meg tudjuk oldani, akkor az identifikációs probléma a következő:

$$\dot{\underline{x}} = \underline{f}^{*}(\underline{x},\ \underline{u},\ \underline{\alpha},\ \underline{w},\ t) \qquad /1.5/$$

$$\underline{y} = \underline{g}^{*}(\underline{x},\ \underline{u},\ \underline{\alpha},\ \underline{v},\ t) \qquad /1.6/$$

ahol $\underline{f}^{*}$, $\underline{g}^{*}$ ismert tipusu operációk és $\underline{\alpha}$-t kell az $\underline{u}(t)$, $\underline{y}(t)$ alapján meghatározni. Az $\underline{\alpha}$ paramétervektor meghatározásakor merül fel az un. "másodlagos struktura becslés" problémája, vagyis az $\underline{\alpha}$ vektor rendjének eldöntése és az $\underline{\alpha}$ elemeinek numerikus meghatározása /paraméterbecslés/. $\underline{\alpha}$ rendjének meghatározása történhet "apriori" módon, bizonyos fokig azonban összefügg a paraméterbecsléssel, mivel $\underline{\alpha}$ rendjéről legtöbbször statisztikai próbák, konfidencia intervallumok alapján döntünk. Egy-egy módszeren belül

általában a másodlagos struktura becslés nem választható el a paraméterbecsléstől. Számos módszer viszont eleve feltételezi, hogy $\underline{\alpha}$ rendjéről "apriori" döntünk.

Lineáris rendszerek müködésük és igy leirásuk szerint is alapvetően folytonos és diszkrét rendszerekre oszthatók. Mindkét csoporton belül a lehetséges rendszerleirásokat és az azok közötti kölcsönösen egyértelmü kapcsolatokat KALMAN - ma már klasszikusnak tekinthető - munkáiban részletesen megvizsgálta [17,36] .

Mig a modern szabályozáselmélet analizis és szintézis módszerei /KALMAN-féle szürés, predikció, optimalizálás, stb/ általában az állapotteres leirást igénylik, a müszaki-mérnöki gyakorlat viszont az átviteli függvény mátrix fogalmát használja szivesebben. A kétféle leirás közötti áttérés végrehajtását számos szerző tárgyalta már, a feladat megoldottnak tekinthető. Ez mind a folytonos, mind a diszkrét rendszerek leirására /itt diszkrét állapotegyenletek, illetve impulzus átviteli mátrixok között/ egyaránt fennáll.

A lineáris rendszert folytonos leirás esetén az

$$\dot{\underline{x}}(t) = \underline{\underline{A}}(t)\,\underline{x}(t) + \underline{\underline{B}}(t)\,\underline{u}(t) \qquad /1.7/$$

$$\underline{y}(t) = \underline{\underline{C}}(t)\,\underline{x}(t) + \underline{\underline{D}}(t)\,\underline{u}(t) \qquad /1.8/$$

lineáris vektor differenciálegyenletek irják le. Az ismeretlen paramétereket az egyenletekben szereplő mátrixok tartalmazzák.

A lineáris rendszerek legfontosabb alosztályát jelentik az állandó paraméterü, időinvariáns rendszerek, ahol az /1.7/, /1.8/ egyenletek megfelelő mátrixai állandók.

$$\dot{\underline{x}}(t) = \underline{\underline{A}}\,\underline{x}(t) + \underline{\underline{B}}\,\underline{u}(t) \qquad /1.9/$$

$$\underline{y}(t) = \underline{\underline{C}}\,\underline{x}(t) + \underline{\underline{D}}\,\underline{u}(t) \qquad /1.10/$$

A komplex operátoros /s/ tartományban történő rendszerleirás információit az /1.9/, /1.10/-ből könnyen nyerhető átviteli függvénymátrix tartalmazza.

Mint már emlitettük a különböző mérési szituációkban általában diszkrét formában rendelkezésünkre álló mérési adatok, valamint a digitális számitógéppel történő /gyakran on-line/ adatfeldolgozás és kiértékelés következtében a figyelem a diszkrét rendszerleirás, vagyis a diszkrét folyamatmodellek felé irányult. Az /1.7/-/1.10/ által reprezentált modellek könnyen átirhatók diszkrét alakba, ha a folytonos t változó helyébe a kT-t irjuk, ahol T a mintavételezési intervallum és k egy egész szám. Jelen munkában a T mintavételezési időről feltételezzük, hogy állandó.

Ha feltételezzük, hogy a mintavételezési intervallum alatt $\underline{u}(t)$ állandó, ugy lineáris időinvariáns esetben az /1.9/ és /1.10/ egyenletek az

$$\underline{x}\left((k+1)\,T\right) = \underline{\underline{\Phi}}\,\underline{x}(kT) + \underline{\underline{\Delta}}\,\underline{u}(kT) \qquad /1.11/$$

$$\underline{y}\,(kT) = \underline{\underline{G}}\,\underline{x}(kT) + \underline{\underline{F}}\,\underline{u}(kT) \qquad /1.12/$$

vektor-differencia egyenletekké irhatók át. Ez utóbbi egyenletrendszer megoldása a mintavételi időpontokban megegyezik a megfelelő folytonos rendszer állapot egyenleteinek megoldásával.

Az /1.11/, /1.12/ leirásból az identifikáció céljaira gyakrabban használt impulzus átviteli mátrix leirás nyerhető /és viszont/, mely közvetlen kapcsolatban van a rendszert leiró differencia egyenletekkel [52]. Általá-

nos esetben ennek alakja:

$$\underline{\underline{AZ}}(z^{-1})\ \underline{y}(t) = \underline{\underline{BZ}}(z^{-1})\ \underline{u}(t) \qquad /1.13/$$

ahol $\underline{\underline{AZ}}$ - k-ad rendü polinomok mátrixa

$\underline{\underline{BZ}}$ - m-ed rendü polinomok mátrixa

z - a $\mathcal{Z}$ transzformációs változó.

A dolgozatban tárgyalt identifikációs módszerek ez utóbbi diszkrét leirási módhoz kapcsolódnak. Az /1.13/ egyenlet értelmezésével és lehetséges tipusaival a 2. fejezetben foglalkozunk.

Ezen leirási módok mellett a rendszeridentifikációs módszerek számos szempont szerint osztályozhatók.

Matematikai szempontból a kisérleti rendszeridentifikáció majdnem mindig funkcionálok szélsőértékkeresési feladata. A funkcionál alakját, melynek szélsőértékét kell keresnünk, a rendszeridentifikációra elfogadott kritériummal és a rendszer matematikai modelljével adjuk meg. Ezért az elfogadott identifikációs kritérium és a rendszer matematikai modelljének alakja minden módszer legfőbb sajátsága. Sőt, az optimalitás kritériuma azt is meghatározza, hogy az adott módszer milyen esetekben használható biztató sikerrel. A szélsőérték megkeresésére különböző számitási eljárást alkalmazhatunk. Ebből a szempontból a módszerek két nagy csoportra oszthatók. Az első csoportbeli módszereket közvetlen módszereknek nevezhetjük, melyek nem használják fel a rendszer matematikai modelljének fizikai realizációját, hanem egyszerüen ugy kezelik az identifikációt, mint egy matematikai szélsőérték-kereső problémát. A funkcionál alakjától függően vagy egy explicit matematikai összefüggést adnak az ismeretlen paraméterekre vagy különböző "hegymászó" és numerikus eljárásokat alkalmaznak.

A második csoportba tartoznak a modellbeállitó módszerek, melyek felhasználják a modell fizikai realizációját gyakran ugy, hogy analóg számitá-

si eljáráshoz kapcsolódnak.

Egy fizikai rendszer kisérleti identifikációja nagy mértékben függ a rendszer bemenőjel fajtájától, mely az ismeretlen rendszert gerjeszti. Ahol van mód a bemenőjel megválasztására, ott a választás lényegesen befolyásolhatja az identifikáció pontosságát, vagy egyszerüen az egész eljárást.

Összegezve elmondhatjuk, hogy a különböző identifikációs módszerek osztályozására a következő kritériumokat fogalmazhatjuk meg:

1. Mi a rendszeridentifikáció számára választott optimalitási kritérium
2. A rendszer matematikai modelljének milyen formáját vesszük tekintetbe
3. Milyen számitási eljárást alkalmazunk
4. Milyen fajtáju vagy formáju bemenőjelet alkalmazunk

Ezen lehetőségek kombinációjával a rendszeridentifikációra számos különböző módszert alakithatunk ki. A dolgozatban a leglényegesebb megkülönböztető szempontnak az 1., kritériumot fogjuk tekinteni és az egyes módszereket e szerint tárgyaljuk.

Megvizsgáljuk mindegyik módszernél a különböző mérési szituációkat, vagyis azt, hogy a rendszer melyik pontján és milyen zajhatások lépnek fel.

A dolgozat célja, a diszkrét identifikációs módszerek vizsgálata, ebből következik, hogy a felhasznált modellek is diszkrétek, valamint mérés utján diszkrét időpillanatokban állnak rendelkezésünkre az /1.1/ és /1.2/ képletben szereplő $\underline{u}(t)$ és $\underline{y}(t)$ értékek. Az általunk használt diszkrét modell az impulzusátviteli függvénymátrix, mely szükség esetén a már emlitett [8,44] irodalmak alapján más leirási módokba könnyen konvertálható.

Meg kell jegyeznünk még, hogy az adatfeldolgozás szempontjából megkülönböztetünk on-line és off-line aspektusu identifikációt. Off-line aspektusu az identifikáció, ha az adatok $(\underline{u}(t), \underline{y}(t), t=1,2,\ldots,N)$ egyidejü jelenlevőségére épül; on-line, ha a mérésnek megfelelően az ujabb adat megjelené-

sekor korrigálja a becslés eredményét.

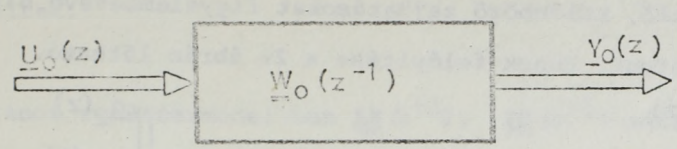
Lényeges különbség a két elv között a számitógép memória és számolási időigény, valamint az időben változó paraméterek becslése tekintetében lehet.

2. A diszkrét identifikáció alapfeladatának megfogalmazása. Modellek. Zajhatások.

A kisérleti rendszeridentifikáció célja egy folyamat matematikai modelljének mérések utján történő meghatározása [32] . A gyakorlatban sokszor találkozunk ilyen feladattal, amikor egy müködő folyamat be- és kimenőjelének /regisztrált vagy mintavételezett/ értékei alapján kell megállapitanunk a folyamat paramétereit és strukturáját. A tárgyalásra kerülő identifikációs módszereknél az elsődleges strukturabecslés problémáját megoldottnak tekintjük, lineáris, időinvariáns rendszereket vizsgálunk. Az alkalmazott különböző folyamatmodellek ezen rendszerek alosztályait fogják jelenteni, melyek vizsgálata és identifikációval történő meghatározása a számitógépes folyamatirányitás szempontjából lényeges probléma, ugyanis az irányitási algoritmusok, optimalizáló eljárások pontossága leginkább a folyamatmodellek pontosságától függ. Másrészt általános az a törekvés, hogy a mérési adatokban rejlő információt a folyamat müködését pontosan leiró matematikai modellbe foglaljuk össze.

A bevezetőben a dolgozat témáját illetően tett leszükitések értelmében a folyamat diszkrét modelljének identifikációját a rendszer bemenő és kimenő jeleinek mintavételezett mérési sorozatából kivánjuk végrehajtani. Vizsgálataink szempontjából a T mintavételezési időközt egységnyinek tekintve a diszkrét idejüség kifejezésére /mivel folytonos leirási móddal sehol nem foglalkozunk/ a t argumentumot használjuk, ahol t egész tipusu változó $0,1,2,\ldots,N$ értékeket vehet fel a $0T$, $1T$, $2T,\ldots,NT$ mintavételi időpontoknak megfelelően. /A t=0 időpillanat a vizsgálatok kezdetét jelenti/.

Egy többváltozós folyamat impulzus átviteli függvénymátrixszal történő diszkrét leirása az 1. ábra szerint történhet.



1. ábra

Itt (*) $\underline{U}_o(z)$ a rendszer bemenővektorának, míg $\underline{Y}_o(z)$ a rendszer kimenő vektorának $\mathcal{Z}$-transzformáltját jelenti.

Az $\underline{U}_o(z)$ és $\underline{Y}_o(z)$ $\mathcal{Z}$-transzformáltak közötti függvénykapcsolatot a $\underline{\underline{W}}(z^{-1})$ impulzus átviteli függvénymátrix hozza létre.

Az 1. ábrán látható rendszerleirás hátránya, hogy belőle közvetlenül igen körülményesen nyerhetők a be- és kimenőjelek közötti kapcsolatot leiró differencia egyenletek. Ennek kiküszöbölésére a bevezetőben már emlitett, következő leirási módot használják legelterjedtebben.

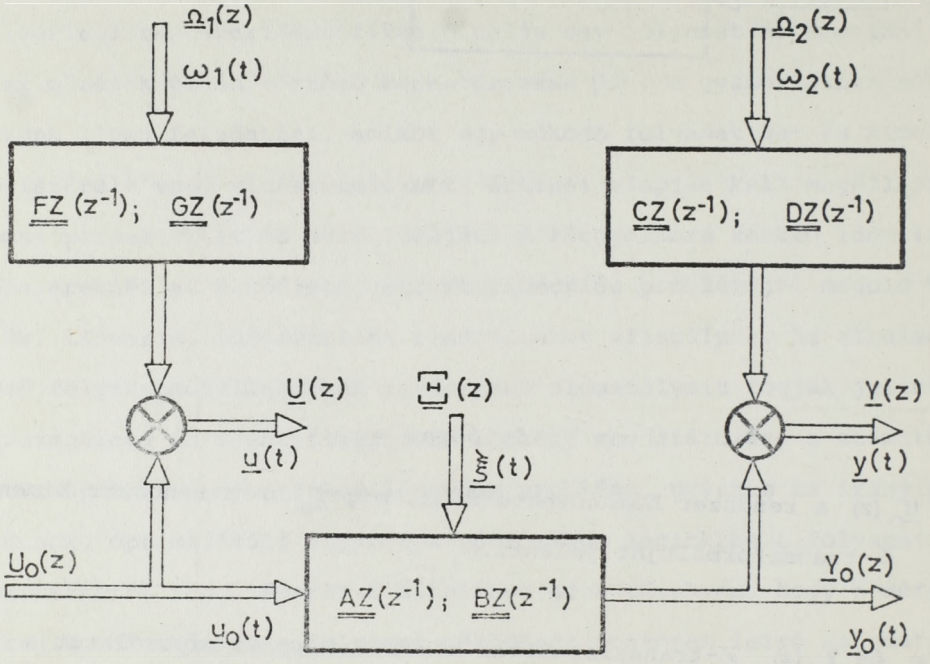
$$\underline{\underline{AZ}}(z^{-1})\ \underline{y}(t) = \underline{\underline{BZ}}(z^{-1})\ \underline{u}(t) \qquad /2.1/$$

Itt $\underline{\underline{AZ}}$ és $\underline{\underline{BZ}}$ z^{-1} polinomjaiból áll. Ennek következtében a z^{-1} operáció fi-

---

(*) A diszkrét identifikáció irodalmában a dinamikus operátorok argumentumát általában a z^{-1} "hátrafelé toló" operátorral jelölik, mig a jelek transzformáltjainak argumentuma z.

gyelembevételével az $\underline{y}(t)$ és $\underline{u}(t)$ vektorokra a differenciaegyenlet könnyen felirható. A /2.1/ rendszerleirás segitségével a legáltalánosabb mérési szituációknak is megfelelő, különböző zajhatásokat figyelembevevő diszkrét folyamatmodellt alkothatunk. Ennek felépitése a 2. ábrán látható.



2. ábra

Az ábrán

$\underline{u}_o(t)$ - a bemenőjelek zajmentes vektora, $\underline{U}_o(z)$ annak $\mathcal{Z}$-transzformáltja;

$\underline{y}_o(t)$ - a kimenőjelek zajmentes vektora, $\underline{Y}_o(z)$ annak $\mathcal{Z}$-transzformáltja;

$\underline{u}(t)$ - a bemeneti vektor zajjal terhelt méréseinek vektora, $\underline{U}(z)$ annak $\mathcal{Z}$-transzformáltja;

$\underline{y}(t)$ - a kimeneti vektor zajjal terhelt méréseinek vektora, $\underline{Y}(z)$ annak $\mathcal{Z}$-transzformáltja;

$\underline{\xi}(t)$ - a folyamat paraméterinek kvázistacionárius változását okozó hatások vektora;

$\underline{\omega}_1(t)$ - a bemenőjelek mérésében jelentkező zajokat okozó független, véletlen jelek /fehér zajok/ $\underline{0}$ várható értékü egységnyi szórásmátrixu vektora.

$\underline{\omega}_2(t)$ - a kimenőjelek mérésében jelentkező zajokat okozó független véletlen jelek /fehér zajok/ $\underline{0}$ várható értékü egységnyi szórásmátrixu vektora.

Az $\underline{\omega}_1(t)$ és $\underline{\omega}_2(t)$ -ről feltételezzük a statisztikus függetlenséget. Ezek a vektorok a bemenőjelektől is függetlenek. $\underline{\Omega}_1(z)$ és $\underline{\Omega}_2(z)$ a megfelelő $\mathcal{Z}$ -transzformáltak.

Az általános rendszermodellben $\underline{\underline{AZ}}(z^{-1})$, $\underline{\underline{BZ}}(z^{-1})$ mátrixok a /2.1/ egyenletnek megfelelően a folyamat valódi be- és kimenőjelei közötti kapcsolatot hozzák létre. Az $\underline{\underline{FZ}}(z^{-1})$, $\underline{\underline{GZ}}(z^{-1})$ mátrixok segitségével az $\omega_1(t)$ jelből, a $\underline{\underline{CZ}}(z^{-1})$, $\underline{\underline{DZ}}(z^{-1})$ mátrixok segitségével pedig az $\omega_2(t)$-ből a be- és kimenetre ható tetszőleges /szines, korrelált/ zaj reprezentálható. Ezen rendszermodell általánosságát csupán az korlátozza, hogy a ki- és bemeneti zajok korreláltságát nem veszi figyelembe.

Megjegyezzük, hogy a 2. ábrán látható rendszernél bonyolultabb zajhatásokat tartalmazó eseteket a dolgozatban nem vizsgálunk, ezekre vonatkozóan [53] irodalomra utalunk.

A legtöbb módszer a 2. ábránál egyszerübb zajhatásokat vesz figyelembe, ezeket az egyes módszereknél részletesen ismertetjük.

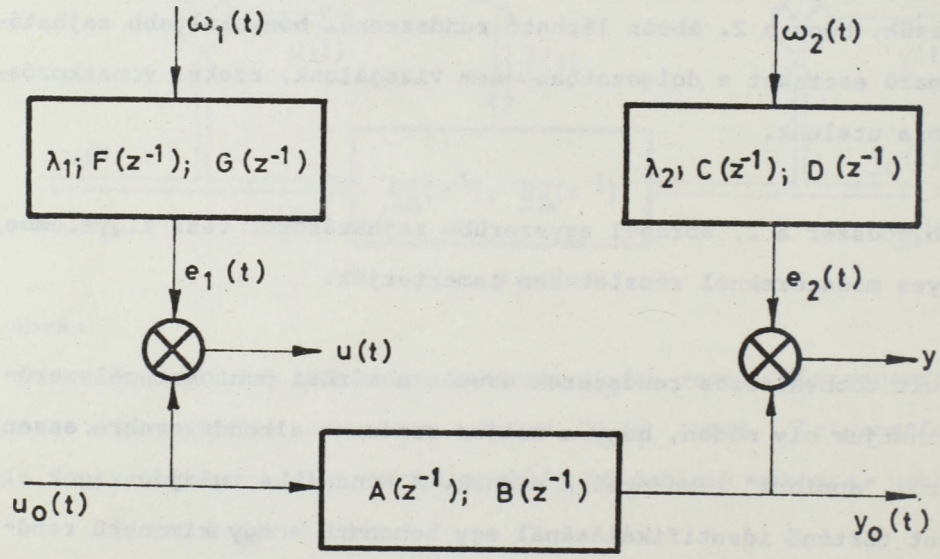
A bonyolult többváltozós rendszerek esetén a mérési pontokat célszerüen megválaszthatjuk oly módon, hogy a teljes rendszer alrendszerekre essen szét, melyekről "apriori" ismereteink vannak. A dinamikus tulajdonságok alrendszerenként történő identifikálásánál egy bemenetü - egy kimenetü rendszerekre korlátozódhatunk, mivel a szuperpozició alkalmazásával ezekből a többváltozós rendszer összeállitható. Az alrendszerek identifikálása után olyan blokkvázlathoz jutunk, melynek alapján a szabályozási algoritmusok már jól alkalmazhatók.

Amennyiben a mérési pontok emlitett megválasztása nem lehetséges és igy a rendszer nem identifikálható alrendszerenként, abban az esetben az identifikációs algoritmust több - egymással párhuzamosan müködő és nyilvánvalóan kölcsönhatásban levő - algoritmusra tagolhatjuk, amelyek tulaj-

donképpen az alrendszereknek felelnek meg. Az ilyen tipusu algoritmusok általában tömör, mátrixos leirást igényelnek, lásd például a 2. ábra modelljét.

A dolgozatban a továbbiakban csak egy bemenetü - egy kimenetü rendszereket vizsgálunk, bár a tárgyalt módszerek nem jelentenek korlátot és többváltozós esetre történő kiterjesztésük az előbbiek szerint könnyen elvégezhető.

A 2. ábra szerinti általános folyamatmodell egy bemenetü - egy kimenetü esetben a 3. ábrán láthatóra redukálódik, a vizsgálatainkban egyelőre eltekintünk a $\underline{\xi}$ (t) hatásától, azaz a paraméterek változásától.



3. ábra

A 3. ábrán jelölt változók a második ábra vektorváltozóinak skalár megfelelői, igy értelmezésük is a 2. ábra szerinti. Eltérést csupán az jelent, hogy a 3. ábrán feltüntettük a mérési zajokat közvetlenül jelentő $e_1(t)$ és $e_2(t)$ véletlen jeleket, valamint az ezek szórását jelentő λ_1 és λ_2 paramétereket. A 3. ábrán $A(z^{-1})$, $B(z^{-1})$, $C(z^{-1})$, $D(z^{-1})$, $F(z^{-1})$, $G(z^{-1})$ a z^{-1} polinomjai:

$$A(z^{-1}) = 1 + a_1 z^{-1} + \ldots a_n z^{-n}$$

$$B(z^{-1}) = b_o + b_1 z^{-1} + \ldots b_m z^{-m} \qquad n \geq m$$

$$C(z^{-1}) = 1 + c_1 z^{-1} + \ldots + c_k z^{-k} \qquad k \leq l$$

$$D(z^{-1}) = 1 + d_1 z^{-1} + \ldots + d_l z^{-l}$$

$$F(z^{-1}) = 1 + f_1 z^{-1} + \ldots + f_p z^{-p}$$

$$G(z^{-1}) = 1 + g_1 z^{-1} + \ldots + g_q z^{-q} \qquad p \leq q \qquad /2.2/$$

Az $a_o \equiv 1$ választással a minimálisan szükséges paraméter számot biztositjuk; a $c_o = d_o = f_o = g_o = 1$ választással pedig azt érjük el, hogy a be- és kimeneti zaj szórását csak a λ_1 és λ_2 paraméterekkel reprezentálhassuk. / [31] irodalom alapján $e_1(t)$, $e_2(t)$ szórása egyenesen arányos a λ_1 és λ_2 értékekkel/. Azért, hogy a rendszer degeneráltsága ne okozzon problémát az identifikációnál, feltételezzük, hogy a megfelelő polinomoknak páronként nincs közös osztójuk. Megjegyezzük még, hogy a B polinom első $b_o, b_1, b_2, \ldots, b_i$ együtthatója lehet 0, ez esetben a rendszer időkésését /holtidő/ a mintavételi intervallum egész számu többszöröseként tudjuk figyelembe venni.

A fenti jelölések mellett a rendszert leiró egyenlet a következő:

$$A(z^{-1})\, y(t) = B(z^{-1})\,[u(t) \quad e_1(t)] + A(z^{-1}) e_2(t)$$

$$G(z^{-1})\, e_1(t) = \lambda_1 F(z^{-1})\, \omega_1(t)$$

$$D(z^{-1})\, e_2(t) = \lambda_2 C(z^{-1})\, \omega_2(t) \qquad /2.3/$$

A /2.2/ polinomok, a /2.3/ rendszeregyenletek, valamint a z^{-1} operátor hatásának figyelembevételével a rendszer differencia egyenletei:

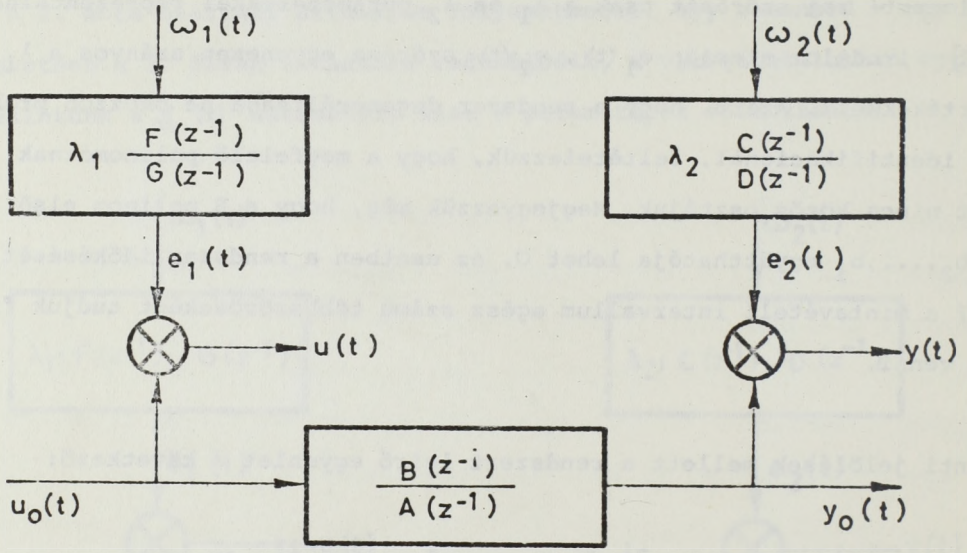
$$y(t) = -\sum_{i=1}^{n} a_i y_o(t-i) + \sum_{i=0}^{m} b_i u_o(t-i) + e_2(t) = -\sum_{i=1}^{n} a_i y(t-i) +$$

$$+ \sum_{i=0}^{m} b_i u(t-i) - \sum_{i=0}^{m} b_i e_1(t-i) + \sum_{i=1}^{n} a_i e_2(t-i) + e_2(t)$$

$$e_1(t) = \lambda_1 \sum_{i=1}^{p} f_i\, \omega_1(t-i) - \sum_{i=1}^{q} g_i e_1(t-i) + \lambda_1 \omega_1(t)$$

$$e_2(t) = \lambda_2 \sum_{i=1}^{k} c_i\, \omega_2(t-i) - \sum_{i=1}^{l} d_i e_2(t-i) + \lambda_2 \omega_2(t) \qquad /2.4/$$

A /2.3/ rendszeregyenletek szerint a 3. ábra rendszermodellje a 4. ábrán láthatóval ekvivalens.



4. ábra

Az ábrán a dinamikát már impulzus átviteli függvények jelölik. Az ennek megfelelő felirásu rendszeregyenlet alakja a következő:

$$y(t) = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})}\left[u(t) - \lambda_1 \frac{F(z^{-1})}{G(z^{-1})}\,\omega_1(t)\right] +$$

$$+ \lambda_2 \frac{C(z^{-1})}{D(z^{-1})}\,\omega_2(t) \qquad /2.5/$$

A dolgozatban a 4. ábrán látható rendszermodell paramétereinek identifikálására szolgáló különböző módszerekkel foglalkozunk.

3. Paraméterbecslő módszerek

Egy dinamikus modell paramétereinek becslése legtöbb esetben egy algebrai modell paramétereinek becslésére vezethető vissza [8, 10, 46]. A becslési problémák legtöbbje az

$$y = f(\underline{x}, \underline{k}) + \varepsilon \qquad /3.1/$$

algebrai modellre vezethető vissza, ahol $\underline{k} = [k_1, k_2, \ldots, k_p]^T$ a paraméterek vektora, az $\underline{x} = [x_1, x_2, \ldots, x_n]^T$ pedig a bemenetek vagy egyes esetekben az azokból képezhető függvényösszetevők vektora. /Itt és a továbbiakban T felső indexszel a transzponálást fogjuk jelölni/. A /3.1/-ben szereplő skalár ε a megfigyelt y kimenet és az $f(\underline{x},\underline{k})$ modell kimenet közötti eltérés, szokásos elnevezése reziduális hiba. Amennyiben az elsődleges struktura becslés pontos, ugy helyes identifikáció esetén ε csak véletlen jellegü hatásokat tartalmaz és várható értéke zérus. Ha az elsődleges struktura becslés nem pontos, tehát $f(\underline{x},\underline{k})$ torzitott modell, ugy ε-ban nemcsak véletlen, hanem rendszeres hibaösszetevők is fellépnek.

Jelöljük az y megfigyelt értékeit $y_1, y_2, \ldots, y_N$-el, az $\underline{x}$ megfelelő megfigyeléseit pedig $\underline{x}_1, \underline{x}_2, \ldots \underline{x}_N$-el. A klasszikus paraméterbecslési probléma a $\underline{k}$ paramétervektor $\hat{\underline{k}}$ becslésének meghatározása oly módon, hogy $f(\underline{x},\hat{\underline{k}})$ a legjobban illeszkedjen a megfigyelt y_i értékekhez valamilyen optimalitási kritérium értelmében.

A különböző statisztikai becslési módszerek egyrészt ezen minőségi kritérium milyensége, másrészt a reziduális hibáról való "apriori" ismeretek alapján osztályozhatók. Jelen keretek között nem foglalkozunk részletesen a lehetséges becslési módszerekkel, csupán a disszertációban alkalmazott módszerek főbb jellegzetességeit foglaljuk össze.

3.1. Maximum likelihood becslés

Tartalmazza az $\underline{y}=[y_1,y_2,\ldots,y_N]^T$ valamint $\underline{x}_1,\underline{x}_2,\ldots,\underline{x}_N$ mért értékeknél egy adott $\underline{\hat{k}}$ együttható vektornál a reziduális hibákat az $\underline{\varepsilon}=[\varepsilon_1,\varepsilon_2,\ldots,\varepsilon_N]^T$ vektor. A maximum likelihood /továbbiakban ML/ módszernél a paramétervektor $\underline{\hat{k}}$ becslését ugy határozzuk meg, hogy az maximalizálja az $\underline{\varepsilon}$ hibavektor N elemének együttes valószinüségi sürüségét, azaz annak valószinüségét, hogy adott $\underline{x}_1,\underline{x}_2,\ldots,\underline{x}_N$ és $y_1,y_2,\ldots,y_N$-nél a /3.1/ segitségével számitott $\underline{\varepsilon}$ maximális valószinüséggel megegyezzék a valódi véletlen hibával. Az ML módszernél tehát a $p(\underline{\varepsilon}|\underline{k})$ feltételes valószinüségi sürüségfüggvényt kell maximalizálni.

Az 1L módszer hátránya, hogy a likelihood függvényt csak a sürüségfüggvény /eloszlásfüggvény/ "apriori" ismeretében konstruálhatjuk meg. 1int látni fogjuk a gyakorlatban legtöbbször előforduló normális eloszlás esetén ez a megkötés nem jelent lényeges hátrányt.

A likelihood függvény általában nem lineáris függvénye a paramétereknek és a segitségével kapott becslés torzitottsága, konzisztenciája és egyéb aszimptotikus tulajdonsága az eloszlás milyenségétől függ.

Ha feltételezzük, hogy $\underline{\varepsilon}$ normális eloszlásu vektorváltozó, ugy valószinüségi sürüségfüggvénye a következő:

$$p(\underline{\varepsilon}|\underline{k}) = (2\pi)^{-\frac{N}{2}} |\underline{\underline{Z}}|^{-\frac{1}{2}} \exp\{-\frac{1}{2}\underline{\varepsilon}^T\underline{\underline{Z}}^{-1}\underline{\varepsilon}\} \qquad /3.2/$$

ahol

$$\underline{\underline{Z}} = M\{\underline{\varepsilon}\,\underline{\varepsilon}^T\} \qquad /3.3/$$

azaz a zaj kovariancia mátrixa. Itt $|\ |$-vel a determinánst, $M\{.\}$ -el a matematikai várható értéket jelöltük.

A $p(\underline{\varepsilon}|\underline{k})$ feltételes valószinüségi sürüség helyett legtöbbször annak természetes alapu logaritmusát, az $L(\underline{k}) = \ln p(\underline{\varepsilon}|\underline{k})$ likelihood függvényt maximalizálják éppen a /3.2/ tipusu sürüségfüggvényekre való tekintettel.

Normális eloszlásnál a likelihood függvény tehát

$$L(\underline{k}) = -\frac{N}{2} \ln 2\pi - \frac{1}{2} \ln |\underline{\underline{Z}}| - \frac{1}{2} \underline{\varepsilon}^T \underline{\underline{Z}}^{-1} \underline{\varepsilon} \qquad /3.4/$$

Az $L(\underline{k})$ maximumát ezek szerint az egyenértékü

$$Q(\underline{k}) = \underline{\varepsilon}^T \underline{\underline{Z}}^{-1} \underline{\varepsilon} = \min_{\underline{k}} \qquad /3.5/$$

feltételből is biztosithatjuk.

Az előzőkben összefoglalt módszer akkor érvényes, ha a paraméterekre nem áll fenn korlátozás, ilyen korlátozás fennállásakor a /3.5/ minimalizálást korlátozás mellett kell elvégezni.

Az ML módszerrel kapcsolatban lényeges szerepe van az

$\underline{\underline{I}} = M\{\underline{g}\,\underline{g}^T\}$ FISHER-féle un. információs mátrixnak, ahol

$$\underline{g} = \frac{1}{L(\underline{k})} \nabla_{\underline{k}} L(\underline{k}) = \frac{1}{L(\underline{k})} \frac{dL(\underline{k})}{d\underline{k}} \qquad /3.6/$$

/Az $\underline{\underline{I}}$ mindig pozitiv definit mátrix/.

Itt könnyen belátható, hogy

$$\underline{\underline{I}} = \left[M\left\{ - \frac{\partial^2 \ln L(\underline{k})}{\partial k_i \, \partial k_j} \right\} \right] \qquad /3.7/$$

Ha $\hat{\underline{k}}$ a valódi $\underline{k}$ paraméterek egy torzitatlan becslése és

$$M\{(\hat{\underline{k}} - \underline{k})(\hat{\underline{k}} - \underline{k})^T\} = \underline{\underline{K}} \qquad /3.8/$$

akkor a CRAMER-RAO tétel általánositása szerint tetszőleges $\underline{z}$ vektorra:

$$\underline{z}^T \underline{\underline{K}} \underline{z} \geq \underline{z}^T \underline{\underline{I}}^{-1} \underline{z} \qquad /3.9/$$

A tételnek többféle megfogalmazása is ismeretes még; /3.9/ azt jelenti, hogy tetszőleges $\hat{\underline{k}}$ becslés szórási ellipszoidja magába foglalja az $\underline{\underline{I}}^{-1}$-el képzett szórási ellipszoidot. Ez azt is jelenti, hogy k_i szórásnégyzetének elméleti alsó határa $\underline{\underline{I}}^{-1}$ -nek az i-edik diagonális eleme. Ha egy paraméterbecslés szórási ellipszoidja az információs határ szórási ellipszoidjával egybeesik, a becslést hatásosnak nevezzük. /A becslés egyéb jellemzőinek, konzisztencia, torzitottság, aszimptotika, efficiencia definicióját tekintve az irodalomra utalunk [38, 41, 49]./ Ha $\underline{k}$-ra létezik valamely elégséges statisztika, az ML becslés elégséges lesz és igen általános feltételek mellett aszimptotikusan hatásos és torzitatlan [38], vagyis nagy minták esetén az ML becslés a paraméterek valódi értékét minimális varianciával /szórásnégyzettel/ becsüli. Kis mintákra a becslés általában nem torzitatlan, de az elégséges statisztika létezése esetén az egyetlen minimális /elérhető/ varianciáju becslést adja a paraméterekre. Kis minták esetén a becslés a torzitás ellenére általában tendál a valódi paraméterértékekhez, mert a szórás általában nagyobb, mint a torzitás.

Az ML becslési módszer további általános problémáit illetően a [38], [49] irodalomra utalunk.

3.2 Legkisebb négyzetes becslés

Ha a kimeneti zaj, azaz ε_i korrelálatlan, ugy /3.5/ egyszerüsödik. Legyen ugyanis ekkor

$$M\ \{\underline{\varepsilon}\ \underline{\varepsilon}^T\} = \underline{\underline{Z}} = \underline{\underline{diag}}[\sigma_1^2, \sigma_2^2, \ldots, \sigma_N^2], \qquad /3.10/$$

bevezetve a

$$\underline{\underline{Z}}^{-1} = \underline{\underline{W}} = \underline{\underline{diag}}\left[\frac{1}{\sigma_1^2}, \frac{1}{\sigma_2^2}, \ldots, \frac{1}{\sigma_N^2}\right] \qquad /3.11/$$

jelölést, az ML módszer szerinti minimális szórásu becslést az együtthatókra a

$$Q_w(\underline{k}) = \underline{\varepsilon}^T\ \underline{\underline{W}}\ \underline{\varepsilon} = \min_{\underline{k}} \qquad /3.12/$$

feltétel biztositása adja. Itt σ_i^2 - el az ε_i reziduális hiba szórásnégyzetét jelöltük.

Ha feltételezzük továbbá, hogy a kimeneti szórás az időtől függetlenül állandó, azaz a mérések egyenlő pontosságuak, vagyis

$$\underline{\underline{Z}} = \sigma^2\ \underline{\underline{E}}, \qquad /3.13/$$

akkor a minimális szórásu becslést a

$$Q_L(\underline{k}) = \underline{\varepsilon}^T\ \underline{\varepsilon} = \min_{\underline{k}} \qquad /3.14/$$

feltétel jelenti.

Az utóbbi módszert legkisebb négyzetek /LKN/ módszerének is nevezik. Fontos tehát megjegyezni, hogy a széleskörben elterjedt LKN becslés csak normális eloszlás és egyenlő pontosságu mérések esetén ad minimális szórásu becslést.

A /3.12/-ből következik, hogy az $\underline{\varepsilon}^T\ \underline{\underline{W}}\ \underline{\varepsilon}$ minimalizálandó célfüggvény-

nyel rendelkező un. sulyozott LKN módszer csak $\underline{\underline{W}} = \underline{\underline{Z}}^{-1}$ esetén ad minimális szórásu becslést.

4. Diszkrét identifikáció módszerei az adatfeldolgozás szempontjából

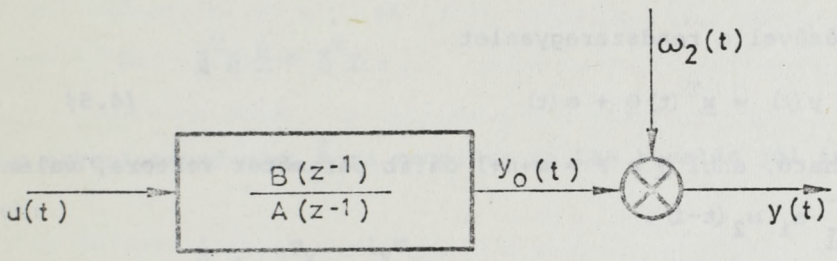
Mint már a bevezetőben emlitettük az adatfeldolgozás szempontjából off-line és on-line identifikációt különböztetünk meg. Off-line esetben egyidejüleg áll rendelkezésünkre az összes mérési adat és ezen adathalmaz állandó felhasználásával végezzük a becslést, mig on-line esetben az egyes ujabb mérésekkel a becsléseket mindig ujra felujitjuk. Ebből is látható, hogy az off-line számitási eljárás rendkivül nagy tömegü adathalmaz mozgatását jelentheti. On-line esetben ez nem jelentkezik, ott viszont az identifikációs algoritmus bonyolultságát illetően lehetnek megkötések, illetőleg arra vonatkozóan, hogy a becslések felujitását elvégezhessük két mintavétel között.

Feladattól függően válhat szükségessé az off-line vagy az on-line számitási mód. A következőkben a disszertációban szereplő módszerek off-line és on-line változatait vizsgáljuk és használatukra vonatkozóan következtetéseket vonunk le.

4.1. Off-line módszerek

4.1.1. Legkisebb négyzetek módszere

A legkisebb négyzetek módszere becslési sajátságai vizsgálatához vegyük fel az 5. ábrán látható rendszermodellt.



5. ábra

Az ábrán az u(t) bemenőjel hiba nélkül történő mérését tételeztük fel. A kimeneten ható $\omega_2(t)$ zavarójelről viszont feltételezzük, hogy fehér zaj, 0 várható értékü, σ_{ω_2} szórása pedig az időtől függetlenül állandó.

A rendszer egyenlete:

$$y(t) = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})} u(t) + \omega_2(t) \qquad /4.1/$$

A /4.1/-nek megfelelő differencia egyenletes alak:

$$y(t) = \sum_{i=0}^{m} b_i u(t-i) - \sum_{i=1}^{n} a_i y(t-i) + \omega_2(t) + \sum_{i=1}^{n} a_i \omega_2(t-i) \qquad /4.2/$$

Az

$$\underline{x}(t) = [-z^{-1}y(t), -z^{-2}y(t), \ldots, -z^{-n}y(t), u(t), z^{-1}u(t), \ldots, z^{-m}u(t)]^T \qquad /4.3/$$

$$\underline{\theta} = [a_1, a_2, \ldots, a_n, b_o, b_1, \ldots, b_m] \qquad /4.4/$$

vektorok bevezetésével a rendszeregyenlet

$$y(t) = \underline{x}^T(t)\,\underline{\theta} + e(t) \qquad /4.5/$$

alakban is felirható, ahol $\underline{\theta}$ a P = m+n+1 darab paraméter vektora, valamint $e(t) = \omega_2(t) + \sum_{i=1}^{n} a_i\, \omega_2(t-i)$.

N számu mérésre vonatkozó egyenlet a következőképpen irható fel mátrixos alakban, ha az

$$\underline{y} = [y(t), y(t+1), \ldots, y(t+N)]^T \qquad /4.6/$$

$$\underline{\underline{X}} = [\underline{x}(t), \underline{x}(t+1), \ldots, \underline{x}(t+N)]^T \qquad /4.7/$$

$$\underline{e} = [e(t), e(t+1), \ldots, e(t+N)]^T \qquad /4.8/$$

jelöléseket bevezetjük,

$$\underline{y} = \underline{\underline{X}}\,\underline{\theta} + \underline{e} \,. \qquad /4.9/$$

Itt $\underline{y}$ (Nxl)-es, $\underline{e}$ (Nxl)-es, $\underline{\theta}$ (Pxl)-es vektorok, az $\underline{\underline{X}}$ (NxP)-s méretü mátrix.

A fenti előfeltételek fennállása esetén a /3.14/ kifejezésnek megfelelően, figyelembevéve, hogy a residuális hibavektor itt

$$\underline{e} = \underline{y} - \underline{\underline{X}}\,\hat{\underline{\theta}} \,, \qquad /4.10/$$

minimalizálni kell a

$$\Omega_L(\hat{\underline{\theta}}) = \underline{e}^T\underline{e} = (\underline{y} - \underline{\underline{X}}\,\hat{\underline{\theta}})^T(\underline{y} - \underline{\underline{X}}\,\hat{\underline{\theta}}) \qquad /4.11/$$

kifejezést $\underline{\hat{\theta}}$ szerint. Itt $\underline{\hat{\theta}}$-val a $\underline{\theta}$ becsült értékét jelöltük.

Könnyen levezethető, hogy /4.11/ $\underline{\hat{\theta}}$ szerinti gradiense

$$\frac{dQ_L(\underline{\hat{\theta}})}{d\underline{\hat{\theta}}} = 2\,\underline{\underline{X}}^T\,(\underline{y} - \underline{\underline{X}}\,\underline{\hat{\theta}}) \qquad /4.12/$$

A szélsőérték szükséges feltételének biztositásához a /4.12/ egyenlet $\underline{0}$-val egyenlővé téve kapjuk a $\underline{\hat{\theta}}$ paraméterre vonatkozó GAUSS-féle normálegyenletrendszert:

$$\underline{\underline{X}}^T\underline{\underline{X}}\,\underline{\hat{\theta}} = \underline{\underline{X}}^T\underline{y}\ . \qquad /4.13/$$

Az egyenletrendszert $\underline{\hat{\theta}}$-ra megoldva az LKN becslés jól ismert képletét kapjuk:

$$\underline{\hat{\theta}} = (\underline{\underline{X}}^T\underline{\underline{X}})^{-1}\underline{\underline{X}}^T\underline{y}, \qquad /4.14/$$

melyet a /4.1/ modellre KALMAN-féle becslésnek neveznek. Az $\underline{\underline{X}}^T\underline{\underline{X}}$ regularitásának szükséges feltétele, hogy $N \geq P$ legyen.

A /4.14/ megoldás /4.11/ minimumának nemcsak szükséges, hanem elégséges feltételét is jelenti, mivel a $\underline{\hat{\theta}}$ szerinti második deriváltak HESSE-féle mátrixa pozitiv definit mátrix. Ez a mátrix ugyanis az LKN módszernél az

$$\underline{\underline{I}} = \frac{1}{\sigma^2}\,\underline{\underline{X}}^T\underline{\underline{X}} \qquad /4.15/$$

információs mátrixszal egyezik meg.

A /4.14/ összefüggésben $\underline{y}$ helyére beirva a /4.9/ kifejezést

$$\underline{\hat{\theta}} = (\underline{\underline{X}}^T\underline{\underline{X}})^{-1}\underline{\underline{X}}^T(\underline{\underline{X}}\,\underline{\theta} + \underline{e}) =$$

$$= (\underline{\underline{X}}^T\underline{\underline{X}})^{-1}\underline{\underline{X}}^T\underline{\underline{X}}\,\underline{\theta} + (\underline{\underline{X}}^T\underline{\underline{X}})^{-1}\underline{\underline{X}}^T\underline{e} = \underline{\theta} + (\underline{\underline{X}}^T\underline{\underline{X}})^{-1}\underline{\underline{X}}^T\underline{e} \qquad /4.16/$$

Innen láthatjuk, hogy /4.14/ csak abban az esetben adja $\underline{\Theta}$ torzitatlan becslését, ha az

$$M\ \{(\underline{\underline{X}}^T\underline{\underline{X}})^{-1}\underline{\underline{X}}^T\underline{e}\} = \underline{0} \qquad /4.17/$$

feltétel teljesül.

Az 5. ábrára tett feltételezésekkel a /4.17/ nem teljesül, tehát ilyen modellre a legkisebb négyzetes módszer a paraméterek torzitott becslését szolgáltatja. A részletesebb vizsgálatok megmutatták, hogy $N\to\infty$ esetén a b_i együtthatók becslése torzitatlanná válik, de az a_i együtthatóké nem [57]. A /4.17/ általános esetben akkor teljesül, ha az $\underline{e}$ "egyenlet zaj" elemei függetlenek $\underline{\underline{X}}$ elemeitől. Ez fehér zaj $\underline{\omega}$ esetén nem fordulhat elő.

Egyszerüen levezethető, hogy ezen modellnél a $\underline{\Theta}$ paramétervektor szórás mátrixa [38, 41, 49]:

$$\underline{\underline{D}}(\underline{\Theta}) = M\ \{(\underline{\hat{\Theta}} - \underline{\Theta})(\underline{\hat{\Theta}} - \underline{\Theta})^T\} = \sigma^2(\underline{\underline{X}}^T\underline{\underline{X}})^{-1} \qquad /4.18/$$

Az $\underline{\omega}$ kimeneti zajról már megjegyeztük, hogy illesztett modell esetén, mikor az identifikáció modelljének fokszáma a rendszer valódi fokszámával megegyezik, csupán a kimenetre ható véletlen összetevőkből /mérési és belső zajból/ áll. Abban az esetben, ha az identifikáció modellje nem illesztett, az $\underline{\omega}$ reziduális hibába az illesztetlenség miatti rendszeres hibát is beleértjük. Ez a körülmény ad lehetőséget az illeszkedés jóságának vizsgálatára. Bebizonyitható [38, 41, 49], hogy illesztett modell esetén a reziduális hiba szórásnégyzetére torzitatlan becslést ad az

$$s_R^2 = \frac{1}{N-P}\ (\underline{Y}^T\underline{Y} - \underline{\hat{\Theta}}^T\underline{\underline{X}}^T\underline{Y}) \qquad /4.19/$$

kifejezés, ahol $P = m+n+1$ a modellparaméterek száma.

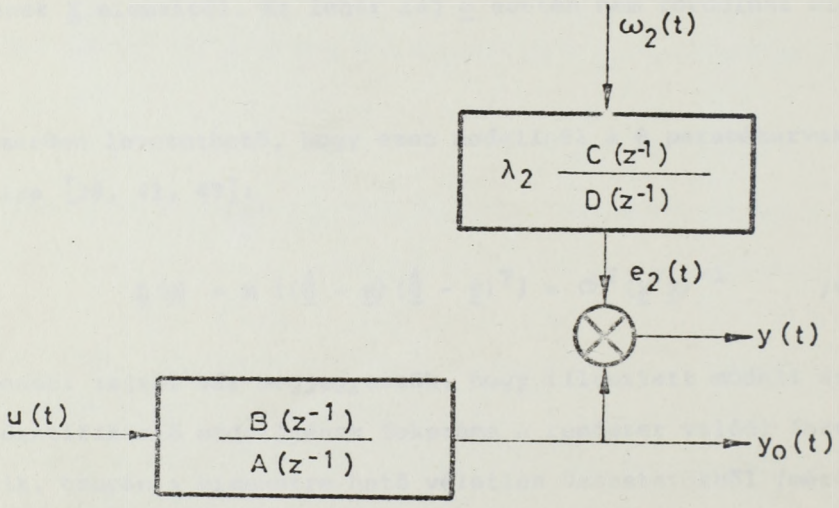
Ezen becslésnek a kimeneti zaj valódi szórásnégyzetével való össze-

hasonlitásakor, különböző statisztikai próbák /FISHER-próba, stb/ felhasználásával megvizsgálhatjuk, hogy a reziduális hibában a véletlen vagy a rendszeres hiba a döntő tényező.

Az LKN módszerre GIER-ALGOL-4 nyelven programot irtunk /LKN program/ és segitségével számos vizsgálatot végeztünk. Ezekről az 5. fejezetben részletesen beszámolunk.

4.1.2. Általánositott legkisebb négyzetes módszer

A legkisebb négyzetes módszer /4.1/ szerinti modelljének egyik igen erős megkötése, hogy az LKN becslés torzitatlanságát az egyenlethiba fehér zaj jellege biztositja. A gyakorlati esetek többségében az egyenlethiba nem tekinthető fehér zajnak, hanem a valóságban valamilyen "szines" zaj. Ezen szituációnak megfelelő általános rendszermodell, figyelembevéve, hogy a bemenetet most is zajmentesnek /mérési hiba nélkülinek/ tételezzük fel, /2.5/ alapján a 6. ábra szerinti lesz.



6. ábra

A rendszeregyenlet a következő:

$$y(t) = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})}\,u(t) + \lambda_2 \frac{C(z^{-1})}{D(z^{-1})}\,\omega_2(t) \qquad /4.20/$$

vagy másképpen:

$$A(z^{-1})y(t) = B(z^{-1})u(t) + \lambda_2 \frac{A(z^{-1})C(z^{-1})}{D(z^{-1})}\,\omega_2(t) \qquad /4.21/$$

A /4.21/ egyenletből jól látható, hogy ezen modell paramétereinek becslése alapjában véve nem lineáris probléma és megoldása sokkal nehezebb, mint az egyszerü LKN módszernél alkalmazott linearizálás volt. A feladat közvetlen, egzakt megoldása nem is hajtható végre [19].

Bizonyos közelitések esetében a feladat visszavezethető az egyszerü LKN módszer ismételt, iterativ végrehajtására. Jelöljük a /4.21/-ben levő hibatagot:

$$\lambda_2 \frac{A(z^{-1})C(z^{-1})}{D(z^{-1})} \omega_2(t) = \epsilon(t) \quad \text{-vel.} \qquad /4.22/$$

A rendszeregyenlet ekkor az előző fejezet jelöléseit használva /4.5/-höz hasonlóan irható fel:

$$y(t) = \underline{x}^T(t)\ \underline{\theta} + \epsilon(t) \qquad /4.23/$$

Ez az alak az LKN-hez hasonlóan lineáris becslési formához vezet és a $\underline{\theta}$ együtthatókra szintén megkapható a $\hat{\underline{\theta}} = (\underline{\underline{X}}^T\underline{\underline{X}})^{-1}\underline{\underline{X}}^T\underline{y}$ LKN becslés. Ez a becslés általában szintén torzitott lesz [19, 33], mivel /4.23/-ban $\epsilon(t)$ speciális esetek kivételével /Pl: amikor AC = D/ nem fehér zaj, igy a /4.17/ hibatag most sem zérus. Ennek oka, hogy a kimeneten most nem fehér zaj, hanem általános jellegü szines zaj hat.

A feladat egzakt /torzitatlan/ megoldásának olyannak kell lenni, hogy valamilyen módon a /4.23/-ban szereplő zaj korreláltságát megszüntesse. A feladat megoldása szempontjából döntőnek bizonyul az a tény, ha a /4.22/ zaj dinamikus átvitele felirható a következő módon:

$$\prod_{j=1}^{\infty} H_j(z^{-1}) = \frac{D(z^{-1})}{A(z^{-1})C(z^{-1})} \qquad /4.24/$$

Ez azt jelenti, hogy az $\epsilon(t)$, az un. egyenlethiba előállitható az $\omega_2(t)$ fehér zajból az

$$\epsilon(t) = \frac{\omega_2(t)}{\prod_{j=1}^{\infty} H_j(z^{-1})} \qquad /4.25/$$

autoregressziós szürő segitségével. $(H(z^{-1}) = 1+h_1z^{-1}+h_2z^{-2}+\ldots+h_rz^{-r})$.
A /4.25/ iterativ autoregressziós szürés egyetlen lépése az

$$\epsilon(t) + h_1\,\epsilon(t-1) + \ldots + h_r\,\epsilon(t-r) = \epsilon_2^F(t) \qquad /4.26/$$

differencia egyenletnek felel meg. Itt az F jel a szürésre /filter/ utal.

Ha bevezetjük az

$$\underline{f}(t) = [-z^{-1}\,\epsilon(t),\ -z^{-2}\,\epsilon(t),\ldots,\ -z^{-r}\,\epsilon(t)]^T, \qquad /4.27/$$

valamint

$$\underline{h} = [h_1,\ldots,h_r]^T \qquad /4.28/$$

vektorokat, akkor /4.26/ a következőképpen irható

$$\epsilon(t) = \underline{f}^T(t)\ \underline{h} + \epsilon_2^F(t) \qquad /4.29/$$

A /4.29/-el kapcsolatban feltételezhetjük, hogy a benne szereplő zajösszetevő, $\epsilon_2^F(t)$ már "fehérebb" zaj. Ha rendelkezésünkre áll $\epsilon(t)$-nek N darab értéke egy $\underline{\epsilon} = [\epsilon(t), \epsilon(t+1),., \epsilon(t+N)]^T$ vektorban, és bevezetjük az

$$\underline{\underline{F}} = [\underline{f}(t),\ \underline{f}(t+1),\ldots,\underline{f}(t+N)]^T =$$

$$= [-z^{-1}\,\underline{\epsilon}(t),\ -z^{-2}\underline{\epsilon}(t),\ldots,-z^{-r}\underline{\epsilon}(t)]^T \qquad /4.30/$$

mátrixot, ugy felirható az

$$\underline{\epsilon} = \underline{\underline{F}}\,\underline{h} + \underline{\epsilon}_2^F \cong \underline{\underline{F}}\,\underline{h} + \underline{\omega}_2 \qquad /4.31/$$

ahol $\underline{\omega}_2 = [\omega_2(t), \omega_2(t+1), \ldots, \omega_2(t+N)]^T$ /4.32/

A /4.31/ egyenlet

$$\underline{\hat{h}} = (\underline{\underline{F}}^T \underline{\underline{F}})^{-1} \underline{\underline{F}}^T \underline{\varepsilon} \qquad /4.33/$$

LKN megoldása torzitatlan becslést adna $\underline{h}$-ra, ha $\varepsilon_2^F(t)$ valóban fehér zaj lenne.

Minthogy ez utóbbi becslés csak közelitőleg torzitatlan, összeállitható egy olyan szukcesszív approximációs iterativ becslési folyamat, melynek segitségével $\varepsilon(t)$ korrelálatlan zajjá transzformálódik, a rendszer becsült paraméterei pedig valódi értékükhöz konvergálnak. Tekintsük a /4.21/ rendszeregyenletet az előzőknek megfelelően

$$A(z^{-1})\, y(t) = B(z^{-1})\, u(t) + \varepsilon(t) \qquad /4.34/$$

alakunak. Végezzünk a /4.14/-nek megfelelően egy LKN becslést $\underline{\theta}$ (a_i, b_i paraméterek) értékeire. Ez a becslés az előzőek szerint torzitott lesz. Segitségével viszont számitható az

$$\underline{\varepsilon} = \underline{y} - \underline{\underline{X}}\,\underline{\hat{\theta}} \qquad /4.35/$$

érték, melynek /4.31/ alapján /4.33/-ban történő felhasználásával megkapható a $\underline{h}$ együtthatók egy $\underline{\hat{h}}$ első közelitése. Emlékeztetvén arra, hogy /4.25/ értelmében a $H(z^{-1})\varepsilon(t)$ szerint a /4.26/-nak megfelelő szürés az $\varepsilon(t)$-t a korrelálatlanság, azaz $\omega_2(t)$ felé viszi /lásd a produktumot/; alkalmazzuk a /4.26/-nak megfelelő szürést a /4.34/ egyenletre:

$$A(z^{-1})H(z^{-1})\, y(t) = B(z^{-1})H(z^{-1})\, u(t) + H(z^{-1})\, \varepsilon(t) \qquad /4.36/$$

Bevezetve az

$$y^F(t) = H(z^{-1})\, y(t) = y(t) + \sum_{i=1}^{r} h_i y(t-r) \qquad /4.37/$$

$$u^F(t) = H(z^{-1})\,u(t) = u(t) + \sum_{i=1}^{r} h_i u(t-r) \qquad /4.38/$$

$$\epsilon^F(t) = H(z^{-1})\,\epsilon(t) \qquad /4.39/$$

jelöléseket és végrehajtva a /4.37/-/4.38/ egyenleteknek megfelelő szürést a be- és kimenőjelen, az

$$A(z^{-1})\,y^F(t) = B(z^{-1})\,u^F(t) + \epsilon^F(t) \qquad /4.4o/$$

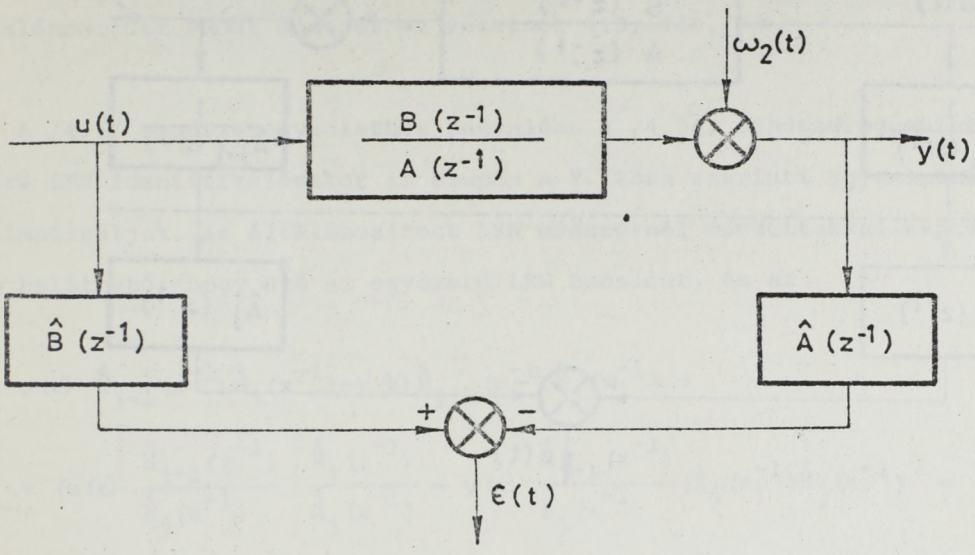
rendszeregyenlet alapján ujabb LKN becslést végezhetünk /4.14/ szerint a $\underline{\theta}\ (a_i, b_i)$ módositott értékeire.

A /4.14/ és /4.33/ becsléseknek az előzőekben leirt módon történő iterativ váltogatásával a zaj szürését végző $\underline{h}$ paraméterek egyre pontosabb becslését kapjuk. Ez azt jelenti, hogy $\epsilon(t)$ egyenlethiba a korrelálatlan fehér zajhoz, a rendszer paramétereit becslő $\hat{\underline{\theta}}$ pedig a valódi értékhez konvergál. Ezt a módszert <u>általánositott</u> LKN módszernek nevezik.

Az előzőkben statisztikus megfontolások alapján mutattunk rá az egyenlethibát minimalizáló egyszerü LKN módszerben levő torzitásra és az általa okozott problémákra. A probléma szemléletes interpretációját a következő módon adhatjuk meg.

A /4.35/-ben fellépő $\epsilon(t)$ egyenlethiba helye a 7. ábrán látható. Az ábrából kitünik, hogy ez a hiba nem a rendszer kimenetén jelenik meg, tehát nem a valódi rendszer - és a modell kimenet közötti eltérésre jellemző, igy fizikai interpretációja is igen nehézkes. A minimalizálandó egyenlethiba most

$$\hat{B}(z^{-1})\,u(t) - \hat{A}(z^{-1})\,y(t) = \epsilon(t) \qquad /4.41/$$



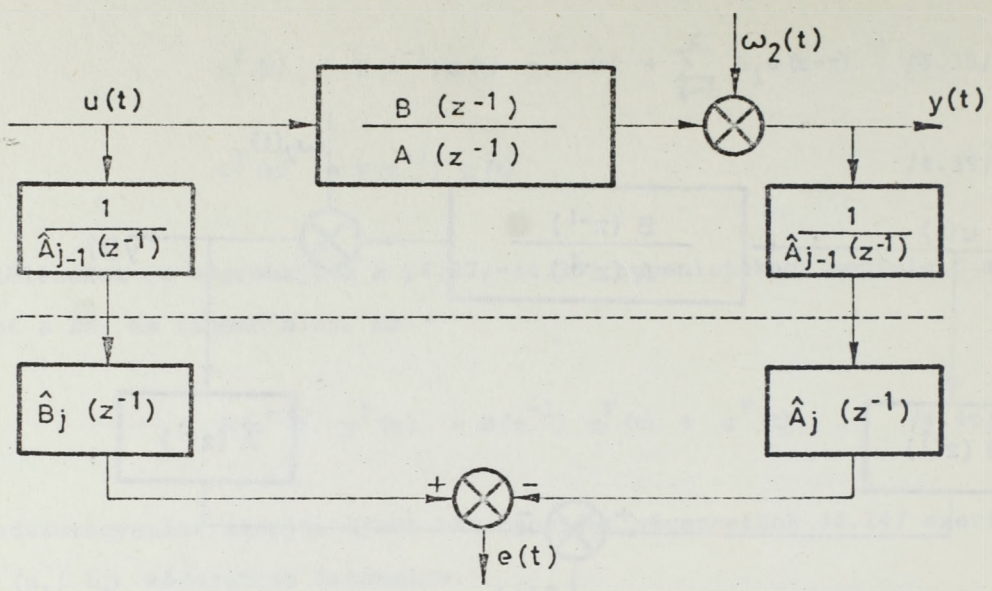
7. ábra

Amennyiben a be- és kimeneti adatokat az $\frac{1}{\hat{A}(z^{-1})}$ szürővel iterativ módon szürjük, a minimalizálandó hiba lépésenként az

$$\frac{u(t)}{\hat{A}_{j-1}(z^{-1})}\ \hat{B}_j(z^{-1}) - \frac{y(t)}{\hat{A}_{j-1}(z^{-1})}\ \hat{A}_j(z^{-1}) =$$

$$= \left(u(t)\ \frac{\hat{B}_j(z^{-1})}{\hat{A}_j(z^{-1})} - y(t)\right)\ \frac{\hat{A}_j(z^{-1})}{\hat{A}_{j-1}(z^{-1})} \qquad /4.42/$$

lesz, mely szerint, ha $\hat{A}_{j-1}(z^{-1})$ konvergál $\hat{A}_j(z^{-1})$ -hez, azaz egy polinomhoz, akkor az egyenlet hiba a kimeneti hibához tart. Az egyes szürések között az általánositott LKN módszernek megfelelően $\underline{\theta}$ -ra egyszerü LKN becslést végzünk. Ezen modellnél, mely megfelel a /4.1/-nek, az iterativ szüréshez a 8. ábra szerint használjuk az $\frac{1}{\hat{A}_j(z^{-1})}$ -t.



8. ábra

Az $\frac{1}{\hat{A}_j(z^{-1})}$ szerinti szürés a be- és kimenőjelre az

$$u^F(t) = u(t) - \hat{a}_1 u^F(t-1) - \ldots - \hat{a}_n u^F(t-n) \quad /4.43/$$

$$y^F(t) = y(t) - \hat{a}_1 y^F(t-1) - \ldots - \hat{a}_n y^F(t-n) \quad /4.44/$$

szerint hajtható végre, ahol az F felső index a szürt jelekre utal.

Mivel

$$u(t) = \underline{\hat{a}}^T \underline{u}^F \quad \text{és} \quad y(t) = \underline{\hat{a}}^T \underline{y}^F \quad /4.45/$$

alakban is felirhatók az előző szürési egyenletek, ahol

$$\underline{\hat{a}} = [1, \hat{a}_1, \ldots, \hat{a}_n]^T \quad /4.46/$$

$$\underline{u}^F = [u^F(t), z^{-1} u^F(t), \ldots, z^{-n} u^F(t)]^T \quad /4.47/$$

$$\underline{y}^F = [y^F(t), z^{-1} y^F(t), \ldots, z^{-n} y^F(t)]^T, \quad /4.48/$$

igy $\underline{u}^F$ és $\underline{y}^F$ értéke egyszerü LKN módszerrel is meghatározható. Ezen meggondolásból kiindulva belátható, hogy a 8. ábrával kapcsolatban mondottak az általánositott PRONY módszerhez vezetnek [13, 44].

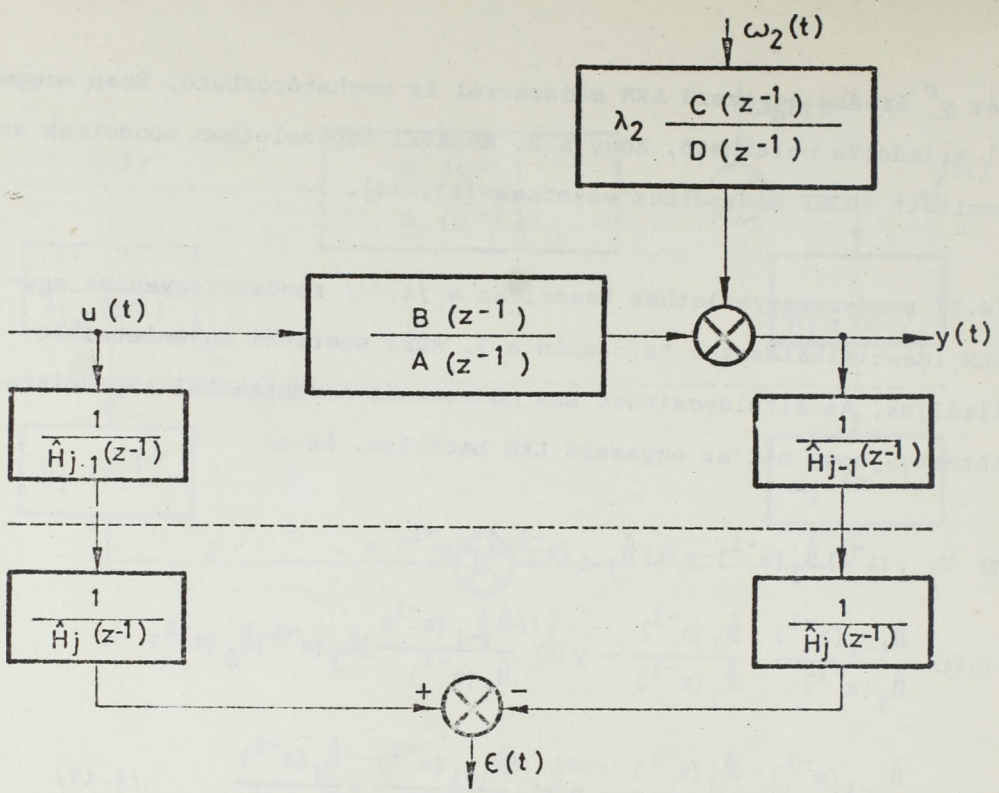
A /4.5/ rendszeregyenlethez hasonlóan a /4.34/ rendszeregyenlet egyszerü LKN identifikálásakor is csupán a 7. ábra szerinti egyenlethibát minimalizáljuk. Az általánositott LKN módszernél mondottakkal kapcsolatosan belátható, hogy ott az egyszerü LKN becslést, és az

$$u(t)\,\hat{H}_{j-1}(z^{-1})\hat{B}_j(z^{-1}) - y(t)\hat{H}_{j-1}(z^{-1})\hat{A}_j(z^{-1}) =$$

$$= \left(u(t)\,\frac{\hat{H}_{j-1}(z^{-1})}{\hat{H}_j(z^{-1})}\,\frac{\hat{B}_j(z^{-1})}{\hat{A}_j(z^{-1})} - y(t)\,\frac{\hat{H}_{j-1}(z^{-1})}{\hat{H}_j(z^{-1})}\right)\hat{A}_j(z^{-1})\hat{H}_j(z^{-1}) =$$

$$= \left(u(t)\,\frac{\hat{H}_{j-1}(z^{-1})}{\hat{H}_j(z^{-1})}\,\frac{\hat{B}_j(z^{-1})}{\hat{A}_j(z^{-1})} - y(t)\,\frac{\hat{H}_{j-1}(z^{-1})}{\hat{H}_j(z^{-1})}\right)\frac{\hat{D}_j(z^{-1})}{\hat{C}_j(z^{-1})} \qquad /4.49/$$

iterativ szürést alkalmazzuk egymás után. A /4.49/ összefüggésből jól látható, ha $\hat{H}_j(z^{-1})$ tart valamilyen polinomhoz, ugy az egyenlethiba a kimeneti hibához, a $\hat{\underline{\theta}}$ becsült paramétervektor pedig a valódi paraméterértékekhez tart. Ez utóbbi módszernek megfelelő szürési sémát a 9. ábrán láthatjuk.



9. ábra

A 4.1 és 4.2 fejezeteket összefoglalva a diszkrét folyamatmodell paramétereinek LKN becslésével kapcsolatban a következőket állapithatjuk meg:

1./ Fehér zaj esetén a /4.5/ modellre vonatkozó /4.14/ szerinti KALMAN-féle LKN becslés aszimptotikusan torzitatlan, az a_i tipusu együtthatókra ($A(z^{-1})$-ben) általában torzitott. Ez a torzitás az általánositott LKN módszer elve szerint a /4.14/ becslés és a /4.45/ szürés iterativ alkalmazásával kiküszöbölhető, $N\to\infty$ esetén a b_i becslések torzitatlanok.

2./ A /4.23/ modellre a /4.5/ modellhez hasonlóan az egyenlethiba korreláltsága miatt nem nyerhető torzitatlan becslés. Az itt fellépő torzitás is kiküszöbölhető az általánositott LKN módszer elve szerint a /4.14/ becslés és /4.37/, /4.38/ szürés iterativ alkalmazásával.

3./ Az általánositott LKN módszerhez fel kell tételezni /4.24/ fenn-

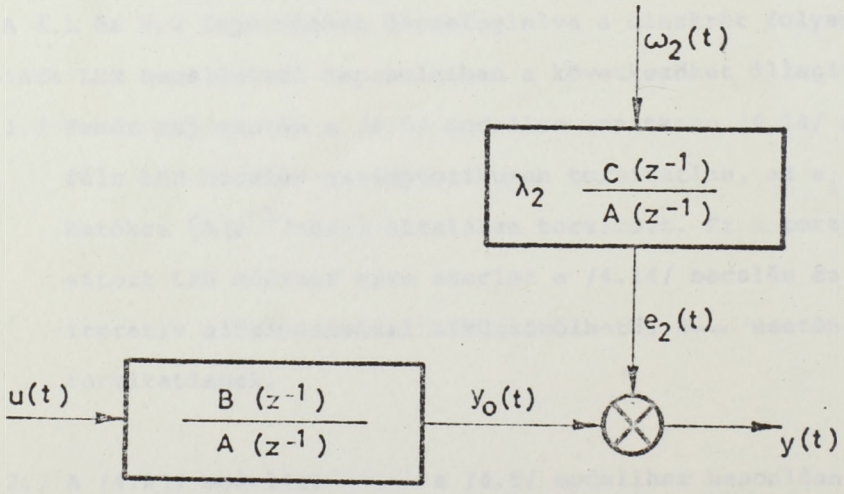
állását. Ez a gyakorlatban előforduló rendszerekre az eddigi publikációk szerint fennáll. Az általánositott LKN módszerről megjegyezzük továbbá, hogy annak konvergenciáját még senki sem bizonyitotta be, jóllehet már többen /közöttük mi is/ sikeresen alkalmazták különböző zajos szituációkra.

Az LKN módszerhez hasonlóan az általánositott LKN módszerre is készült /ÁLKN néven/ program, melynek segitségével kapott eredményeket szintén az 5. fejezetben mutatjuk be.

4.1.3. ÅSTRÖM-BOHLIN módszer

A módszer a maximum likelihood paraméterbecslő eljáráson alapul. Kidolgozása ÅSTRÖM és BOHLIN svéd kutatók nevéhez fűződik, melynek alapjait az 1966-ban megjelent [6] publikációjukban közölték és az azóta megjelent néhány cikkük [7, 8, 14, 15] annak kiegészitését tartalmazza. Az 1966-os cikk beszámol a módszer sikeres papiripari alkalmazásáról is. Számos előnyös tulajdonsága miatt méltán számithat egyre nagyobb érdeklődésre.

Az ÅSTRÖM-BOHLIN módszer által feltételezett identifikációs modell a 3. és 4. fejezetben alkalmazott terminológiának megfelelően a 10. ábrán látható.



10. ábra

A modell a zajhatásokat ekvivalens kimeneti zajként kezeli, és

$$a \quad \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})} \quad \text{- a folyamatmodellt,}$$

a $\frac{C(z^{-1})}{A(z^{-1})}$ - a zajmodellt jelenti.

Feltünő azonban, hogy itt a zajmodell és a folyamatmodell nevezője megegyezik. Ez az általánosságot nem sérti, ugyanis a módszer kiterjeszthető $\frac{C(z^{-1})}{D(z^{-1})}$ alaku zajmodellre is, bár az több számitást igényel. Másrészt egy általános alaku zajmodellel rendelkező rendszer mindig átirható a 10. ábra szerinti alakra, bár a polinomok identifikálás utáni visszaállitása /particionálása/ nem végezhető el egyértelmüen.

A vizsgálatok céljára a 10. ábrán látható modellt használjuk, melyre vonatkozó rendszeregyenlet a következő:

$$y(t) = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})} u(t) + \lambda_2 \frac{C(z^{-1})}{A(z^{-1})} \omega_2(t) \qquad /4.50/$$

ahol A, B, C a z^{-1}-nek /2.2/ szerinti polinomja. Egy ilyen egyenlettel rendelkező folyamat stabilitásának feltétele, hogy az $y(t)\ A(z^{-1}) = 0$ homogén egyenlet gyökei az egységkörön belülre essenek. Mivel a stabilitás feltétele általában az identifikálandó folyamatoknál ugyis fennáll, ezért a továbbiakban ennek nem szentelünk különösebb figyelmet. Az ÅSTRÖM-BOHLIN módszer azonban $C(z^{-1})$ gyökeitől is megköveteli, hogy az egységkörön belülre essenek, mely azzal indokolható, hogy a folyamatnak mind $u(t)$, mind $\omega_2(t)$ részéről irányithatónak kell lennie.

A módszer egyidejüleg becsüli a folyamat- és zajmodell paramétereket. A

$$\lambda_2\ \omega_2(t) = e(t) \qquad /4.51/$$

jelölés bevezetésével és a /4.50/ átrendezésével a

$$C(z^{-1})\ e(t) = A(z^{-1})\ y(t) - B(z^{-1})\ u(t) \qquad /4.52/$$

kifejezés alapján /3.4/ szerint felirhatjuk a likelihood függvényt:

$$L(\underline{\Theta}) = \text{const} - N \ln \lambda_2 - \frac{1}{2\lambda_2^2} \sum_{t=1}^{N} e^2(t) \qquad /4.53/$$

ahol

$$\underline{\Theta} = [a_1, a_2, \ldots, a_n, b_o, b_1, \ldots, b_m, c_1, \ldots, c_k]^T \qquad /4.54/$$

jelöli az ismeretlen paraméterek vektorát, N a mintavételek számát. Itt az e(t) hibáról feltételeztük, hogy normális eloszlásu, zérus várható értékü, λ_2 szórásu és szórása a t-től függetlenül állandó.

A /4.52/ alapján látható, hogy a /4.53/ egyenlet ténylegesen ezen (n+m+k+1) valamint a λ_2 paraméter függvénye. A /4.53/ egyenlet tartalmaz még n kezdeti feltételt, melyeket az egyszerüség kedvéért 0-nak vettünk.

A feladat a likelihood függvény maximalizálása, mely /3.5/ szerint jelen esetben ekvivalens a

$$Q(\underline{\Theta}) = \frac{1}{2} \underline{e}^T \underline{e} \qquad /4.55/$$

un. hibafüggvény $\underline{\Theta}$ szerinti minimalizálásával, ha $\underline{e} = [e(t), \ldots, e(t+N)]^T$. A likelihood függvény λ_2 szerinti maximalizálásával megkaphatjuk a minimális $Q(\hat{\underline{\Theta}})$ -hoz tartozó maximális valószinüségü λ_2 becslést:

$$\hat{\lambda}_2 = \frac{2}{N} Q(\hat{\underline{\Theta}}) \qquad /4.56/$$

/4.52/-ből látható, hogy e(t) a C polinom együtthatóinak nemlineáris függvénye, igy a $Q(\underline{\Theta})$ $\underline{\Theta}$ szerinti minimalizálása explicite nem végezhető el. A szélsőérték meghatározására a NEWTON-RAPHSON algoritmust használjuk,

melynek egy iterációs lépését a

$$\underline{\hat{\theta}}^{k+1} = \underline{\hat{\theta}}^{k} - [\underline{\underline{H}}(Q, \underline{\hat{\theta}}^{k})]^{-1} \nabla_{\underline{\theta}} Q(\underline{\hat{\theta}}^{k}) \qquad /4.57/$$

irja le, ahol $\underline{\underline{H}}(Q, \underline{\hat{\theta}}^{k})$ a /4.55/ hibafüggvény $\underline{\theta}$ szerinti másodrendü parciális deriváltjainak mátrixa /HESSE-féle mátrix/, $\nabla_{\underline{\theta}} Q(\underline{\hat{\theta}}^{k})$ pedig a $\underline{\theta}$ szerinti elsőrendü deriváltak vektora, /gradiens vektor/.

Vektoros alakban részletesen kifejtve:

$$\nabla_{\underline{\theta}} Q(\underline{\hat{\theta}}) = \frac{d\, Q(\underline{\hat{\theta}})}{d\underline{\hat{\theta}}} = \frac{d\, \underline{e}^{T}}{d\underline{\hat{\theta}}}\, \underline{e} = \underline{\underline{J}}^{T}(\underline{e}, \underline{\hat{\theta}})\, \underline{e} \qquad /4.58/$$

$$\underline{\underline{H}}(Q, \underline{\hat{\theta}}) = \frac{d}{d\underline{\hat{\theta}}} \left(\frac{d\, Q(\underline{\hat{\theta}})}{d\underline{\hat{\theta}}^{T}} \right) =$$

$$= \frac{d}{d\underline{\hat{\theta}}}\, \underline{\underline{J}}^{T}(\underline{e}, \underline{\hat{\theta}})\, \underline{e} + \underline{\underline{J}}^{T}(\underline{e}, \underline{\hat{\theta}}) \frac{d\, \underline{e}}{d\underline{\hat{\theta}}^{T}} =$$

$$= \left\{ \left(\frac{\partial}{\partial \hat{\theta}_1}\, \underline{\underline{J}}^{T}(\underline{e}, \underline{\hat{\theta}}) \right) \underline{e}; \ \ldots; \left(\frac{\partial}{\partial \hat{\theta}_{n+m+k+1}}\, \underline{\underline{J}}^{T}(\underline{e}, \underline{\hat{\theta}}) \right) \underline{e} \right\} +$$

$$+ \underline{\underline{J}}^{T}(\underline{e}, \underline{\hat{\theta}})\, \underline{\underline{J}}(\underline{e}, \underline{\hat{\theta}}) \qquad /4.59/$$

A közvetlen numerikus számításhoz irjuk ki részletesebben a gradiens vektor és a HESSE-féle mátrix elemeit:

$$\frac{\partial\, e(t)}{\partial\, a_i} = z^{-i}\, \frac{y(t)}{C(z^{-1})}$$

$$\frac{\partial\, e(t)}{\partial\, b_i} = -z^{-i}\, \frac{u(t)}{C(z^{-1})}$$

$$\frac{\partial e(t)}{\partial c_i} = -z^{-i} \frac{e(t)}{C(z^{-1})}$$

$$\frac{\partial e(t)}{\partial a_i \partial a_j} = 0$$

$$\frac{\partial e(t)}{\partial a_i \partial b_i} = 0$$

$$\frac{\partial e(t)}{\partial b_i \partial b_j} = 0$$

$$\frac{\partial e(t)}{\partial a_i \partial c_j} = -z^{-(i+j)} \frac{y(t)}{C^2(z^{-1})}$$

$$\frac{\partial e(t)}{\partial b_i \partial c_j} = z^{-(i+j)} \frac{u(t)}{C^2(z^{-1})}$$

$$\frac{\partial e(t)}{\partial c_i \partial c_j} = 2z^{-(i+j)} \frac{e(t)}{C^2(z^{-1})} \qquad /4.60/$$

A /4.6o/-ban levő kifejezések differencia egyenletekké való átirásához bizonyos segédváltozókat kell bevezetnünk:

$$p(t) = \frac{1}{C(z^{-1})} y(t)$$

$$q(t) = \frac{1}{C(z^{-1})} u(t)$$

$$r(t) = \frac{1}{C(z^{-1})} e(t)$$

$$s(t) = \frac{1}{C(z^{-1})} \quad p(t)$$

$$v(t) = \frac{1}{C(z^{-1})} \quad q(t)$$

$$w(t) = \frac{1}{C(z^{-1})} \quad r(t) \qquad /4.61/$$

A következő jelölések bevezetésével

$$\underline{p}_{\underline{\theta}} \triangleq \left[\frac{\partial Q(\underline{\hat{\theta}})}{\partial a_i}\right] = \left[\sum_{t=1}^{N} e(t) \quad p(t-i)\right] \quad i = 1,2,\ldots,n$$

$$\underline{q}_{\underline{\theta}} \triangleq \left[\frac{\partial Q(\underline{\hat{\theta}})}{\partial b_i}\right] = \left[-\sum_{t=1}^{N} e(t) \quad q(t-i)\right] \quad i = 0,1,\ldots,m$$

$$\underline{r}_{\underline{\theta}} \triangleq \left[\frac{\partial Q(\underline{\hat{\theta}})}{\partial c_i}\right] = \left[-\sum_{t=1}^{N} e(t) \quad r(t-i)\right] \quad i = 1,2,\ldots,k$$

/4.62/

a gradiens vektor:

$$\underline{\nabla}_{\underline{\hat{\theta}}} \; Q(\underline{\hat{\theta}}) = \begin{bmatrix} \underline{p}_{\underline{\theta}} \\ \underline{q}_{\underline{\theta}} \\ \underline{r}_{\underline{\theta}} \end{bmatrix} \qquad /4.63/$$

/4.59/-ből látható, hogy $\underline{\underline{H}}(Q, \underline{\hat{\theta}})$ mátrix két mátrix összege:

$$\underline{\underline{H}}(Q, \underline{\hat{\theta}}) = \underline{\underline{H}}^{(1)} + \underline{\underline{H}}^{(2)} \qquad /4.64/$$

ahol

$$\underline{\underline{H}}^{(1)} = \underline{\underline{J}}^{T}(\underline{e}, \underline{\hat{\theta}}) \quad \underline{\underline{J}}(\underline{e}, \underline{\hat{\theta}}) \qquad /4.65/$$

$$\underline{\underline{H}}^{(2)} = \left\{\left(\frac{\partial}{\partial \hat{\theta}_1} \underline{J}^T(\underline{e},\hat{\underline{\theta}})\right) \underline{e}; \ldots; \left(\frac{\partial}{\partial \hat{\theta}_{n+m+k+1}} \underline{J}^T(\underline{e},\hat{\underline{\theta}})\right) \underline{e}\right\} \quad /4.66/$$

A

$$\underline{\underline{PP}} \triangleq \left[\sum_{t=1}^{N} p(t-i)\ p(t-j)\right] \quad i=1,2,\ldots,n;\ j=1,\ldots,n$$

$$\underline{\underline{PQ}} = \underline{\underline{QP}} \triangleq \left[-\sum_{t=1}^{N} p(t-i)\ q(t-j)\right] \quad i=1,\ldots,n;\ j=0,1,\ldots,m$$

$$\underline{\underline{PR}} = \underline{\underline{RP}} \triangleq \left[-\sum_{t=1}^{N} p(t-i)\ r(t-j)\right] \quad i=1,\ldots,n;\ j=1,\ldots,k$$

$$\underline{\underline{QQ}} \triangleq \left[\sum_{t=1}^{N} q(t-i)\ q(t-j)\right] \quad i=0,1,\ldots,m;\ j=0,1,\ldots,m$$

$$\underline{\underline{QR}} = \underline{\underline{RQ}} \triangleq \left[\sum_{t=1}^{N} q(t-i)\ r(t-j)\right] \quad i=0,1,\ldots,m;\ j=1,\ldots,k$$

$$\underline{\underline{RR}} \triangleq \left[\sum_{t=1}^{N} r(t-i)\ r(t-j)\right] \quad i=1,\ldots,k;\ j=1,\ldots,k \qquad /4.67/$$

jelölések bevezetésével a

$$\underline{\underline{H}}^{(1)} = \begin{bmatrix} \underline{\underline{PP}} & \underline{\underline{PQ}} & \underline{\underline{PR}} \\ \underline{\underline{QP}} & \underline{\underline{QQ}} & \underline{\underline{QR}} \\ \underline{\underline{RP}} & \underline{\underline{RQ}} & \underline{\underline{RR}} \end{bmatrix} \qquad /4.68/$$

és jól látható annak szimmetrikus felépitése.

Az

$$\underline{\underline{S}} \triangleq -\left[\sum_{t=1}^{N} e(t)\ s(t-i-j)\right] \qquad \begin{matrix} i = 1,\ldots,n \\ j = 1,\ldots,k \end{matrix}$$

$$\underline{\underline{V}} \triangleq \left[\sum_{t=1}^{N} e(t)\ v(t-i-j)\right] \qquad \begin{matrix} i = 0,1,\ldots,m \\ j = 1,\ldots,k \end{matrix}$$

$$\underline{\underline{W}} \triangleq \left[2\sum_{t=1}^{N} e(t)\ w(t-i-j)\right] \qquad \begin{matrix} i = 1,2,\ldots,k \\ j = 1,\ldots,k \end{matrix}$$

/4.69/

jelölések bevezetésével pedig

$$\underline{\underline{H}}^{(2)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \underline{\underline{S}} \\ \cdot & \cdot & \\ \cdot 0 & \cdot 0 & \\ 0 & 0 & \\ \cdot & \cdot & \underline{\underline{V}} \\ \cdot 0 & \cdot 0 & \\ \underline{\underline{S}} & \underline{\underline{V}} & \underline{\underline{W}} \end{bmatrix} \qquad /4.70/$$

mely szintén szimmetrikus mátrix.

Visszatérve a $C(z^{-1})$ polinom gyökeire vonatkozó azon feltételre, hogy azoknak szintén az egységkörön belülre kell esniük, a /4.61/ képletek alapján ez a követelmény szemléletesen belátható, ugyanis ellenkező esetben a segédváltozók sorozata nem lenne korlátos, tehát az identifikációt nem tudnánk végrehajtani. Ebből következik, hogy a NEWTON-RAPHSON algoritmussal a minimalizálást ezen korlátozás figyelembevételével kell végrehajtani.

A /4.57/ algoritmus sikeres alkalmazhatóságának egyik lényeges feltétele, hogy az iteráció kezdőpontjául az optimumhoz közeli vektort válaszszunk. A megfelelő kezdőérték megválasztására a legkisebb négyzetes becslés szolgálhat. A /4.57/ egyenlet az $A(z^{-1})$ és $B(z^{-1})$ együtthatóira lineáris becslést jelent, azaz a /4.55/ hibafüggvény ezen együtthatóknak csak kvadratikus függvénye. Ennek megfelelően az algoritmus kezdőértékét a $C(z^{-1}) = 0$ választással az a_i és b_i paraméterekre végzett LKN becsléssel állitjuk elő. Mivel $Q(\underline{\hat{\theta}})$ a_i, b_i együtthatóktól való függése kvad-

ratikus, igy annak a_i, b_i szerinti minimumát egyetlen lépésben kaphatjuk meg.

Ehhez csak a

$$\underline{\nabla}_{\underline{\Theta}}^{(x)} \; Q(\underline{\hat{\Theta}}) = \begin{bmatrix} \underline{p}_{\underline{\Theta}} \\ \underline{q}_{\underline{\Theta}} \end{bmatrix} \qquad /4.71/$$

$$\underline{\underline{H}}^{(1x)} = \begin{bmatrix} \underline{\underline{PP}} & \underline{\underline{PQ}} \\ \underline{\underline{QP}} & \underline{\underline{QQ}} \end{bmatrix} \qquad /4.72/$$

értékeket kell kiszámitani, de annak figyelembevételével, hogy /4.60/ összefüggésekben a_i, b_i, c_i értékekre 0 kezdőértéket veszünk fel.

Igy az iteráció kezdeti paramétervektora:

$$\underline{\hat{\Theta}}^{(x)} = - \left[\underline{\underline{H}}^{(1x)}\right]^{-1} \underline{\nabla}_{\underline{\Theta}}^{(x)} \; Q(\underline{\Theta}) \qquad /4.73/$$

azaz

$$\underline{\Delta\Theta} = \begin{bmatrix} \underline{\Delta\Theta}^{(x)} \\ \underline{0} \end{bmatrix} \qquad /4.74/$$

Megjegyezzük, hogy bár a /4.57/ algoritmus kvadratikus értelemben a leggyorsabb szélsőértékkereső eljárás, az iteráció itt is csupán lokális szélsőértéket biztosit. A módszer tehát nem szolgáltat globális optimumot, melynek vizsgálata komoly numerikus problémává nőne a fenti egyszerü módszerhez képest, viszont az alkalmazott LKN becslés szerinti kezdőérték az esetek többségében majdnem kizárólag már a globális optimum közelébe viszi a rendszert, igy a globalitás vizsgálatánál jóval nagyobb numerikus problémát jelent a $C(z^{-1})$ gyökeire fennálló korlátozás állandó vizsgálata és megfelelő figyelembevétele.

Jóllehet a kidolgozott algoritmus elméleti problémákat nem jelent már, a numerikus nehézségek miatt a szerzőknek erre vonatkozó hiányos publikációik következtében eredményeiket sokáig nem tudták megismételni.

Az ÅSTRÖM-BOHLIN módszerre készitett /ML elnevezésü/ programot, valamint az abban alkalmazott stratégiát és numerikus megoldásokat az 5. fejezetben fogjuk tárgyalni.

Az ÅSTRÖM-BOHLIN - féle ML becslési módszerrel kapcsolatban a következő statisztikus tulajdonságokra kell tekintettel lenni.

Az ML becslési módszernél az N elemből álló mintához tartozó $\underline{\hat{\theta}}_N$ becslés az m+n+k+1 méretü euklideszi térben egy S_o halmazhoz konvergál, ha a likelihood függvény gradiense és HESSE-féle mátrixa korlátos, továbbá az $A(z^{-1})$, $C(z^{-1})$ polinomra vonatkozó feltételek fennállnak. Az S_o halmaz értelmezhető oly módon, hogy a $\underline{\theta} \in S_o$ paraméterü rendszerek olyan realizációt jelentenek, amelyre a nagy mintáju tulajdonságok megegyeznek az y kimenőjelre vonatkozóan /ugyanaz a likelihood függvény/. Nyilvánvalóan az egyértelmü identifikációhoz törekedni kell olyan szituációt teremteni, hogy az S_o halmaz csak egyetlen pontot tartalmazzon. Amennyiben S_o csak egyetlen pontot, $\underline{\theta}^*$-t tartalmaz, akkor a $\underline{\hat{\theta}}_N$ becslés /N számu mérésből kapott becslés/ erősen konzisztens.

[6] -ban kimutatták, hogy amennyiben a bemeneti u(t) sorozat legalább (n+k)-adrendüen gerjeszti a rendszert /lásd a Függelék Fl. definicióját/, továbbá a $\underline{\underline{H}}(Q,\underline{\hat{\theta}})$ mátrix /mely az információs mátrixszal arányos/ nem szinguláris, ugy S_o csak egyetlen $\underline{\theta}^*$ pontot tartalmaz, azaz a likelihood becslés konzisztens. Igy a /4.50/ rendszermodell /4.57/-el identifikálható, ha a kapott becslés konzisztens és megforditva.

Az u(t) sorozat q-adrendü gerjesztő hatásának feltétele azt jelenti, hogy a rendszer megfelelő nagyfrekvenciás átvitelét jelentő nagy fokszámu együtthatóinak hatása is szignifikáns változást okoz még a kimenőjelben.

A HESSE-féle mátrix szingularitása eredhet a magasabbrendü modell választásból, a rendszer degeneráltságából /szabályozhatatlanságából/, vagy a nem megfelelően gerjesztő u(t) sorozatból. Mivel a gyakorlatban nincsenek végtelen hosszu minták, ezért amennyiben a /4.59/ mátrixot nehézség nélkül invertálni tudjuk, akkor a $\underline{\hat{\Theta}}_N$ becslés konzisztensnek tekinthető. Ha a mátrix közel szinguláris, akkor nagyon nagy elemek is vannak az inverz főátlójában, ami azt jelenti, hogy $\underline{\hat{\Theta}}_N$ megfelelő eleme nem konzisztens, illetve konzisztensnek tekinthető, de nagyon nagy a szórása. A $\underline{\Theta}$ paraméterekre kapott becslés kovariancia mátrixa:

$$\underline{\underline{V}}(\underline{\hat{\Theta}}) = \frac{\Lambda 2}{\lambda 2}\left[\underline{\underline{H}}(\Omega, \underline{\hat{\Theta}})\right]^{-1}, \qquad /4.75/$$

az információs mátrix pedig:

$$\underline{\underline{I}} = \frac{1}{\frac{\Lambda 2}{\lambda 2}}\,\underline{\underline{H}}(\Omega, \underline{\hat{\Theta}}) \qquad /4.76/$$

Az előzőkben emlitettük, hogy a $\underline{\underline{H}}(\Omega,\underline{\hat{\Theta}})$ mátrix jelzi, ha a másodlagos struktura becslésünk nem megfelelő és redundáns paraméterek vannak a modellben. Mivel az identifikáció növekvő fokszám melletti megismétlésére lehetőség van, a mátrix szingularitásának valamely mérőszáma felhasználható vizsgáló értékként. Ezen mérőszámként a

$$\Upsilon = \frac{\sqrt[P]{\prod_{i=1}^{P}\delta_i^2}}{\frac{\sum_{i=1}^{P}\delta_i^2}{P}} = \frac{\sqrt[P]{\prod_{i=1}^{P}\delta_i^2}}{\sum_{i=1}^{P}\delta_i^2} = \frac{\sqrt[P]{|\underline{\underline{H}}|^2}}{tr(\underline{\underline{H}}^T\underline{\underline{H}})} \qquad /4.77/$$

mennyiséget használhatjuk, ahol δ_i-vel a $\underline{\underline{H}}(\Omega,\underline{\hat{\Theta}})$ sajátértékeit, P-vel a

rendszer paramétereinek számát, a $H(Q,\underline{\hat{\theta}})$ rendjét jelöltük. Amennyiben a mátrix szinguláris $\uparrow$ zérushoz, reguláris esetben pedig 1-hez tart, mint az könnyen belátható. /4.77/-képletben tr-el a mátrix nyomát jelöltük.

[7, 38] -ból ismert, hogy az ÅSTRÖM-BOHLIN -féle módszer által szolgáltatott becslés az előbbi tulajdonságok mellett aszimptotikusan normális és aszimptotikusan hatásos.

4.2. On-line módszerek

4.2.1. On-line legkisebb négyzetes becslés

A 4.1.1. fejezetben tárgyalt LKN módszernél sokszor felvetődhet az a probléma, hogy az N darab mérési adatpár alapján /4.9/-re a /4.14/-el nyert LKN becslést egy ujonnan beérkezett (N+1)-edik adatpár segitségével felujitsuk. Amennyiben egy ilyen feladat rekurziv megoldása egyszerü explicit uton végrehajtható, ezen operáció egymás utáni alkalmazásával az LKN becslés on-line megoldásához juthatunk el.

Tételezzük fel tehát, hogy rendelkezésünkre áll a már emlitett /4.14/ szerint $\underline{\hat{\theta}}_N$ becslés. Az (N+1) -edik időpillanatban beérkező u(N+1), y(N+1) mérési adatpárral/4.3/ szerint képezett $\underline{x}(N+1)$ segitségével az LKN becslést szolgáltató /4.14/ egyenlet most:

$$\underline{\hat{\theta}}_{N+1} = \left[\begin{bmatrix} \underline{\underline{X}}_N \\ \underline{x}^T(N+1) \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \underline{\underline{X}}_N \\ \underline{x}^T(N+1) \end{bmatrix}\right]^{-1} \begin{bmatrix} \underline{\underline{X}}_N \\ \underline{x}^T(N+1) \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \underline{Y}_N \\ y(N+1) \end{bmatrix} =$$

$$= [\underline{\underline{X}}_N^T \underline{\underline{X}}_N + \underline{x}(N+1)\ \underline{x}^T(N+1)]^{-1} [\underline{\underline{X}}_N^T ; \underline{x}(N+1)] \begin{bmatrix} \underline{Y}_N \\ y(N+1) \end{bmatrix}$$

/4.78/

Ez utóbbi összefüggésben szereplő változók jelentését a 4.1.1 pontban már tisztáztuk, továbbá az N index az N darab elsődleges mérési eredményre, az (N+1) argumentum pedig az (N+1) -edik időpillanatra utal.

A mátrixok particionálására a Függelék F2. pontjában bemutatott inverziós tétel segitségével, valamint figyelembevéve, hogy

$$\hat{\underline{\theta}}_N = (\underline{\underline{X}}_N^T \underline{\underline{X}}_N)^{-1} \underline{\underline{X}}_N^T \underline{Y}_N, \qquad /4.79/$$

továbbá bevezetve a

$$\underline{\underline{\Gamma}}_N = (\underline{\underline{X}}_N^T \underline{\underline{X}}_N)^{-1} \qquad /4.80/$$

jelölést a /4.78/ összefüggés a következő alakra hozható:

$$\hat{\underline{\theta}}_{N+1} = \hat{\underline{\theta}}_N + \underline{\underline{\Gamma}}_{N+1} (y(N+1) - \underline{x}^T(N+1) \hat{\underline{\theta}}_N) \underline{x}(N+1) \qquad /4.81/$$

A Függelék /F.4/ összefüggése értelmében

$$\underline{\underline{\Gamma}}_{N+1} = \underline{\underline{\Gamma}}_N - \frac{(\underline{\underline{\Gamma}}_N \underline{x}(N+1)) (\underline{\underline{\Gamma}}_N \underline{x}(N+1))^T}{1 + \underline{x}^T(N+1) \underline{\underline{\Gamma}}_N \underline{x}(N+1)} \qquad /4.82/$$

Igy a /4.81/ és /4.82/ összefüggésekben a $\hat{\underline{\theta}}$ paramétervektorok rekurziv, azaz on-line számitási módszerét kaptuk meg.

Megjegyezzük, hogy ezen utóbbi kifejezések azonos átalakitásokkal az irodalomban szokásos esetleg más formára hozhatók. Ezen utóbbi alakokat azért használjuk, mivel itt szembetünőbb, hogy az LKN becslés on-line megoldása pontosan megegyezik a /3.14/ szerinti célfüggvény minimalizálására alkalmazott on-line sztochasztikus approximációval, amennyiben annak kovariancia mátrixát /itt $\underline{\underline{\Gamma}}$ -val jelöltük/ kvadratikus értelemben optimalizáljuk.

Ha a /4.81/, /4.82/ összefüggésekkel leirt on-line algoritmus kezdőpontjaként egy off-line LKN becslés eredményeit tekintjük, akkor a $\hat{\underline{\theta}}_o$ és $\hat{\underline{\underline{\Gamma}}}_o$ megválasztása nem okoz problémát. Ezen felfogás szerint az on-line paraméterbecslés meginditása előtt mindig meg kell várni annyi

mérési adatot, hogy az $\underline{\underline{X}}^T\underline{\underline{X}}$ mátrix inverziója elvégezhető legyen. Ez jelen esetben legalább (n+m+1) darab mérést jelent.

Megjegyezzük, hogy az on-line algoritmus kezdeti értékeként választható a $\underline{\hat{\theta}}_o = \underline{0}$ és $\underline{\underline{\Gamma}}_o = K.\underline{\underline{E}}$ érték is, ahol K elegendően nagy szám. [22] - ban bebizonyitották, hogy az on-line LKN algoritmus ebben az esetben is konvergens, ha $\underline{\underline{\Gamma}}_N$ legnagyobb sajátértéke is zérushoz tart, miközben $N \to \infty$.

[3] -ban megvizsgálták azt a lehetőséget is, amikor az on-line identifikáció közben az $\underline{\underline{X}}_N$ rangjának ideiglenes csökkenése miatt az $\underline{\underline{X}}_N^T\underline{\underline{X}}_N$ mátrix ideiglenesen szinguláriss á válik, és az általánositott inverz felhasználásával megfelelő algoritmust is közöltek.

Előfordulhat, hogy az on-line LKN identifikációt ugy kivánjuk végrehajtani, hogy a megelőző mérési eredményeink az aktuális modellünkben egyre kevesebb sullyal szerepeljenek, azaz a modell paramétereinek alakulása lehetőleg minél gyorsabban kövesse a folyamat paramétereinek változását. A kérdés egy lehetséges megközelitése az un. felejtési tényező bevezetésével történhet. A megelőző mérési eredményeinket egy $\mu \leq 1$ felejtési tényezővel sulyozva a kiértékelendő adatrendszer az LKN módszer esetén

$$\begin{bmatrix} \mu \underline{\underline{X}}_N \\ \underline{x}^T(N+1) \end{bmatrix} \quad \text{illetve} \quad \begin{bmatrix} \mu \underline{Y}_N \\ y(N+1) \end{bmatrix} \qquad /4.83/$$

alaku.

Az eddigiek nyomán egyszerüen levezethető, hogy μ figyelembevétele $\underline{\underline{\Gamma}}_N$ számitását módositja, mégpedig:

$$\underline{\Gamma}_N = \frac{1}{\mu^2}\left\{\underline{\Gamma}_{N-1} - \frac{[\underline{\Gamma}_N \underline{x}(N+1)]\ [\underline{\Gamma}_N \underline{x}(N+1)]^T}{\mu^2 + \underline{x}^T(N+1)\,\underline{\Gamma}_N\,\underline{x}(N+1)}\right\} \qquad /4.84/$$

alakban. A regressziós együtthatók számitása továbbra is /4.81/ szerint történik.

Ha μ az N függvényében változik, különböző felejtési stratégiákat érhetünk el. Ha $\mu_N = \mu$, azaz állandó az N függvényében, ugy a sulyozás, azaz a felejtés exponenciális [32].

Megjegyezzük, hogy a reziduális hiba szórásnégyzetére vonatkozó /4.19/ torzitatlan becslés is számitható rekurziv uton a következőképpen:

$$s_R^2(N+1) = s_R^2(N) + \frac{1}{N+1-P}\left[\frac{[y(N+1) - \underline{x}^T(N+1)\,\underline{\hat{\Theta}}_N]^2}{1 + \underline{x}^T(N+1)\,\underline{\Gamma}_N\,\underline{x}(N+1)} - s_R^2(N)\right]$$

/4.85/

Az identifikációt addig kell folytatni, mig az $s_R^2(N+1)$ el nem éri a kimeneti zaj szórásnégyzetét, illetve amig nem állandósul.

Különösképpen /4.81/ alkalmazásánál, azaz real-time vagy paraméterkövető identifikáció esetén a modell illesztettségének vizsgálatára az

$$s_g^2 = \frac{\sum_{j=N-g+1}^{N} [y(j) - \underline{x}^T(j)\,\underline{\hat{\Theta}}_N]^2}{g - P} \qquad /4.86/$$

dinamikus hibát használják, ahol g a dinamikus hiba "megfigyelési ideje".

Az LKN becslés itt tárgyalt on-line megoldásakor sem szabad megfeledkeznünk arról, hogy tulajdonképpen a /4.14/ rekurziv megoldását végez-

zük. Igy véges N-re a $\underline{\hat{\theta}}_N$ továbbra is torzitott és a torzitás kiküszöbölése most is csak az általánositott LKN módszerrel történhet.

4.2.2. Rekurziv általánositott legkisebb négyzetes módszer

Mint az előző fejezetben már emlitettük diszkrét dinamikus modell identifikációja esetén az egyszerü LKN becslés off-line és on-line változata csak elméleti jelentőségü. /Mivel az egyenlethibát és nem a kimeneti hibát minimalizálja/. Amennyiben a véges mintánál fellépő torzitást ki akarjuk küszöbölni, a fokozatos korrekciót az általánositott LKN módszer szerint végezhetjük /4.1.2. fejezet/. Az általánositott LKN módszernél a folyamatmodellre és a zajmodellre vonatkozó egyszerü LKN becslések off-line változatai váltogatják egymást. Ha az előző fejezetben az egyszerü LKN becslés rekurziv, on-line megoldásával kapcsolatosan mondottakat alkalmazzuk az általánositott feladatra, ugy ott is felépithető egy jól használható on-line algoritmus.

Tételezzük fel, hogy rendelkezésünkre áll a $\underline{\theta}$ paramétereknek N darab mérésből kapott valamely

$$\hat{\underline{\theta}}_N = (\underline{\underline{X}}_N^T \underline{\underline{X}}_N)^{-1} \underline{\underline{X}}_N^T \underline{Y}_N \qquad /4.87/$$

LKN becslése. Az ennek segitségével számitható

$$\underline{\epsilon}_N = \underline{Y}_N - \underline{\underline{X}}_N \hat{\underline{\theta}}_N \qquad /4.88/$$

egyenlethibavektorból a

$$\hat{\underline{h}}_N = (\underline{\underline{F}}_N^T \underline{\underline{F}}_N)^{-1} \underline{\underline{F}}^T \underline{\epsilon} \qquad /4.89/$$

összefüggés adja meg /4.33/ szerint a megfelelő korrigáló szürő paramétereit. A becsült paraméterek on-line felujitása ezek után a következőképpen történhet:

1. Az ujonnan bejövő $u(N+1)$, $y(N+1)$ méréseket az általánositott LKN

becslés szürési elve szerint /4.37/, /4.38/ egyenleteknek megfelelően szürjük a következőképpen:

$$u^F(N+1) = \hat{H}(z^{-1})\ u(N+1) \qquad /4.90/$$

$$y^F(N+1) = \hat{H}(z^{-1})\ y(N+1)$$

Ez tulajdonképpen az

$$\underline{x}^F(N+1) = \hat{H}(z^{-1})\ \underline{x}(N+1) \quad -t \qquad /4.91/$$

jelenti.

2. Az LKN becslés 4.2.1-ben ismertetett on-line megoldási elve most már alkalmazható. A $\underline{\underline{\Gamma}}$ mátrix felujitása a következőképpen történik:

$$\underline{\underline{\Gamma}}^{(1)}_{N+1} = \underline{\underline{\Gamma}}^{(1)}_{N} - \frac{(\underline{\underline{\Gamma}}^{(1)}_{N}\,\underline{x}^F(N+1))\ (\underline{\underline{\Gamma}}^{(1)}_{N}\,\underline{x}^F(N+1))^T}{1 + \underline{x}^{FT}(N+1)\ \underline{\underline{\Gamma}}^{(1)}_{N}\,\underline{x}^F(N+1)}, \qquad /4.92/$$

itt az (1)-es felső index arra utal, hogy $\underline{\underline{\Gamma}}^{(1)}$ az $(\underline{\underline{X}}^T\underline{\underline{X}})^{-1}$ felujitását jelenti.

Ennek segitségével a paramétervektor módositása /4.81/ alapján már elvégezhető:

$$\underline{\hat{\theta}}_{N+1} = \underline{\hat{\theta}}_N + \underline{\underline{\Gamma}}^{(1)}_{N+1}(y^F(N+1) - \underline{x}^{FT}(N+1)\,\underline{\hat{\theta}}_N)\,\underline{x}^F(N+1) \qquad /4.93/$$

3. Az általánositott LKN becslés elvének megfelelően most a korrigáló szürő paramétereit fogjuk felujitani. A zajmodell /4.33/ szerinti regressziójánál az

$$\epsilon(N+1) = y(N+1) - \underline{x}^T(N+1)\ \hat{\underline{\theta}}_{N+1} \qquad /4.94/$$

jelenti az ujonnan bejövő adatot.

4. Az $\epsilon(N+1)$ segitségével /4.82/ szerint felujitható a /4.33/-ban szereplő $(\underline{\underline{F}}^T\underline{\underline{F}})^{-1}$-t jelentő $\underline{\underline{\Gamma}}^{(2)}$ mátrix:

$$\underline{\underline{\Gamma}}^{(2)}_{N+1} = \underline{\underline{\Gamma}}^{(2)}_{N} - \frac{(\underline{\underline{\Gamma}}^{(2)}\ \underline{f}(N+1))\ (\underline{\underline{\Gamma}}^{(2)}_{N}\ \underline{f}(N+1))^T}{1 + \underline{f}^T(N+1)\ \underline{\underline{\Gamma}}^{(2)}_{N}\ \underline{f}(N+1)} \qquad /4.95/$$

ahol $\underline{f}(N+1)$ -t /4.27/ szerint képezzük. A $\underline{\underline{\Gamma}}^{(2)}$ felujitott értékével a /4.89/ által szolgáltatott zajmodellre vonatkozó együtthatók is felujithatók:

$$\hat{\underline{h}}_{N+1} = \hat{\underline{h}}_{N} + \underline{\underline{\Gamma}}^{(2)}_{N}\ (\epsilon(N+1) - \underline{f}^T(N+1)\ \hat{\underline{h}}_{N})\ \underline{f}(N+1) \qquad /4.96/$$

Az on-line algoritmushoz tehát az 1-4. pontokat kell folyamatosan ismételni a bejövő adatok feldolgozásához.

A felejtési tényezővel, valamint az illesztési hiba számitásával kapcsolatban a 4.2.1. fejezetben mondottakra utalunk.

Az általánositott LKN becslés on-line algoritmusával kapcsolatban megjegyezzük, hogy amennyiben $\epsilon(N+1)$ számitására /4.94/-ben a szürt adatokat használjuk fel, ugy az algoritmus szintén a $\underline{\theta}$ pontos értékeit szolgáltatja, viszont a zajmodell paraméterei elvesznek, mivel $\hat{\underline{h}}_N \to 0$.

Ha a kimeneti zaj a 4.1.1. pontban leirt szituációnak felel meg, ebben az esetben természetesen az on-line algoritmus 3. és 4. pontja elmarad és a szürést a /4.43/, /4.44/ szerint kell elvégezni.

Az általánositott LKN becslés on-line algoritmusát real-time identifikációra alkalmazva nem szabad elfeledkezni arról, hogy ezen eljárás felhasználásakor tulajdonképpen kettős konvergencia-folyamat játszódik le. Egyrészt $N \to \infty$ esetén a folyamatparaméterek egyre kisebb szórásu becslését kapjuk, másrészt az egyenlethibának a kimeneti hibához való konvergálásával a már emlitett torzitás értéke is fokozatosan csökken. Ezen tényezők miatt paraméterkövetés esetén az on-line és off-line stratégiák különböző változatait szokták kidolgozni /a paraméterváltozás közelitő követésére on-line becslés, a torzitás nagy pontosságu kiküszöbölésére adott pillanatban áttérés off-line algoritmusra/.

4.2.3 ÅSTROM-BOHLIN módszer on-line változata sztochasztikus approximációval

A 4.2.1. és 4.2.2. fejezetben láttuk, hogy az LKN becslést szolgáltató /4.13/ normálegyenlet rendszer megoldása rekurziv uton is megkapható, azaz a rendszerparaméterekre kapott becslés ujabb mátrixinverzió nélkül felujitható. Az on-line LKN algoritmusokat /4.81/, /4.82/ szerinti egyszerü alakjuk miatt alkalmazzák szivesen az előzőkben tárgyalt szituációkban.

A 4.1.3. fejezetben tárgyalt ÅSTROM-BOHLIN-féle ML becslés, amely a /4.50/ szerinti rendszer paramétereit a /4.55/ hibafüggvény minimalizálásával szolgáltatja, alapvetően nemlineáris módszer. Igy az eljárás ezen formában on-line identifikációra történő alkalmazása minden egyes beérkező adatpár után a hibafüggvény ujbóli minimalizálását igényelné, mely nyilvánvalóan nem járható ut. A következőkben a sztochasztikus approximáció [21, 22]-beli kanonikus alakjának alkalmazásával megvizsgáljuk az ÅSTROM-BOHLIN-féle módszer on-line változata kidolgozásának lehetőségeit.

A sztochasztikus approximáció feladata általában egy

$$\mathcal{J}(\underline{c}) = M\{Q(\underline{x}, \underline{c})\} \qquad /4.97/$$

funkcionál minimumának meghatározása a $\underline{c}$ paraméterekre vonatkozóan. Itt az $\underline{x}$ a Q statisztikus változását okozó sztochasztikus folyamatot jelöli.

A szélsőérték szükséges

$$\frac{d\,\mathcal{J}(\underline{c})}{d\underline{c}} = M_{\underline{x}}\left\{\frac{dQ(\underline{x}, \underline{c})}{d\underline{c}}\right\} = \underline{0} \qquad /4.98/$$

feltételét megadó algoritmus a sztochasztikus approximáció [21, 22]-beli kanonikus alakja szerint:

$$\underline{c}[N] = \underline{c}[N-1] - \underline{\underline{\Gamma}}[N] \nabla_{\underline{c}} Q(\underline{x}[N], \underline{c}[N-1]) \qquad /4.99/$$

ahol $\nabla_{\underline{c}} Q$ a Q-nak $\underline{c}$ szerinti gradiense a megfelelő argumentumokkal.

A /4.99/ algoritmus konvergenciájának szükséges és elégséges feltétele, hogy az általánositott ROBBINS-MONRO feltételek teljesüljenek [2, 21], azaz $\underline{\underline{\Gamma}}[N]$ legnagyobb sajátértéke is hipergeometrikus értelemben zérushoz tartson, ha $N \to \infty$. A feltétel elégségessége csak akkor érvényesül, ha a funkcionál unimodális, illetve csak lokális szélsőértéket biztosit. Ha a funkcionál alakjáról közelebbit is tudunk /deriváltak, stb/, a DWORETZKY-féle feltételekkel az elégségesség kritériuma szigoritható.

Az algoritmus legszembetünőbb előnye egyszerüsége mellett az, hogy a sztochasztikus folyamatok ismerete nélkül, a helyes müködéshez a /4.99/ szerint elegendő a gradiens egy-egy realizációját venni /és nem a várható értékét/.

A /4.99/ algoritmus konvergenciasebessége alapvetően a $\underline{\underline{\Gamma}}[N]$ konvergenciamátrix megválasztásától függ. A Függelék F3. és F4. pontjában levezettük a konvergenciamátrix kvadratikus értelemben optimális mátrix és skalár alakját. Az előbbi a NEWTON-RAPHSON módszer általánositásának tekinthető, azaz az on-line algoritmus minden pontjában a lokálisan érvényes kvadratikus közelités szélsőértékére /minimumára/ lép, az utóbbi pedig a legmeredekebb esés módszerének alkalmazása, mivel ekkor az on-line algoritmus a lokális gradiens irányában levő minimumra lép. Nyilvánvaló, hogy az előző módszer konvergencia sebessége lényegesen nagyobb, viszont mint látni fogjuk, a legtöbb esetben lényegesen több számitást igényel, mint a második.

A konvergenciamátrix optimalizálásával kapcsolatban megjegyezzük, hogy a sztochasztikus approximációs algoritmusok optimalizálásáról kétféle értelemben lehet beszélni. Az optimalizálás célja lehet annak a számítógépi időnek a minimalizálása, mely idő alatt egy adott algoritmussal megfelelő $\underline{\hat{c}}$ becslést kapunk. A másik lehetőség a konvergenciasebesség maximalizálása, azaz azon lépések számát igyekszünk minimalizálni, melyekkel a megfelelő $\underline{\hat{c}}$ becslést elérni kívánjuk. A minimális lépésszámu algoritmus számításigénye lehet nagyobb, mint az egyszerübb felépitésü algoritmusoké, tehát a kétféle szempont általában ellentmondó. Bár a számitási idő szükséglet nem hanyagolható el, főként akkor, ha az identifikációs eljárást egy komplex irányitási algoritmusba akarjuk beépiteni, mégis a minimális lépésszámu /kvadratikus értelemben optimális/ kritériumot választottuk. Az ÅSTROM-BOHLIN módszerre történő alkalmazáskor látni fogjuk majd, hogy az ott bevezetett közelitésekkel a gépi idő szükséglet követelményei is teljesülnek.

A F.3. pontban alkalmazott levezetés alapján az optimális konvergenciamátrix alakja:

$$\underline{\Gamma}[N] = \left[\sum_{m=1}^{N} \underline{H}_{\underline{c}}(Q\ (\underline{x}[m], \underline{c}[N-1])) \right]^{-1} \qquad /4.100/$$

ahol most $\underline{H}_{\underline{c}}(Q\ (\underline{x}[m], \underline{c}[N-1]))$ -el a Q-nak $\underline{c}$ szerinti második deriváltjait tartalmazó HESSE-féle mátrixot jelöltük, a megfelelő argumentumokkal.

Az F.4. pont alapján az optimális skalár konvergenciaegyüttható

$$\gamma[N] = \frac{\underline{\nabla}_{\underline{c}}^{T} Q(\underline{x}[N], \underline{c}[N-1]) \sum_{m=1}^{N} \underline{\nabla}_{\underline{c}} Q(\underline{x}[m], \underline{c}[N-1])}{\underline{\nabla}_{\underline{c}}^{T} Q(\underline{x}[N], \underline{c}[N-1]) \left\{ \sum_{m=1}^{N} \underline{H}(Q(\underline{x}[m], \underline{c}[N-1])) \right\} \underline{\nabla}_{\underline{c}} Q(\underline{x}[N], \underline{c}[N-1])}$$

/4.101/

/A két összefüggés közötti alapvető különbség, hogy a másodikban hiányzik a sorozatos invertálás, amely általában nem kerülhető el. Megemlitjük, hogy az LKN becslésnél, ha a /4.11/ célfüggvényre, amely a paraméterek kvadratikus függvénye, alkalmazzuk a sztochasztikus approximáció /4.99/ algoritmusát, ugy a /4.100/ szerinti konvergenciamátrixnál off-line esetben egyetlen lépésben megadja a /4.14/ becslést, on-line esetben pedig az algoritmus alakja pontosan megegyezik a mátrixok particionálásával kapott /4.81/, /4.82/ algoritmussal.

Vizsgáljuk meg a sztochasztikus approximáció optimális kanonikus alakjainak alkalmazását az ÅSTROM-BOHLIN módszerre. Mig off-line esetben az $\frac{1}{2}\sum_{t=1}^{N} e^2(t)$ volt a célfüggvény, az on-line esetben

$$J(\underline{\theta}) = M_{\underline{x}}\left\{\frac{1}{2}\sum_{t=1}^{N} e^2(t)\right\} = M_{\underline{x}}\left\{Q(\underline{x}, \hat{\underline{\theta}})\right\} \qquad /4.102/$$

ahol $\underline{x}$ a mérési adatok

$$\underline{x}[N] = [u[N], y[N]]^T \qquad /4.103/$$

vektora, N pedig a vizsgált időpillanatig elvégzett mérések száma. Az ÅSTROM-BOHLIN módszernél nyilvánvalóan a $\underline{c}$ paramétervektor szerepét az $\hat{\underline{\theta}}$ vektor fogja átvenni.

Itt megemlitjük, hogy az off-line aspektusu feladatok az $\underline{x}[N]$ szempontjából determinisztikusnak tekinthetők /nincs ugyanis ujonnan bejövő zavaró $\underline{x}[N]$ az identifikáció alatt/, a feladat tehát csupán sztochasztikus, mig az on-line feladatnál $\underline{x}[N]$ létezik és a feladat adaptiv jellegü. Az off-line esetre a /4.100/ kifejezés értéke:

$$\underline{\Gamma}[N] = [\underline{H}(Q(\hat{\underline{\theta}}[N-1]))]^{-1} \qquad /4.104/$$

ami a NEWTON-RAPHSON algoritmus /4.57/ alakjának felel meg.

On-line esetben a /4.102/ kifejezésben szereplő funkcionált kell tehát minimalizálni $\underline{\hat{\theta}}$ szerint. Alkalmazva a /4.99/ algoritmust:

$$\underline{\hat{\theta}}[N] = \underline{\hat{\theta}}[N-1] - \underline{\underline{\Gamma}}[N] \frac{dQ(\underline{x}[N], \underline{\hat{\theta}}[N-1])}{d\underline{\hat{\theta}}[N-1]} \qquad /4.105/$$

Az algoritmus alkalmazásakor a következő problémák vetődnek fel:

1. milyen legyen a $\underline{\hat{\theta}}(0)$ kezdőpont
2. hogyan számitható a gradiens vektor
3. milyen legyen és hogyan számitsuk $\underline{\underline{\Gamma}}(N)$ sulyozó mátrixot

A /4.105/ algoritmus konvergens volta esetén az <u>első</u> kérdésre egyszerü a válasz, ugyanis tetszőleges kiindulópontot választhatunk. A számitási idő csökkentése érdekében azonban a 4.1.3. fejezetben leirtakhoz hasonlóan az algoritmust az a_i, b_i együtthatókra /4.73/ szerint a minimálisan szükséges mérésből végzett off-line LKN becslésből indithatjuk. /Megjegyezzük, hogy az on-line algoritmus során sem szabad elfeledkeznünk a $C(z^{-1})$ polinomra vonatkozó korlátozásról. A programbeli /OML programok/ numerikus megoldás a 5. fejezetben szerepel/.

A <u>gradiens vektor</u> off-line esetre vonatkozó részletes felirása a 4.1.3. fejezet /4.60 - 4.63/ képleteivel adott. A vektorelemek hasonló formai felépitése miatt csak az első elem alakulását vizsgáljuk on-line esetben részletesen.

Tételezzük fel, hogy $\underline{\nabla}_{\underline{\hat{\theta}}} Q(\underline{x}[N], \underline{\hat{\theta}}[N-1])$ ismert és valamilyen $\underline{\underline{\Gamma}}[N]$ segitségével a $\underline{\hat{\theta}}[N]$ számitható. A következő mérési adatok u(N+1), y(N+1), azaz $\underline{x}(N+1)$ beérkezése után a $\underline{\nabla}_{\underline{\hat{\theta}}} Q(\underline{x}[N+1], \underline{\hat{\theta}}[N])$ értékre van szükségünk. Az első elemet részletesen felirva /4.62/ szerint a

$$\sum_{t=1}^{N+1} e(t)\ p(t-1) \qquad /4.106/$$

értéket kell kiszámitanunk.

Ennek meghatározására alapvetően két ut lehetséges:

1. Miután a $p[1],\ldots,p[N-1]$ és $e[1],\ldots,e[N]$ értékek az N-edik lépés után ismertek, igy a

$$p[N] = y[N] - \sum_{i=1}^{k} c_i\ p[N-i]$$

$$e[N+1] = y[N+1] + \sum_{i=1}^{n} a_i y[N+1-i] - \sum_{i=0}^{m} b_i u[N+1-i] -$$

$$- \sum_{i=1}^{k} c_i\ e[N+1-i] \qquad /4.107/$$

értékek számithatók. Ez a számitási mód azonban nem egzakt, mert a /4.107/ jobb oldalán szereplő $p[N-1],\ldots,p[N-k]$, $e[N]$, $e[N-1],\ldots,e[N-k]$ értékeket a $\underline{\hat{\theta}}[N-1]$ -el számoltuk, nem pedig a $\underline{\hat{\theta}}[N]$-el. $p[N]$ és $e[N+1]$ ismeretében az első vektorelemre közelitőleg irhatjuk:

$$\sum_{t=1}^{N+1} e[t]\ p[t-1] \approx \sum_{t=1}^{N} e[t]\ p[t-1] + e[N+1]\ p[N] \qquad /4.108/$$

Ez az összefüggés két ok miatt csak közelitő jellegü:

- $p[N]$ és $e[N+1]$ számitásában elkövetett hiba miatt
- a /4.108/ jobboldalán levő első tagban minden változó $\underline{\hat{\theta}}[N-1]$-el számolt érték, a második tag részben $\underline{\hat{\theta}}[N]$-el számolt mennyiség.

A /4.108/ egyenlet közelitő volta nyilván annál kisebb hibát okoz, minél kevesebb a $\underline{\hat{\theta}}[N]$ és a $\underline{\hat{\theta}}[N-1]$ paraméterek közötti eltérés, és segitségével a gradiens vektort a

$$\nabla_{\underline{\theta}} Q(\underline{x}[N+1], \hat{\underline{\theta}}[N]) = \nabla_{\underline{\theta}} Q(\underline{x}[N], \hat{\underline{\theta}}[N-1]) + e[N+1] \begin{bmatrix} p[N+1-1] \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ p[N+1-n] \\ -q[N+1-0] \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ -q[N+1-m] \\ -r[N+1-1] \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ -r[N+1-k] \end{bmatrix} \qquad /4.109/$$

szerint kell számolnunk.

2. A $\hat{\underline{\theta}}[N]$ és $\underline{x}[N+1]$ ismerete alapján $p[1],\ldots,p[N]$, $e[1],\ldots,e[N+1]$ egzakt módon számitható, tehát a

$$\sum_{t=1}^{N+1} e(t)\ p[t-1] \qquad /4.110/$$

és a többi vektorelem is.

Ekkor azonban a $p[1],\ldots,p[N]$, $e[1],\ldots,e[N+1]$ számításakor felhasználjuk az $\underline{x}[1],\ldots,\underline{x}[N+1]$ értékeket is, azaz minden eddigi mérés eredményét. Ez azt jelenti, hogy az adatokat nem on-line módon dolgozzuk fel, hiszen minden uj méréskor elvégzett becsléshez az összes előző mérés eredményét felhasználjuk. Ha a /4.105/ algoritmusban a hibafüggvény gradiensét ezen koncepció alapján számitjuk, akkor módszerünk egy változó lépéshosszu gradiens módszernek felel meg.

Az első számitási módozat /továbbiakban I. variáns/ számitási igénye

kicsi, közelitő jellege miatt azonban csak kis zajszintekre használható.

A második módozat /továbbiakban II. variáns/ számitási igénye az iterációs lépések számával rohamosan nő, és nem is jelent rekurziv adatfeldolgozást.

A két módozat alapján kompromisszumos megoldásként adódó harmadik módozat /továbbiakban III. variáns/ a következő gondolaton alapszik. Az első változatot tekintve az (N+1)-edik lépés gradiense az N-edik lépésben számitott gradiensből egy korrekciós tag hozzáadásával származtatható. Igy az (N+1)-edik lépés gradiense tartalmazza az első lépéstől az N-edik lépésig számitott korrekciós tagok összegét, melyhez képest az (N+1)-edik lépésben számitott korrekciós tag értéke kicsi lehet. Célszerü tehát valamilyen módon a kezdeti korrekciós tagokat fokozatosan elhagyni.

Az elkészitett számitógépes programban /OML-III. program/ egy bizonyos iterációs lépésig a gradienst a II. variáns szerint számitjuk, majd egy adott tetszőleges f lépéstől kezdődően már csak a $p[2],\ldots, p[f]$, $e[2],\ldots,e[f+1]$ értékeket vesszük figyelembe és igy tovább, vagyis állandóan [f-1] számu megelőző p[.] mérést és f számu e[.] mérést.

Tehát az (f+i)-edik lépésben a

$p[1+i],\ldots,p[f+i-1]$

$q[1+i],\ldots,q[f+i-1]$

$r[1+i],\ldots,r[f+i-1]$

$e[1+i],\ldots,e[f+i-1]$ /4.111/

értékeket kell számitanunk a legutolsó iteráció során kapott $\underline{\hat{\theta}}[.]$ paraméterértékekkel. Igy a gradiens számitásakor mindig f számu mérési eredményt veszünk figyelembe.

A /4.105/ algoritmus alkalmazásával kapcsolatosan a harmadik probléma a

$\underline{\underline{\Gamma}}[N]$ sulyozó mátrix megválasztása. A Függelék /F.10/ és /F.22/ képlete alapján látható, hogy mind az optimális sulyozó mátrix, mind a szuboptimális sulyozó függvény tartalmazza a

$$\left[\sum_{m=1}^{N} \underline{\underline{H}}_{\underline{\hat{\theta}}} (Q(\underline{x}[m], \underline{\hat{\theta}}[N-1])) \right]^{-1} \qquad /4.112/$$

mennyiséget, mely esetünkben az optimális sulyozó függvényre a

$$\left[\underline{\underline{\Gamma}}[N] \right]^{-1} = \sum_{m=1}^{N} \underline{\underline{H}}_{\underline{\hat{\theta}}} (Q(\underline{x}[m], \underline{\hat{\theta}}[N-1])) \qquad /4.113/$$

kifejezést adja.

A 4.1.3. fejezet /4.64 - 4.70/ képleteiből láttuk, hogy a $\underline{\underline{H}}_{\underline{\hat{\theta}}}(Q(\underline{x}, \underline{\hat{\theta}}))$ mátrix részben ugyanazokat, részben számitástechnikailag analóg segédváltozókat tartalmaz, mint a $\underline{\nabla}_{\underline{\hat{\theta}}} Q(\underline{x}, \underline{\hat{\theta}})$ vektor. Tehát $\underline{\underline{H}}_{\underline{\hat{\theta}}} (Q(\underline{x}, \underline{\hat{\theta}}))$ számitására ugyanazokat a megfontolásokat tehetjük, mint a $\underline{\nabla}_{\underline{\hat{\theta}}} Q(\underline{x}, \underline{\hat{\theta}})$ számitására az I., II., III. variáns vonatkozásában tettük.

A /4.113/ egzakt számitásához minden megelőző mérést fel kell használnunk, ezért tételezzük fel, hogy

$$(\underline{\underline{\Gamma}}[N])^{-1} = \sum_{m=1}^{N} \underline{\underline{H}}_{\underline{\hat{\theta}}} (Q(\underline{x}[m], \underline{\hat{\theta}}[N-1])) =$$

$$= \sum_{m=1}^{N-1} \underline{\underline{H}}_{\underline{\hat{\theta}}} (Q(\underline{x}[m], \underline{\hat{\theta}}[N-1])) + \underline{\underline{H}}_{\underline{\hat{\theta}}} (Q(\underline{x}[N], \underline{\hat{\theta}}[N-1]))$$

$$\approx \sum_{m=1}^{N-1} \underline{\underline{H}}_{\underline{\hat{\theta}}} (Q(\underline{x}[m], \underline{\hat{\theta}}[N-2])) + \underline{\underline{H}}_{\underline{\hat{\theta}}} (Q(\underline{x}[N] + \underline{\hat{\theta}}[N-1])) =$$

$$= (\underline{\underline{\Gamma}}[N-1])^{-1} + \underline{\underline{H}}_{\underline{\hat{\theta}}} (Q(\underline{x}[N], \underline{\hat{\theta}}[N-1])) \qquad /4.114/$$

azaz azt, hogy a

$$\sum_{m=1}^{N-1} \underline{\underline{H}}_{\underline{\hat{\theta}}} (Q(\underline{x}[m], \underline{\hat{\theta}}[N-1])) \approx \sum_{m=1}^{N-1} \underline{\underline{H}}_{\underline{\hat{\theta}}} (Q(\underline{x}[m], \underline{\hat{\theta}}[N-2])) =$$

$$= (\underline{\underline{\Gamma}}[N-1])^{-1} \qquad /4.115/$$

közelités érvényes, ami viszont lehetővé teszi, hogy a szummát rekurzivan számitsuk.

Ezen közelitések ellenére az optimális sulyozó mátrix használata megköveteli, hogy minden iterációs lépésben invertáljuk azt.

Az egzakt számitást és a /4.115/ közelitést jelentő két szélsőséges eset közötti kompromisszumként a

$$\underline{\underline{\Gamma}}[N] = \frac{1}{N+\alpha} (\underline{\underline{\text{diag}}}[H_{ii}^{(1)}])^{-1} \qquad /4.116/$$

alaku sulyozó diagonál mátrixot használtuk, ahol $H_{ii}^{(1)}$ -k a /4.65/-nek megfelelő mátrix diagonál elemei. Diagonál mátrix lévén az invertálás egyszerü reciprok-értékképzésre redukálódik. A diagonális elemek fizikailag szórás jellegü mennyiségeket jelentenek, /4.1.3. fejezet /4.76/ összefüggés/, igy segitségükkel tulajdonképpen minden paraméter becslésnek a szórásával arányos sulyt adunk. Az $\frac{1}{N+\alpha}$ arányossági tényezőben α a kezdeti, az a_i, b_i paraméterekre végzett LKN becsléshez szükséges mérések száma, azaz

$$\alpha = n + (m+1) + 1 = n + m + 2 \qquad /4.117/$$

Ezen diagonál sulyozó mátrix számitására azután még további közelitéseket végeztünk. Mint már emlitettük, a $\underline{\underline{H}}^{(1)}$ elemei ugyanazokat a segédváltozókat tartalmazzák, mint a $\underline{\nabla}_{\underline{\hat{\theta}}} Q(\underline{x}, \underline{\hat{\theta}})$, tehát itt is megkülönböztethetjük a

számitás I., II., III. változatát, vagyis az I. és II. variáns esetén a főátlóban levő szummák futóindexe t=1-től t=N-ig változik /I. esetén a /4.108/-hoz hasonló közelités felhasználásával, II. esetén az összes addigi mérési eredmény felhasználásával/, mig a III. variáns esetén

$$t = 1,\ldots,N \quad \text{ha} \quad N \leq f \text{ és}$$

$$t = N - f + 1 \text{ -től } N\text{-ig}, \quad \text{ha } N > f. \qquad /4.118/$$

Tehát az eddigi megfontolások alapján az algoritmus:

$$\underline{\hat{\theta}}[N] = \underline{\hat{\theta}}[N-1] - \frac{1}{N+\alpha} \left(\underline{\underline{\text{diag}}}[H_{ii}^{(1)}]\right)^{-1} \underline{\nabla_{\hat{\theta}}} Q(\underline{x}[N], \underline{\hat{\theta}}[N-1]) \qquad /4.119/$$

/Természetesen ezen belül még a $H_{ii}^{(1)}$ és a $\underline{\nabla_{\hat{\theta}}} Q(\underline{x}, \underline{\hat{\theta}})$ három féle számitási módozatát tételezzük fel./ Az előbb elmondottaknak megfelelően három féle programváltozatot készitettünk /OML-I, OML-II, OML-III/, melyekkel kapott eredmények, vizsgálatok tárgyalása az 5. fejezetben kerül sorra.

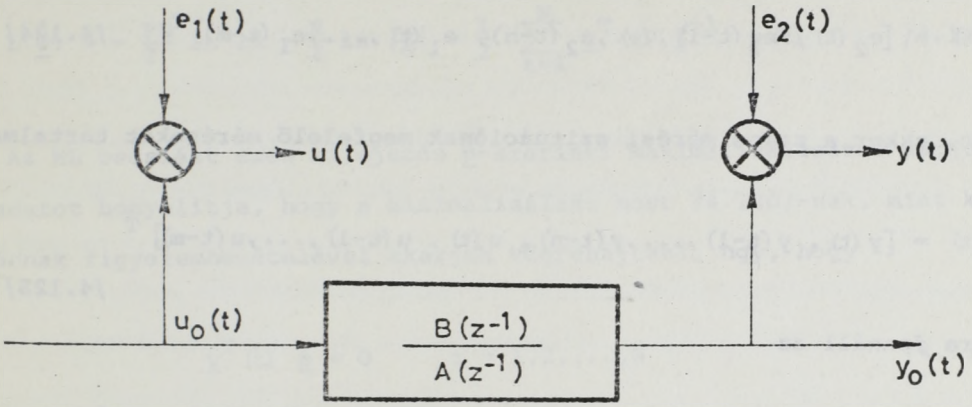
4.3. Bemeneti zajhatás identifikálhatóságának vizsgálata

Jóllehet a /2.5/ egyenletben a diszkrét rendszeridentifikáció igen általános modelljét adtuk meg, az eddig tárgyalt identifikációs módszerekben feltételeztük a bemeneti zaj hiányát, tehát azt, hogy az input adatok mérése hiba nélkül történt. A bemeneti zajok identifikálhatóságával kapcsolatban az irodalom véleménye meglehetősen megoszlott. Általában többen vannak, akiknek az a véleményük, hogy a bemeneti zajok méréstechnikai kiküszöbölése sokkal hatásosabb, mint egy olyan statisztikus /néha igen mesterkélt/ becslés konstruálása, amely a helyes alkalmazásához szükséges "apriori" információk miatt rendszerint hatástalan.

A bemeneti zaj identifikálására alkalmazott legujabb módszerek a FRISCH-féle konfluens analizis különböző irányzatai. Azért, hogy az előzőkben vizsgált módszereket bemeneti zajos rendszerekkel összehasonlithassuk, mi is megvizsgáltunk egy eljárást. Vizsgálatainkban a legismertebbnek és legelterjedtebbnek tekinthető KOOPMANS-LEVIN-féle módszert tanulmányoztuk, amelynek hatékonyságát az irodalom mindmáig nem egyértelmüen itéli meg [51]. Ez a módszer alapvetően off-line aspektusu, részletesen a következő fejezet tartalmazza.

4.3.1. KOOPMANS-LEVIN módszer

A módszer vizsgálatához tekintsük a 11. ábra szerinti rendszert.



11. ábra

Figyelembevéve, hogy a zajmentes rendszer differencia egyenletét a $B(z^{-1})$, $A(z^{-1})$ polinomok határozzák meg, ugy azt az eddigiekben használt felirás szerint

$$\underline{v}^T(t)\ \underline{\theta} = 0, \qquad /4.120/$$

ahol

$$\underline{v}(t) = [y_o(t)\ ,\ y_o(t-1)\ ,\ldots,y_o(t-n)\ ,\ u_o(t)\ ,\ u_o(t-1)\ldots,\ u_o(t-m)]^T \qquad /4.121/$$

valamint

$$\underline{\theta} = [1,\ a_1,\ldots,a_n,-b_o,-b_1,\ldots,-b_m]^T, \qquad /4.122/$$

vagy részletesen kiirva:

$$y_o(t) + \sum_{i=1}^{m} a_i y_o(t-i) + \sum_{i=0}^{m} (-b_i) u_o(t-i) = 0 \qquad /4.123/$$

Ha bevezetjük a be- és kimeneti zajokat reprezentáló

$$\underline{e}(t) = [e_2(t), e_2(t-1), \ldots, e_2(t-n), e_1(t), \ldots, e_1(t-m)]^T \qquad /4.124/$$

vektort, akkor a zajos mérési szituációnak megfelelő méréseket tartalmazó

$$\underline{x}(t) = [y(t), y(t-1), \ldots, y(t-n), u(t), u(t-1), \ldots, u(t-m)]^T \qquad /4.125/$$

vektorra fennáll az

$$\underline{e}(t) = \underline{x}(t) - \underline{v}(t) \qquad /4.126/$$

egyenlőség. Az $\underline{e}(t)$ -ben levő zavarójelekről feltételezzük, hogy GAUSS eloszlásuak, zérus átlaguak és az

$$M\left\{\underline{e}(t)\ \underline{e}^T(t)\right\} = \underline{\underline{Z}} \qquad /4.127/$$

kovarianciamátrixuk ismert.

Ebben az esetben az $\underline{e}(t)$ vektor P=n+m+2 dimenziós, valószinüség sürüségfüggvénye:

$$p(\underline{e}|\underline{v}) = (2\pi)^{-\frac{P}{2}} |\underline{\underline{Z}}|^{-\frac{1}{2}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\, \underline{e}^T(t)\, \underline{\underline{Z}}^{-1} \underline{e}(t)\right\}, \qquad /4.128/$$

mint ahogy azt a /3.2/-nél láttuk.

N darab független mintavételre az együttessürüségfüggvénye:

$$p_N(\underline{e}|\underline{v}) = (2\pi)^{-\frac{NP}{2}} |\underline{\underline{Z}}|^{-\frac{N}{2}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\sum_{t=1}^{N} \underline{e}^T(t)\,\underline{\underline{Z}}^{-1}\underline{e}(t)\right\} \qquad /4.129/$$

Az ML becslési módszer alkalmazásához irjuk fel a likelihood függvény, azaz /4.129/ természetes alapu logaritmusát:

$$L(\hat{\underline{\theta}}) = -\frac{PN}{2}\ln 2\pi - \frac{N}{2}\ln|\underline{\underline{Z}}| - \frac{1}{2}\sum_{t=1}^{N} \underline{e}^T(t)\,\underline{\underline{Z}}^{-1}\,\underline{e}(t) \qquad /4.13o/$$

Az ML becslést ezen kifejezés $\underline{\theta}$-szerinti maximalizálásával kapjuk. A feladatot bonyolitja, hogy a maximalizálást most /4.120/-nak, mint korlátozásnak figyelembevételével akarjuk végrehajtani, ugy, hogy

$$\underline{v}^T(t)\,\underline{\theta} = 0 \qquad t = 1,2,\ldots,N \qquad /4.131/$$

teljesüljön. Ez a korlátozás jelenti azt tulajdonképpen, hogy a zajos mérési adatokból a $\underline{\theta}$ paraméterek becslésével egyidejüleg a zajmentes $\underline{v}^T(t)$ be- és kimeneteket is becsülnünk kell.

Ezen korlátozás melletti maximalizálási feladatot a LAGRANGE - multiplikátorok módszerével a következő kifejezés minimalizálására vezethetjük vissza:

$$Q = \frac{1}{2}\sum_{t=1}^{N} (\underline{e}^T(t)\,\underline{\underline{Z}}^{-1}\underline{e}(t) + 2\psi(t)\,\underline{v}^T(t)\,\hat{\underline{\theta}}) \qquad /4.132/$$

A Függelék F.5 pontjában levezettük, hogy a /4.132/ kifejezés $\underline{v}(t)$ szerinti minimuma a

$$Q^{*} = \frac{1}{2}\,\frac{\hat{\underline{\theta}}^T\,\underline{\underline{D}}\,\hat{\underline{\theta}}}{\hat{\underline{\theta}}^T\,\underline{\underline{Z}}\,\hat{\underline{\theta}}} \qquad /4.133/$$

mennyiség, melynek $\hat{\underline{\theta}}$ szerinti minimalizálását kell elvégezni, ahol

$$\underline{\underline{D}} = \sum_{t=1}^{N} \underline{x}^T(t)\ \underline{x}(t) \qquad /4.134/$$

[49, 51]-ben bebizonyitották, hogy a /4.133/ kvadratikus alak infinumát /legnagyobb alsó határát/ a

$$\underline{\underline{D}}\ \hat{\underline{\theta}} = \lambda\ \underline{\underline{Z}}\ \hat{\underline{\theta}} \qquad /4.135/$$

általánositott sajátértékprobléma legkisebb sajátértéke adja és a minimumot biztositó $\hat{\underline{\theta}}$ pedig a legkisebb sajátértékekhez tartozó sajátvektor.

A Függelék F.6. pontjában bemutatjuk az általánositott sajátértékprobléma egy lehetséges megoldását, mely szerint a $\hat{\underline{\theta}}$ becslést megkapjuk, ha megoldjuk a

$$(\underline{\underline{G}}\ \underline{\underline{D}}\ \underline{\underline{G}}^{-1})\ \hat{\underline{\theta}}^{x} = \mu\ \hat{\underline{\theta}}^{x} \qquad /4.136/$$

egyszerü sajátértékproblémát, ahol $\underline{\underline{G}}$ a $\underline{\underline{Z}}$ sajátvektorainak mátrixa, mely mivel $\underline{\underline{Z}}$ szimmetrikus, ortonormált és $\underline{\underline{G}}^T = \underline{\underline{G}}^{-1}$. Ha ν_i-vel jelöljük a $\underline{\underline{Z}}$ sajátértékeit, ugy a

$$\lambda_{i^x} = \min_i \frac{\mu_i}{\nu_i} \qquad /4.137/$$

minimális sajátértéknek megfelelő μ_{ix}-hoz tartozó $\hat{\underline{\theta}}^{x}_{ix}$ sajátvektorból a

$$\hat{\underline{\theta}}' = \underline{\underline{G}}^{-1}\ \hat{\underline{\theta}}^{x}_{ix} \qquad /4.138/$$

transzformációval, majd a

$$\hat{\underline{\theta}} = \frac{1}{\hat{\theta}_1}\ \hat{\underline{\theta}}' \qquad /4.139/$$

szerinti normalizálással kapjuk a paramétervektor ML becslését, ahol $\hat{\theta}_1'$ a $\underline{\hat{\theta}}'$ vektor első összetevője. Kimutatható [37], hogy a /4.139/ becslés konzisztens, véges N-nél általában torzitott. Ha a bemeneti zajok szórása jóval kisebb, mint a bemenőjeleké, ez a torzitás kisebb, mint a paraméterek szórása.

A módszer alapelve ugy szemléltethető, hogy a zajok statisztikus tulajdonságát reprezentáló kovariancia mátrixot vonjuk le a megfigyelésekből képzett kovariancia mátrixból. Ez utóbbi hozzávetőleg a hasznos jelek és a perturbáló zajok kovariancia mátrixának összege, a levonás tehát végtelen nagy minták esetén aszimptotikusan tökéletes lesz. Ha a zajok kovariancia mátrixára vonatkozó információink nem biztosak, a becslés általában torzitott, mert aszimptotikusan sem következik be a zajok kovariancia mátrixának levonása.

Az előbb felsorolt problémák mellett a módszer legnagyobb hátrányának tartják, hogy a be- és kimeneti zaj modellt figyelmen kivül hagyva fehér zajt tételez fel és igy tulajdonképpen nem valódi ML becslést szolgáltat. Ez utóbbi kérdés a vizsgálatok jelenlegi szintjén azért nem olyan lényeges, mivel [51] szerint a feladat általános ML megoldása a jelenlegi számitógépes lehetőségek mellett még rendkivül bonyolult feladat.

A módszerrel kapcsolatban megjegyezzük, hogy a mérési pontok zónázásával /blokkolásával/ egyes esetekben speciális alaku $\underline{\underline{Z}}$ mátrix érhető el, illetőleg annak becslése, azaz az "apriori" információ előállitása egyszerübbé válik.

Az eljárás vizsgálatára készült a BZML program, segitségével kapott eredményeket az 5. fejezetben ismertetjük.

5. Matematikai kisérletek

A Bevezetésben körvonalaztuk, hogy a dolgozat célja az előző fejezetekben leirt módszerek vizsgálata. Az eddigiekben a módszerek elméleti alapjait tárgyaltuk és ezen fejezet célja, hogy a vizsgálatok során kapott tapasztalatokat összegezzük. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy vizsgálataink nem jelentik a közvetlen ipari alkalmazást, ugyanis, jelenleg még nem állnak rendelkezésre a szükséges perifériális eszközök, másrészt az ebben a stádiumban esedékes lényeges feladat megoldására törekedtünk, nevezetesen arra, hogy az ipari alkalmazás előfeltételét jelentő programcsomagokat elkészitsük, sőt használatukban bizonyos gyakorlottságra tegyünk szert, valamint megbizható tapasztalatokat szerezzünk az egyes módszerek különböző mérési szituációkban történő alkalmazhatóságáról. Ugy érezzük, hogy ezt viszont maradéktalanul tudtuk teljesiteni, ugyanis számitógép segitségével módunkban állt az összes lehetséges mérési szituációt előállitani és olyan körülményeket teremteni, melyek megfelelnek a valóságos ipari körülményeknek. Ezt a szituációt, mikor valamely rendszer statisztikus és egyéb tulajdonságait számitógépes szimulációval állitjuk elő - az utóbbi években elterjedt terminológia szerint - matematikai kisérleteknek nevezzük.

Matematikai kisérleteinkben a 4. ábrán látható rendszer-modellt használtuk, melynek segitségével tetszőleges folyamatmodellt és mérési szituációt tudtunk szimulálni off-line és on-line adatszolgáltatási lehetőséggel.

A 4. ábrán szereplő $\omega_1(t)$, $\omega_2(t)$ véletlen jeleket a MINSZK-22 számitógép programkönyvtárához tartozó véletlenszám-generátorral szolgáltatott egyenletes eloszlásu véletlen számokból [20] szerint egységnyi szórásu normális eloszlásuvá $N(0,1)$ transzformálva állitottuk elő. Bemenőjelként szintén normális eloszlásu $N(0,1)$ véletlen jelet használtunk.

A szimulációs modell programja flexibilis az identifikációs programokkal, ugyanis a matematikai kisérletek során történő egybeépitésük lényeges előnyt jelentett /időt takaritottunk meg és az adatátvitellel kapcsolatos számos hibalehetőséget zártunk ki./ Természetesen az identifikációs programok önmagukban alkalmasak egy mérési adatgyüjtőből érkező adatok feldolgozására is.

/Megjegyezzük, hogy mivel gyakori az az "apriori" ismeret, hogy $b_o=0$, ezért a programok ilyen esetben érvényes változatát külön elkészitettük, mely ebben az esetben a b_o-nak megfelelő sorokat ill. oszlopokat mátrixaiban és vektoraiban nem tartalmazza/.

A könnyü áttekinthetőség érdekében a továbbiakban mindegyik módszer esetén az azonos modellre végzett vizsgálatok eredményeit közöljük, mely lehetővé teszi azok szemléletes összehasonlithatóságát.

Az egyes módszereket GIER /illetve kis részben MINSZK/ számitógépre ALGOL-4 /MITRA-1/ nyelven programoztuk.

A programok csak központi memória használatuak, ezért a maximális mintavételi korlát N = 500.
Természetesen háttérmemória bevonásával alkalmasak nagyobb mennyiségü adat feldolgozására is on-line adatfeldolgozás esetén pedig ez a probléma fel sem vetődik.

A programok részletes bemeneti és kimeneti adatstrukturái az MTA Automatizálási Kutató Intézete Folytonos Folyamatok Irányitása Osztályán belső használati kézikönyvben megtalálhatók, igy a programok ismertetése során arra nem térünk ki.

5.1. Az elkészült programok ismertetése

LKN PROGRAM

A mérési adatokat off-line módon dolgozza fel és a 4.1. fejezetben definiált paramétervektorra a /4.14/ egyenlet szerint szolgáltatja a becslést. A 4. ábra szerinti modellre az alábbi adatok mellett az I. táblázatbeli becsléseket kaptuk. /A táblázatban $Q(\hat{\underline{\theta}}) = \frac{1}{2}\underline{e}^T\underline{e}$ /

I. táblázat

PARAMÉTEREK	VALÓDI ÉRTÉK	LKN BECSLÉS; N = 500		
		$\lambda_2 = 0.4$ 10 o/o zaj	$\lambda_2 = 1.8$ 50 o/o zaj	$\lambda_2 = 7.2$ 200 o/o zaj
$a_1=d_1$	-1.5	-1.45	-1	-0.61
$a_2=d_2$	0.7	0.65	0.25	0.05
b_o	0	-	-	-
b_1	1	1.05	1.16	1.46
b_2	0.5	0.49	0.87	0.99
c_1	-1	-	-	-
c_2	0.2	-	-	-
f_i	0	-	-	-
g_i	0	-	-	-
λ_1	0	-	-	-
$Q(\hat{\underline{\theta}})_{min}$	-	83.02	1283	15110

ÁLKN PROGRAM

Az adathalmaz off-line feldolgozására alkalmas és az off-line Általánositott Legkisebb Négyzetes módszer 4.1.2.-ben leirt algoritmusát valósitja meg, mely összefoglalva a következő lépésekből áll:

1. $\underline{\theta}$-ra végzünk egy LKN becslést:

$$\hat{\underline{\theta}}_{LKN} = (\underline{\underline{X}}^T \underline{\underline{X}})^{-1} \underline{\underline{X}}^T \underline{y} \qquad /5.1/$$

2. Képezzük az

$$\underline{\varepsilon} = \underline{y} - \underline{\underline{X}} \hat{\underline{\theta}}_{LKN} \quad \text{vektort} \qquad /5.2/$$

3. A zajmodell együtthatókra /4.33/ szerint végzünk becslést, vagyis

$$\hat{\underline{h}} = (\underline{\underline{F}}^T \underline{\underline{F}})^{-1} \underline{\underline{F}}^T \underline{\varepsilon} \qquad /5.3/$$

4. Elvégezzük a bemenő és kimenőjelek szürését

$$\begin{aligned} u^F(t) &= H(z^{-1}) \quad u(t) \\ y^F(t) &= H(z^{-1}) \quad y(t) \end{aligned} \qquad t = 1,2,\ldots,N \qquad /5.4/$$

5. A szürt adatok alapján végzünk $\underline{\theta}$-ra becslést:

$$\hat{\underline{\theta}} = (\underline{\underline{X}}^{FT} \underline{\underline{X}}^F)^{-1} \underline{\underline{X}}^{FT} \underline{y}^F \qquad /5.5/$$

Majd a 2. ponttól kezdődően /természetesen ekkor $\hat{\underline{\theta}}_{LKN}$ helyébe $\hat{\underline{\theta}}$ kerül/ ez ismétlődik mindaddig, mig két egymást követő iteráció által szolgáltatott becslési értékek közötti maximális eltérés /a korrekció/ abszolut értéke egy korlát alá nem esik. /A vizsgált adatok esetén itt $\delta = 0.001$/.

Ezen hibakorlát eléréséhez szükséges iterációk száma a zajszint függvénye. Az ÁLKN programmal kapott eredmények a II. táblázatban láthatók:

II. táblázat

PARAMÉTEREK	VALÓDI ÉRTÉK	ÁLKN BECSLÉS N = 500		
		$\lambda_2 = 0.4$	$\lambda_2 = 1.8$	$\lambda_2 = 7.2$
$a_1=d_1$	-1.5	-1.5	-1.470	-1.340
$a_2=d_2$	0.7	0.703	0.684	0.611
b_o	0	-	-	-
b_1	1	1.030	1.090	1.330
b_2	0.5	0.470	0.482	0.476
c_1 c_1^F	-1 1	× 0.900	× 0.889	× 0.830
c_2 c_2^F	0.2 0.8	× 0.585	× 0.561	× 0.439
f_i	0	-	-	-
g_i	0	-	-	-
λ_1	0	-	-	-
$Q(\underline{\hat{\theta}})_{(5.6)}$	-	44.9	903.75	14018.5

× Mivel a vizsgált szimulációs modellnél az ÁLKN módszer a $\lambda_2 \cdot \frac{A.C}{A} = \lambda_2 \cdot C = \lambda \frac{1}{C_F}$ egyenlőséget követeli meg, a becsült szűrő együtthatók $C^F = \frac{1}{C}$ polinom egyenlőségnek tesznek eleget, és a módszer a λ becslésére nem alkalmas.

A táblázatban szereplő, a minimumhoz tartozó hibafüggvényértéket a

$$Q(\underline{\hat{\Theta}}) = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^{N} (y^F(t) - \underline{x}^F(t)\ \underline{\hat{\Theta}}) \qquad /5.6/$$

szerint számitottuk.

A szükséges iterációk száma itt is a zajhatás függvénye és mig $\lambda_2 = 0.4$ esetén 4 iteráció tartozott a $\sigma = 0.001$-hez, $\lambda_2 = 7.2$ esetén már 27. A számitás során a minden iterációnál megmozgatandó hatalmas adattömeg okoz nagy időszükségletet, természetesen a szükséges invertálás sem hanyagolható el, igy az iterációnkénti gépi idő szükséglet GIER számitógépen 1 percen belül van.

ML PROGRAM

Az ML program a 4.1.3. fejezetben leirt ÅSTROM-BOHLIN-féle identifikációs módszert tartalmazza. Az algoritmust ott részletesen ismertettük, itt csak néhány problémának a programban alkalmazott megoldására térnénk ki.

1. Az identifikációs eljárás során kapott $\underline{\hat{\Theta}}$ megoldások közül csak azok a megengedettek, melyeknél $C(z^{-1})$ polinom gyökei az egységkörön belülre esnek, ugyanis a 4.1.3 fejezetben már indokoltuk, hogy ellenkező esetben numerikus instabilitás lép fel.

   /Az $A(z^{-1})$ polinom gyökeiről ezt eleve feltételezzük, különben a modell lenne instabil; adatainkat a müködő folyamatról kapjuk, igy az A polinomra nézve nem végzünk vizsgálatot/. A programban ez a korlátozás ugy szerepel, hogy amennyiben az uj paramétervektor a tiltott tartományba esik /minden iterációnál megkeressük a $C(z^{-1})$ polinom gyökeit/, ugy az előző és az uj paramétervektor kö-

zötti felezőpontból folytatjuk az algoritmust, feltéve, ha az igy kapott pont a megengedett tartományba esik. Ha nem, akkor további felezéssel az előző paraméterpontot egyre jobban megközelitjük, és ha az előző pont a tiltott terület határának közelében is volt, valószinü, hogy véges számu felezés után találunk egy olyan megengedett - tartománybeli pontot, ahonnan az eljárás folytatható.

2. A /4.57/ kifejezéssel leirt NEWTON-RAPHSON algoritmus konvergenciájának szükséges feltétele, hogy $\underline{\underline{H}}(Q, \underline{\hat{\theta}})$ mátrix pozitiv definit legyen. /4.59/-ből látható, hogy a $\underline{\underline{H}}(Q, \underline{\hat{\theta}})$ mátrix két mátrix összege, melyek közül $\underline{\underline{H}}^{(1)}$ mindig pozitiv definit, a másik ($\underline{\underline{H}}^{(2)}$) szerepe a lineárisnál gyorsabb konvergencia biztositása a "hegymászás" végefelé; tehát, ha az iteráció során a $\underline{\underline{H}}(Q, \underline{\hat{\theta}})$ nem egy pozitiv definit mátrix, akkor elég azt a $\underline{\underline{H}}^{(1)}$ -el számolnunk.

Annak figyelembevételével, hogy a mátrix inverzió müvelete a mátrix definitségét nem változtatja meg, valamint, hogy a $[\underline{\underline{H}}(Q, \underline{\hat{\theta}})]^{-1}$ főátló-beli elemei a $\underline{\hat{\theta}}$ paraméterelemek varianciáit adják - tehát ezek pozitiv értéke bir csak fizikai jelentéssel - a programban az inverz mátrix definitségét ellenőrizzük csak, és a pozitiv definitség szükséges feltételét vizsgáljuk csak, vagyis a főátlóbeli elemek pozitiv voltát. Tehát amennyiben az inverz mátrix valamelyik főátlóbeli eleme negativ volt, akkor az adott iterációs lépésbeli becslést $\underline{\underline{H}}(Q, \underline{\hat{\theta}})$ helyett $\underline{\underline{H}}^{(1)}$ pozitiv definit mátrix összetevővel végezzük el. Az alaposabb vizsgálat jelentős mértékben növelné a számitási időt /ugyanis ezt a vizsgálatot minden iterációs lépésben el kell végezni/, ez azonban eddigi tapasztalatunk szerint nem is vált szükségessé, ugyanis kiegészitésként a következő egyszerü ellenőrzést vezettük még be.

3. A 2. pontban leirtak alapján előfordulhat, hogy az iterációk során a hibafüggvény növekszik, ekkor a paramétertér előző $\underline{\hat{\theta}}^{k}$ és a

következő $\underline{\Theta}^{k+1}$ pontjai közötti távolságot megfelezzük. Az igy kapott pontból folytatjuk az iterációt, ha itt a hibafüggvény kisebb, mint a $\underline{\Theta}^{k}$ pontbeli. Ha nem, akkor a felezést mégegyszer elvégezzük ez utóbbi és a $\underline{\Theta}^{k}$ pont között /ez a $\underline{\Theta}^{k}$ és $\underline{\Theta}^{k+1}$ közötti távolság egynegyedénél van/. Ha igy sem kapunk megfelelő hibafüggvényértéket, az iterációt az utóbbi pontból folytatjuk, ugyanis ekkor valószinü, hogy a $\underline{\underline{H}}(Q, \underline{\Theta}^{k})$ helytelen volta nem biztositja a konvergenciát és a következő iteráció számitása során a 2. pontban leirt mátrix vizsgálat ujra szerepel. A tapasztalatunk az volt, hogy a 2. és 3. pont által tartalmazott ellenőrzések még a legzajosabb esetekben is elegendőnek bizonyultak.

4. Az iteráció befejezéséhez a $[\underline{\underline{H}}(Q,\underline{\Theta}^{k})]^{-1} \underline{\nabla}_{\Theta} Q(\underline{x},\underline{\Theta}^{k})$ iterációnkénti korrekcióra adtunk meg határértéket,ugyanis ha ez egy bizonyos kis értéket elér, akkor a paraméterekben ugy sem hoz létre lényeges változást, tehát minden paraméterre vonatkozó korrekció abszolut értékének ezen korlát alá kell esni ahhoz, hogy az iterációt befejezzük.

A programban lehetőség van arra, hogy a 4.1.3.-ban leirtaktól eltérően a /4.57/ iterációt az a_i, b_i együtthatókra végzett legkisebb négyzetes becslésből inditsuk, hanem esetleg "apriori" ismert kedvezőbb kezdőértékből. Ez lehetőséget nyujt arra is, hogy az eredményül kapott Q_{min} globális szélsőérték voltát eldöntsük.

Ha azonban az a_i, b_i-re végzett LKN becslésből indul az iteráció, akkor ezen lépés után ellenőrizzük a

$$\frac{\sum_{t=1}^{N} e^2(t)}{\sum_{t=1}^{N} y(t)} < \alpha$$ feltétel teljesülését,

ugyanis, ha ez egy kis szám /általában $\alpha = 10^{-4}$-t adtunk meg/, akkor az igy kapott a_i, b_i értékekkel becsült e(t) értékek olyan kicsire adódnak, hogy a további iterációs lépések helytelen irányban történnének, holott /éppen ez indokolja/ az LKN becslés már egy nagyon jó becslés. /Kis zaj esetén léphet ez fel/.

A programban szereplő eljárások:

real procedure invert (a,n)

az a[i, j]-ben levő nxn-es mátrix invertálását végzi GAUSS-JORDAN módszerrel, teljes főértékkereséssel. Az eljárás értéke az előfordult legkisebb pivotelem, mely alkalmas lehet arra, hogy ellenőrizzük a mátrixinverzió megbizhatóságát.

procedure SPERC /a,N,Y,eps/

valós együtthatós polinom valós és/vagy komplex gyökeit határozza meg.

A program a 4.1.3.-ban leirtak szerint szogáltatja a $\underline{\theta}$ paraméterbecslést, valamint a λ és a szórásmátrix becslését és a hibafüggvény elért minimális értékét. Lehetőség van arra is, hogy az iterációk során kapott részeredményeket is kiirassuk.

A programmal kapott eredmények láthatók a III. táblázatban

III. táblázat

PARAMÉTEREK	VALÓDI ÉRTÉK	ML BECSLÉS N = 500		
		$\lambda_2 = 0.4$	$\lambda_2 = 1.8$	$\lambda_2 = 7.2$
$a_1=d_1$	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5
$a_2=d_2$	0.5	0.7	0.69	0.67
b_o	0	-	-	-
b_1	1	1.02	1.11	1.44
b_2	0.5	0.47	0.37	-0.08
c_1	-1	-1.01	-1.01	-1.01
c_2	0.2	0.2	0.2	0.16
f_i	0	-	-	-
g_i	0	-		-
λ_1	0	-	-	-
λ_2	-	0.4	1.8	7.33
Q_{min}	-	41.65	843.1	13440

A struktura és a holtidő identifikálására [15] -ben javasolt eljárást jelentős számitási időigénye miatt nem alkalmaztuk. /Ezek a módszerek - mint általában az irodalomban javasoltak - a számláló és nevező fokszámának szisztematikus változtatásával, a paraméterbecslés ujbóli elvégzésével vonnak le következtetéseket a strukturára vonatkozóan. Mivel a különböző szerzők stratégiái meglehetősen intuitivak, ezért egyiket sem épitettük be a programba, viszont az a bemenőadatok segitségével bármelyik stratégiánál felhasználható. Az erre vonatkozó döntés meghozatalának elősegitésére a /4.77/ szerinti összefüggést is felhasználhatjuk/. A struktúrát illetően végzett vizsgálataink eredményei a IV. táblázatban láthatók.

IV. táblázat

PARA-MÉTEREK	VALÓDI ÉRTÉK	ML BECSLÉS N = 500		
		I.	II.	III.
$a_1=d_1$	-1.5	-1.45	-1.46	-0.55
$a_2=d_2$	0.7	0.61	0.63	-0.71
$a_3=d_3$	0	0.03	0.03	0.65
b_o	0	-	-	-
b_1	1	1.01	1.01	1.02
b_2	0.5	0.55	0.54	1.40
b_3	0	-	-0.006	0.54
c_1	-1	-0.88	-0.89	0.02
c_2	0.2	0.11	0.11	-0.73
c_3	0	-	-	0.13
f_i	0	-	-	-
g_i	0	-	-	-
λ_1	0	-	-	-
λ_2	1.8	1.69	1.69	1.68
Q_{min}	-	361	361	355.7

Levonhatjuk belőle azt a következtetést, hogy az a_i illetve b_i paraméterek számát illetően elkövetett tévedés nem rontja jelentősen az eredményt, de ha a c_i paraméterek számát tulbecsüljük, akkor a többi paraméterben is lényeges torzulást kapunk. Azt is megállapithatjuk, hogy a hibafüggvény értékében való módosulás nem alkalmas a struktura helyességének eldöntésére.

A program futási ideje a korrekcióra adott hibakorlát értékétől függ,

valamint attól, hogy a zajhatás milyen mértékü; nagy zaj növeli a szükséges iterációk számát. Egy iteráció elvégzésében a jelentős gépi időszükségletet a gyökkeresés jelenti, igy az emlitett SPERC eljárás alkalmazása esetén egy iteráció gépi ideje 1 perc.

OLKN PROGRAM

Az adathalmaz on-line feldolgozásán alapul, és a 4.2.1. fejezetben leirt On-line Leg-Kisebb Négyzetes becslési algoritmust valósitja meg.

A programmal ugyanazokat az eredményeket kaptuk, mint az LKN programmal, mely indokolt is, hiszen az OLKN csak az adatfeldolgozás módjában tér el az LKN-től.

RÁLKN PROGRAM

A Rekurziv Általánositott Leg-Kisebb Négyzetes program alapvetően on-line adatfeldolgozásra készült. Az algoritmus az a_i, b_i, azaz a $\underline{\theta}$ együtthatókra végzett off-line LKN becsléssel kezdődik, majd az

$$\underline{\varepsilon} = \underline{Y}_N - \underline{\underline{X}}_N \hat{\underline{\theta}}_{LKN} \qquad /5.7/$$

összefüggés segitségével a

$$\hat{\underline{h}}_N = (\underline{\underline{F}}_N^T \underline{\underline{F}}_N)^{-1} \underline{\underline{F}}^T \underline{\varepsilon}, \qquad /5.8/$$

a szürő paraméterek becslését végezzük.

Ezután a következő lépések szerint végezzük a paraméterek rekurziv felujitását:

1. Az ujonnan beérkező adatok szürése:

$$\underline{x}^F(N+1) = \hat{H}(z^{-1})\ \underline{x}(N+1) \qquad /5.9/$$

2. A 4.2.2. fejezetben leirtak szerint felujitjuk a sulyozó mátrixot:

$$\underline{\underline{\Gamma}}^{(1)}_{N+1} = \underline{\underline{\Gamma}}^{(1)}_{N} - \frac{(\underline{\underline{\Gamma}}^{(1)}_{N}\ \underline{x}^F(N+1))\ \ (\underline{\underline{\Gamma}}^{(1)}_{N}\ \underline{x}^F(N+1))^T}{1 + \underline{x}^{FT}(N+1)\ \ \underline{\underline{\Gamma}}^{(1)}_{N}\ \ \underline{x}^F(N+1)} \qquad /5.10/$$

3. A $\underline{\hat{\theta}}$ paramétervektor felujitása

$$\underline{\hat{\theta}}_{N+1} = \underline{\hat{\theta}}_{N} + \underline{\underline{\Gamma}}^{(1)}_{N+1}\ (y^F(N+1) - \underline{x}^{FT}(N+1)\ \ \underline{\hat{\theta}}_{N})\ \underline{x}^F(N+1) \qquad /5.11/$$

4. Zajmintavétel becslése

$$\epsilon(N+1) = y(N+1) - \underline{x}^T(N+1)\ \ \underline{\hat{\theta}}(N+1) \qquad /5.12/$$

5. A

$$\underline{\underline{\Gamma}}^{(2)}_{N+1} = \underline{\underline{\Gamma}}^{(2)}_{N} - \frac{(\underline{\underline{\Gamma}}^{(2)}_{N}\ \underline{f}(N+1))\ \ (\underline{\underline{\Gamma}}^{(2)}_{N}\ \underline{f}(N+1))^T}{1 + \underline{f}(N+1)\ \ \underline{\underline{\Gamma}}^{(2)}_{N}\ \underline{f}(N+1)} \qquad /5.13/$$

felujitása után a zajmodell együtthatókat korrigáljuk:

6. $$\underline{\hat{h}}_{N+1} = \underline{\hat{h}}_{N} + \underline{\underline{\Gamma}}^{(2)}_{N}\ (\epsilon(N+1) - \underline{f}^T(N+1)\ \ \underline{\hat{h}}_{N})\ \ \underline{f}(N+1) \qquad /5.14/$$

Majd az 1. ponttól kezdődően ismételjük az iterációt mindaddig, mig az iteráció befejezésére megadott kritérium nem teljesül. A RÁLKN program esetében választani lehet előre megadott iterációszám és a legnagyobb paraméter változás abszolut értékének egy adott korlát alá érésének észlelése között.

A vizsgált példára $\lambda_2 = 0.4$ esetén az V. táblázatbeli eredményeket kaptuk.

V. táblázat

PARAMÉTEREK		VALÓDI ÉRTÉK		RÁLKN BECSLÉS N = 500 $\lambda_2 = 0.4$
$a_1=d_1$		-1.5		-1.49
$a_2=d_2$		0.7		0.69
b_o		0		-
b_1		1		1.034
b_2		0.5		0.469
c_1	$^{*}c_1^F$	-1	1	0.574
c_2	$^{*}c_2^F$	0.2	0.8	0.174
f_i		0		-
g_i		0		-
λ_1		0		-
Q_{min}		-		0.133

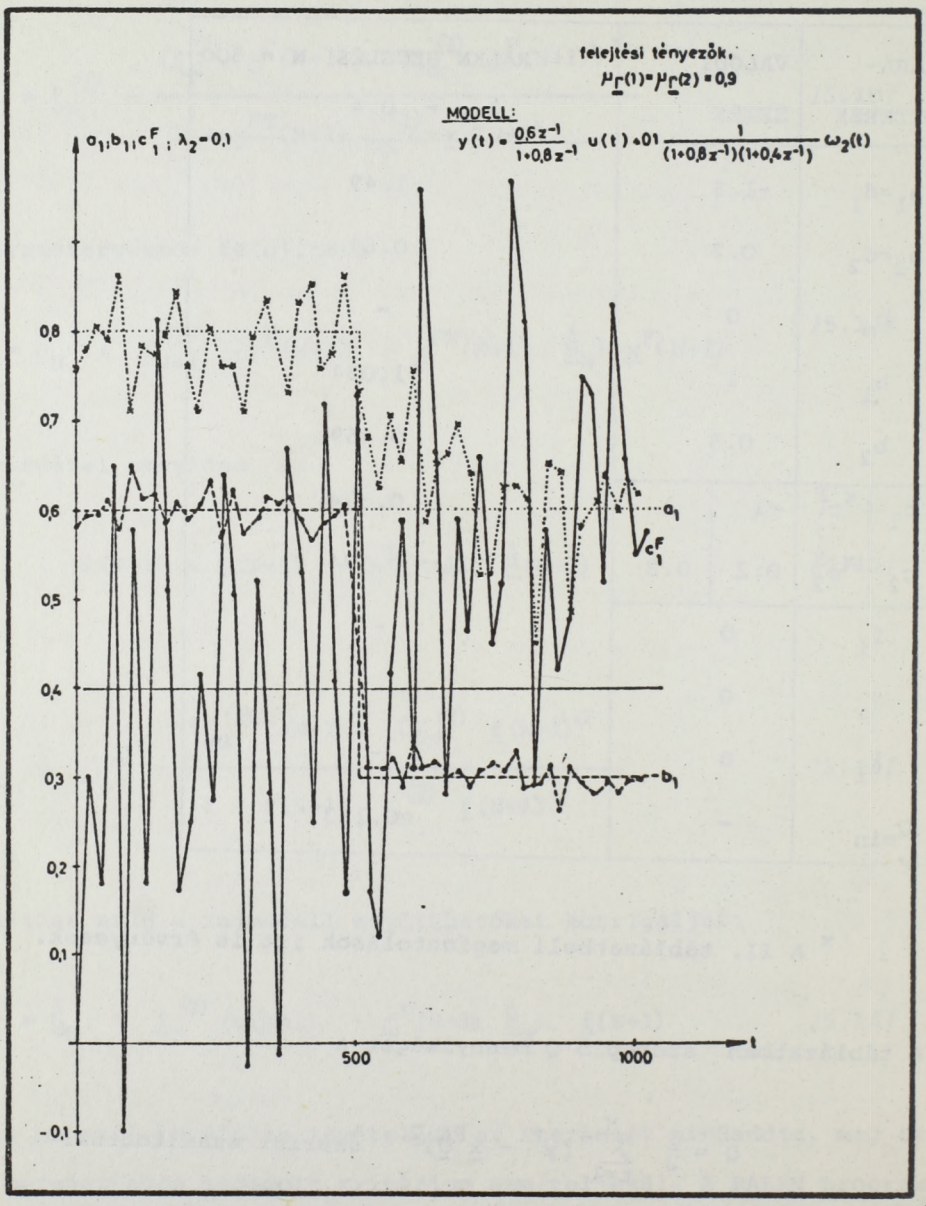
* A II. táblázatbeli megfontolások itt is érvényesek.

A táblázatban szereplő Q mennyiséget a

$$Q = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^{N} (y^F - \underline{x}^{F\Delta}\underline{\theta})^2$$ szerint számitottuk.

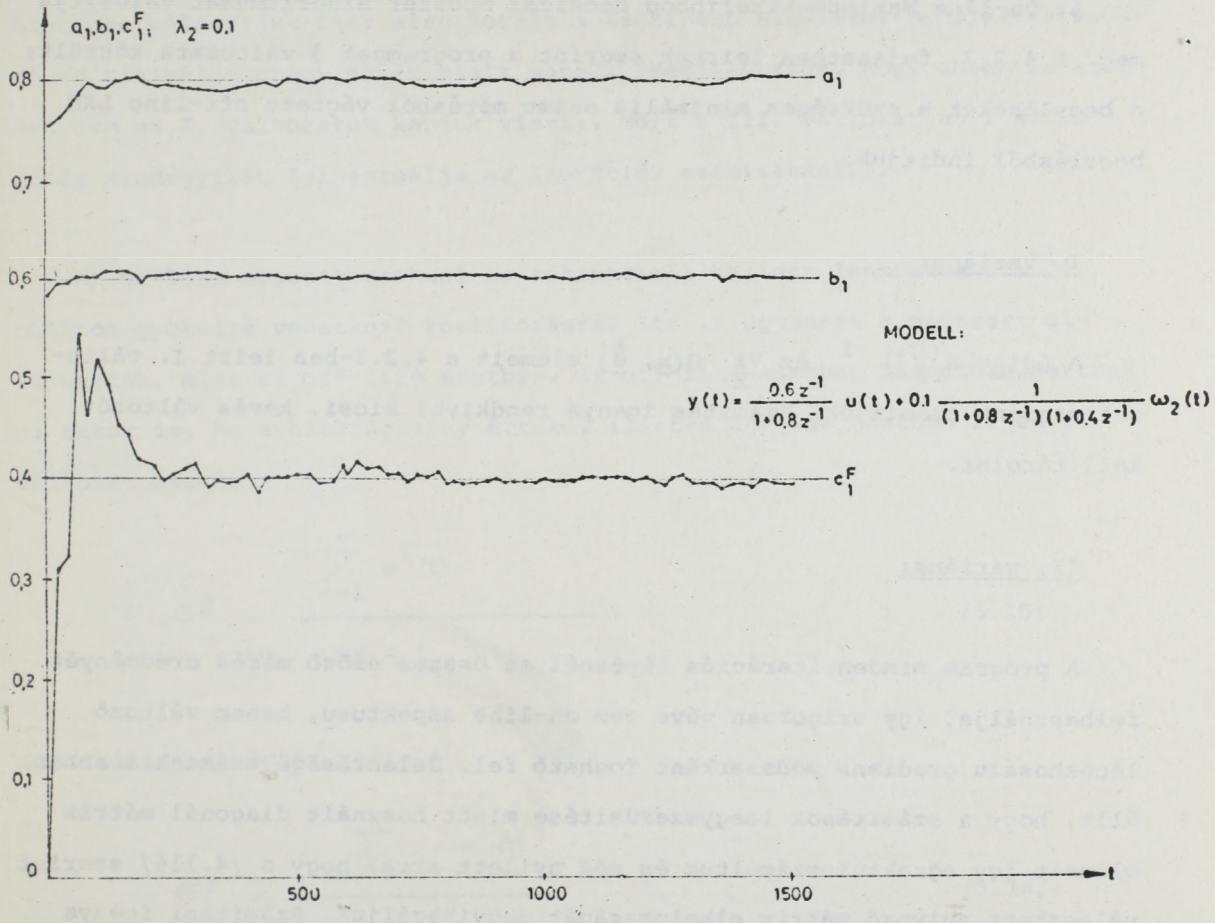
Látható, hogy az off-line esethez hasonlóan a zajparaméterek becslésére nem ad jó eredményt a módszer.

Megvizsgáltuk a módszer paraméterkövető tulajdonságait; a vizsgálat tartama N = 1000 mintavétel volt, miközben N = 500-nál a modell a_1, b_1 paraméterét ugrásszerüen megváltoztattuk és a 4.2.1-ben emlitett felejtési tényezőt $\underline{\Gamma}^{(1)}$ és $\underline{\Gamma}^{(2)}$ felujitásánál 0.9-re választottuk. A paraméter becslések alakulása a 12. ábrán látható.



12. ábra

Ugyanekkora zajhatás /$\lambda_2 = 0.1$/ esetén $\mu_{\underline{\Gamma}(1)} = \mu_{\underline{\Gamma}(2)} = 1$-re a becslések alakulása a 13. ábrán látható.



13. ábra

A 12. és 13. ábra összevetéséből megállapithatjuk, hogy a 12. ábra esetén alkalmazott μ értékeknél nagyobb felejtési tényezőt célszerű választani, mert igy a pillanatnyi mérések erősen ingadozóvá teszik a becslést.

/A felejtési tényezők megválasztását illetően részletes vizsgálatok és hasznos tapasztalatok találhatók a [32] -ben statikus identifikációra/.

OML PROGRAMOK

Az On-line Maximum-Likelihood becslési módszer algoritmusát valósitja meg. A 4.2.3. fejezetben leirtak szerint a programnak 3 változata készült; a becsléseket a szükséges minimális számu mérésből végzett off-line LKN becslésből inditjuk.

I. variáns:

A $(\underline{\underline{diag}}[H_{ii}^{(1)}])^{-1}$ és $\nabla_{\underline{\theta}} Q(\underline{x}, \underline{\theta})$ elemeit a 4.2.3-ban leirt I. változat szerint számitjuk. Számitás igénye rendkivül kicsi, kevés változót kell tárolni.

II. variáns:

A program minden iterációs lépésnél az összes előző mérés eredményét felhasználja, igy szigoruan véve nem on-line aspektusu, hanem változó lépéshosszu gradiens módszerként fogható fel. Jelentősége számunkra abban állt, hogy a számitások leegyszerüsitése miatt használt diagonál mátrix elemeit igy egzaktul számoltuk és mód nyilott arra, hogy a /4.116/ szerint választott sulyozó mátrix alkalmasságát megvizsgáljuk. Számitási igénye nagy.

III. variáns:

Miután a II. változat jó eredményt szolgáltatott, ez adta az ötletet, hogy egy olyan számitási módot alkalmazzunk, mely az első mérési adatokat fokozatosan elhagyja és mindig csak a legutóbbi "f" számu mérési adatot veszi figyelembe. Az első f számu adat feldolgozására a II. változatot

használjuk. Az egyes segédváltozók numerikus kiszámitása rekurziv képlettel történik és mindegyikből csak a $C(z^{-1})$ polinom fokszámának megfelelő számu elemet kell tárolni.

Ha $f = N$ /N az összes mérések száma/, akkor a III. változat a II. változatba megy át. A III. változat számitásigénye annál kisebb, minél kisebbre választjuk f-t, alsó korlát a legkisebb négyzetes becsléshez szükséges minimális számu mérés miatt m+n+2. /Megjegyezzük, hogy ebben az esetben nem az I. változatot kapjuk vissza, mert a III. változat az f számu mérés mindegyikét felhasználja az iterációk számitásánál/.

Az on-line algoritmusoknál is tekintettel kellett lennünk a $C(z^{-1})$ polinom gyökeire vonatkozó korlátozásra. Itt is ugyanazt a módszert alkalmaztuk, mint az off-line esetben. Az off-line esethez hasonlóan jártunk el akkor is, ha a hibafüggvény értéke, illetve on-line esetben I. és II. változat esetén a

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{t=1}^{N} e^2(t)}{N - 1} \qquad /5.15/$$

III. változat esetén pedig a

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{t=N-f+1}^{N} e^2(t)}{f - 1} \qquad /5.16/$$

szórásjellegü mennyiségek növekedtek.

Az adott modellegyütthatókra különböző λ_2-k esetén lefuttatott programokat a VI. táblázatban foglaltuk össze. G jelöli a GIER-ALGOL-4 nyelvü programokat. Gépi idő megtakaritás céljából az Intézet MINSZK-22 gépén is végeztünk futtatásokat, ezeket M-el jelöltük.

VI. táblázat

PROGRAM	λ_2	PROGRAM NYELV	f	FUTÁSI IDŐ [PERC]	N
I.	0.4	G	-	10	480
I.	1.8	G	-	30	480
II.	0.4	G	-	30	120
III.	0.4	M	20	20	480
III.	1.8	M	20	20	480
III.	0.4	M	30	30	480
III.	1.8	M	30	30	480
III.	7.2	M	30	30	480

$\lambda_1 = 0$

Az iteráció leállitásához itt is választhattunk fix számu mintavételt vagy a paraméterkorrekció abszolut értékére korlátot.

Az I. variáns programmal kapott eredmények láthatók a VII. táblázatban.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

VII. táblázat

PARA-MÉTEREK	VALÓDI ÉRTÉK	OML-I. BECSLÉS N = 480	
		λ_2 = 0.4	λ_2 = 1.8
$a_1=d_1$	-1.5	-1.46	-1.01
$a_2=d_2$	0.7	0.65	0.26
b_o	0	-	-
b_1	1	1.07	1.28
b_2	0.5	0.44	0.75
c_1	-1	-0.63	-0.2
c_2	0.2	0	0
f_i	0	-	-
g_i	0	-	-
λ_1	0	-	-
λ_2	-	0.48	2.43

A II. variáns programmal kapott eredmények láthatók a VIII. táblázatban. /Mint a VI. táblázatból látható, ezeket az eredményeket kevesebb iteráció számnál kaptuk, ennek oka, hogy számitógépi időszükséglete nagy és a gépi idő csak korlátozott mértékben állt rendelkezésünkre/.

A III. variáns programmal kapott eredmények láthatók a IX. táblázatban.

VIII. táblázat

PARA-MÉTEREK	VALÓDI ÉRTÉK	OML-II. BECSLÉS N = 120	
		$\lambda_2 = 0.4$	$\lambda_2 = 1.8$
$a_1=d_1$	-1.5	-1.49	-1.30
$a_1=d_2$	0.7	0.69	0.52
b_o	0	-	-
b_1	1	0.96	0.79
b_2	0.5	0.56	0.97
c_1	-1	-0.82	-0.72
c_2	0.2	-0.04	-0.07
f_i	0	-	-
g_i	0	-	-
λ_1	0	-	-
λ_2	-	0.45	1.98

IX. táblázat

PARA-MÉTER	VALÓDI ÉRTÉK	OML-III. BECSLÉS N = 480		
		$\lambda_2 = 0.4$		$\lambda_2 = 1.8$
		20	30	30
$a_1=d_1$	-1.5	-1.5	-1.5	-1.31
$a_2=d_2$	0.7	0.7	0.7	0.54
b_o	0	-	-	-
b_1	1	0.96	0.96	0.89
b_2	0.5	0.55	0.55	0.92
c_1	-1	-0.82	-0.81	-0.75
c_2	0.2	-0.05	-0.06	-0.05
f_i	0	-	-	-
g_i	0	-	-	-
λ_1	0	-	-	-
λ_2	-	0.38	0.37	1.84

A X. táblázat f = 30 esetén a különböző λ-kra kapott eredményeket mutatja.

X. táblázat

PARAMÉTER	VALÓDI ÉRTÉK	OHL-III. BECSLÉS f=30; N = 480		
		$\lambda_2 = 0.4$	$\lambda_2 = 1.8$	$\lambda_2 = 7.2$
$a_1=d_1$	-1.5	-1.5	-1.31	-1.07
$a_2=d_2$	0.7	0.7	0.54	0.31
b_o	0	-	-	-
b_1	1	0.96	0.89	0.78
b_2	0.5	0.55	0.92	1.44
c_1	-1	-0.81	-0.75	-0.6
c_2	0.2	-0.06	-0.05	-0.14
f_i	0	-	-	-
g_i	0	-	-	-
λ_1	0	-	-	-
λ_2	-	0.37	1.84	7.26

Az I. variáns kis számitási igényü, de a jel/zaj viszony csökkenésével nő a paraméterek becslésében bekövetkező torzulás.

A VIII. táblázatból is látható, hogy a becslés pontossága a jel/zaj viszonnyal nő.

A IX. táblázatból látható, hogy a III.változat esetén az azonos λ_2-jü, de eltérő f értékü futtatások során kapott becslések pontossága f csökkenésével alig változik. Mivel számitástechnikai szempontból a kis f értékek a kedvezőek, ezért a futtatások során erre törekedtünk.

Az f un. shiftelési szám csökkentésekor azonban nem szabad megfeledkezni egy a módszer lényegéből következő dologról. A III. variáns módszer

minden lépésben (f-1) számu p, q, r segédváltozót és e(.) értéket számit ki az előző lépésben becsült $\hat{\underline{\theta}}[N]$ paraméterek segitségével. Ezen változók rekurziv számitásából következik, hogy c_i (i=1,2,...k) együtthatók számának megfelelően k számu olyan segédváltozóra, ill. e(.)-re van szükség, melyeket az előző lépésekben becsült $\hat{\underline{\theta}}[N-1]$ értékkel számitottunk ki. Ha ezen megelőző lépésekben becsült $\hat{\underline{\theta}}$ paramétervektorok c_i elemei nagyon eltérnek a $\hat{\underline{\theta}}[N]$ c_i elemeitől, akkor már az első $\hat{\theta}[N]$-el számitott p, q, r, értékek nagyon pontatlanok lesznek és a hiba a számitások rekurziv volta miatt tovább halmozódik. Az elmondottak értelmében annyi mérési adat feldolgozása után lehet áttérni a II. változatról a III.-ra, amennyi után a becsült c_i paraméterek változása megfelelően kicsi. Ezen megfontolások alapján jutottunk el a táblázatban szereplő f értékekhez.

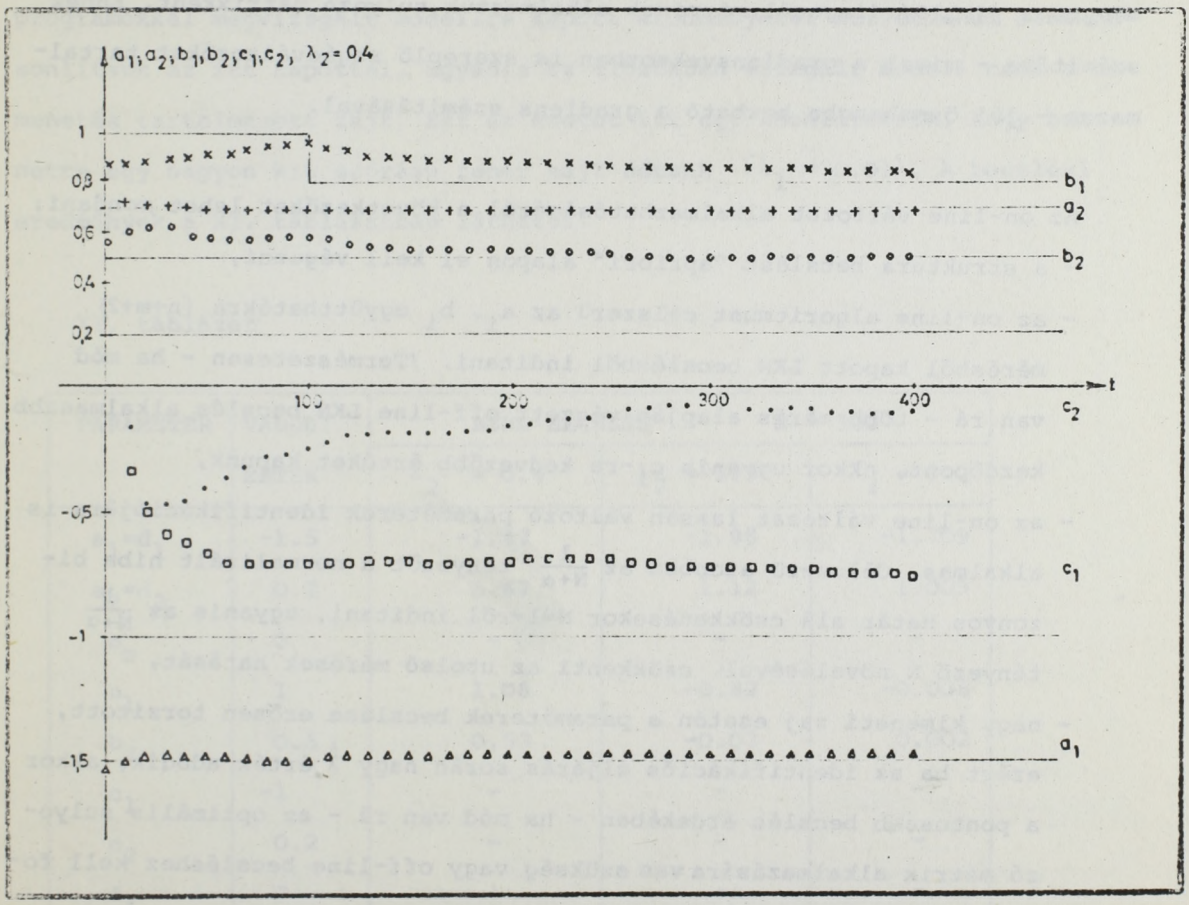
A X. táblázatból jól látható, hogy ugyanazon f shiftelési szám mellett különböző λ_2-k esetén hogyan változik a becslés pontossága.

A táblázatokat összevetve megállapithatjuk, hogy a II. variáns adja a legjobb eredményt, de /lásd VI. táblázat/ számitási időigénye lényegesen nagyobb. A III. variáns azonban gyors számitással kielégitő pontosságot biztosit.

Mindhárom program esetén lehetőség van arra, hogy tetszőleges $\underline{\theta}^{\circ}$ kezdeti értékből induljunk ki.

Bemutatunk egy példát a III. variáns paraméterkövető tulajdonságainak szemléltetésére.
f = 34-t alkalmaztunk és a szimulációs modellben N=100 mintavétel után b_1 értékét 1-ről 0.8-ra változtattuk. A vizsgálatok azt mutatták, hogy a módszer csak lassu paraméterváltozások követésére alkalmas, és a 14. ábrából látható, hogy a folyamatmodell együtthatókat jól becsüli a módszer, a zajmodell együtthatókat azonban N=400-nál torzitással. Ennek oka a III. variánsnál alkalmazott közelitések, melyek segitségével viszont a számitá-

sokat lényegesen le tudtuk egyszerüsiteni. Mivel nem minden esetben fő követelmény az identifikáció során, hogy a zajmodell együtthatókat is becsüljük, ez a hiányosság nem jelent a módszer alkalmazhatóságában különösebb hátrányt, főként ha a többi módszerrel összevetjük, ahol a zajmodell együtthatók közelitő becslésére sincs mód.



14. ábra

Összefoglalva megállapithatjuk, hogy az ÅSTROM-BOHLIN-féle identifikációs módszer on-line változatának kidolgozásánál az alapvető probléma az volt, hogy a rekurziv összefüggések egzakt számitása minden lépésben az összes megelőző mérési eredményt felhasználja, ez pedig ellentmond az on-line adatfeldolgozásnak. Ezt az ellentmondást a III. variáns számitási módszerrel sikerült feloldani. A fő feladatot a sulyozó mátrix megválasztásánál a sorozatos mátrix-invertálás elkerülése jelentette. Miután az $\frac{1}{N^{\beta}+\gamma}$ alaku skalár konvergencia együttható választása nem vezetett eredményre a /4.116/ diagonál mátrixot alkalmaztuk sulyozó mátrixként. Ennek számitása - mivel a gradiensvektorban is szereplő segédváltozókat tartalmazza - jól összhangba hozható a gradiens számitásával.

Az on-line változat alkalmazhatóságáról a következőket lehet mondani:

- a struktura becslést "apriori" alapon el kell végezni,
- az on-line algoritmust célszerü az a_i, b_i együtthatókra (n+m+2) mérésből kapott LKN becslésből inditani. /Természetesen - ha mód van rá - több mérés alapján végzett off-line LKN becslés alkalmasabb kezdőpont, ekkor ugyanis c_i-re kedvezőbb értéket kapunk,
- az on-line változat lassan változó paraméterek identifikációjára is alkalmas. Célszerü azonban az $\frac{1}{N+\alpha}$ tényezőt a normalizált hiba bizonyos határ alá csökkenésekor N=1-ről inditani, ugyanis az $\frac{1}{N+\alpha}$ tényező N növelésével csökkenti az utolsó mérések hatását,
- nagy kimeneti zaj esetén a paraméterek becslése erősen torzitott, ezért ha az identifikációs eljárás során nagy $\hat{\lambda}$ érték adódik, akkor a pontosabb becslés érdekében - ha mód van rá - az optimális sulyozó mátrix alkalmazására van szükség vagy off-line becsléshez kell folyamodni.

BZML PROGRAM

A Bemeneti Zajhatás Maximum Likelihood identifikálhatóságának vizsgálatára készült és a 4.3.1.-ben leirt KOOPMANS-LEVIN módszer algoritmusa szerint számol.

A módszer alapvető hátránya, hogy megköveteli a /4.127/ szerinti zajkovariancia mátrix "apriori" ismeretét. Igy nem lehetséges, hogy az előző programokkal megvizsgált modellre kapott eredményeket közvetlenül összehasonlitsuk az itt kapottal, ugyanis az előzőkben vizsgált modell csak a kimenetén tartalmazott zajt. Ezt az esetet itt ugy közelitettük, hogy bemenetre egy nagyon kis szórásu fehér zajt adtunk ($\lambda_1 = 0.01$). A becslési eredmények a XI. táblázatban láthatók.

XI. táblázat

PARAMÉTER	VALÓDI ÉRTÉK	BZML BECSLÉS N = 500		
		$\lambda_2 = 0.4$	$\lambda_2 = 1.8$	$\lambda_2 = 7.2$
$a_1=d_1$	-1.5	-1.47	-1.98	-1.709
$a_2=d_2$	0.7	0.67	1.12	1.009
b_o	0	-	-	-
b_1	1	1.08	-0.82	-0.036
b_2	0.5	0.53	-0.03	0.002
c_1	-1	-	-	-
c_2	0.2	-	-	-
f_i	0	-	-	-
g_i	0	-	-	-
λ_1	0.01	-	-	-
Q^* /4.133/	-	179.6	296.5	243.5

A táblázatból kitünik, hogy a módszer csak kis zajhatás esetén ad elfogadható eredményt, ezt igazolja a XII. táblázat is, ahol azonban már bemeneti zaj is szerepel.

XII. táblázat

PARAMÉTER	VALÓDI ÉRTÉK	BZML BECSLÉS N = 500		
		fehér zaj	autoregressziós zajok	
			$\lambda_1=\lambda_2=0.05$	$\lambda_1=\lambda_2=0.1$
a_1	-1.824	-1.825	-1.827	-1.832
a_2	0.882	0.882	0.884	0.888
b_o	0	-	-	-
b_1	0.48	0.485	0.481	0.472
b_2	0.48	0.472	0.474	0.462
c_i	0	-	-	-
d_i	0	-	-	-
f_i	0	-	-	-
g_i	0	-	-	-
λ_1	0.1	-	-	-
λ_2	0.1	-	-	-
Q^x /4.133/	-	536	389.5	390.6

További vizsgálatok azt mutatták, hogy a bemeneti zaj nagyságára még érzékenyebb a módszer.

A 4.3.1. fejezetben megemlitett adatzónázást nem próbáltuk ki, ugyanis alkalmazása annyi intuiciót tartalmaz, hogy a vele kapott eredmények már teljesen alkalmatlanok az összehasonlitásra.

A program lényeges eleme a módositott JACOBI-féle módszert használó sajátértékkereső eljárás, melyet programkönyvtárból vettünk át.

5.2 A módszerek összehasonlitása

Az 5.1. fejezetben kapott eredmények alapján megállapithatjuk, hogy a vizsgált módszerek közül egyik sem alkalmas bemeneten ható "szines" zaj identifikálására. A KOOPMANS-LEVIN módszerrel is csak fehér zaj, illetve nagyon kis zaj esetén kaptunk elfogadható becslést, apriori ismeretek nélkül nem is használható. /A zajmodell együtthatóit nem becsüli/. Már emlitettük, hogy létezik olyan leirás [51], mely elméletileg az identifikálás során figyelembe tudja venni a bemeneti szines zajt, de számitása a jelenlegi számitógép apparátus mellett csak fehér zaj esetén végezhető el. Fehér zajjal végzett vizsgálataink azonban a többi módszernél sem adtak rossz eredményt a folyamatmodellre, csak az ekvivalens kimeneti zaj értelmezését nem tudták megadni.

A csupán kimeneti zaj hatással biró rendszerek identifikálására a legalkalmasabb az off-line ÅSTROM-BOHLIN módszer, mely még igen nagy zajhatás esetén is jó becslést ad, beleértve a zajmodell együtthatóit és λ_2-t is. Algoritmusa bonyolult és emiatt számitási időigénye is /GIER-gépen/ tekintélyes.

A számitási algoritmus bonyolultságát feloldó on-line változat - éppen a közelitések miatt - már nem rendelkezik azzal az előnnyel, hogy nagy zaj esetén is jó eredményt ad, sőt a c_i együtthatók becslése is csak közelitésként fogadható el. Jól algoritmizálható módszer az általánositott legkisebb négyzetes módszer, mely off-line esetben - az ÅSTROM-BOHLIN-féle módszerhez hasonlóan - szintén tekintélyes adatmennyiséget mozgat, igy gépi idő szükséglete nem lényegesen kisebb, főként nagy zaj esetén, mikor a szükséges iterációk száma megnövekszik. A zajmodell együtthatók becslésére nem alkalmas. On-line esetben gyors módszert kapunk, becslési tulajdonságai viszont /az off-line-hoz hasonlóan/ a zaj/jel viszony növekedésével rohamosan romlanak. Az általánositott LKN módszernél is egysze-

rübb módszer az LKN módszer, folyamatirányitás céljából történő identifikálásra nem alkalmas, inkább csak apriori információk szerzésére, vagy a többi algoritmus kezdő értékének beállitására.

6. Összefoglalás

A disszertációban a diszkrét identifikáció legfontosabb módszereit vizsgáltuk és azokat numerikus eredmények alapján összehasonlitottuk; továbbá ismertettünk egy olyan programcsomagot, amely alkalmas a tárgyalt feladatok megoldására és igy a számitógépes folyamatirányitás első lépésének egyik fontos tényezőjét alkothatja.

A Bevezetésben röviden összefoglaljuk és csoportositjuk az identifikációs módszereket és a dolgozatban vizsgált módszereket elhelyezzük az identifikáció rendszerében.

A 2. fejezetben a diszkrét identifikáció alapfeladatának megfogalmazásával, az alkalmazott modellekkel és a megvizsgálandó zajhatásokkal foglalkozunk.

A 3. fejezetben röviden összefoglaljuk azokat a becslési módszereket, amelyeket a diszkrét identifikációban felhasználunk.

A 4. fejezetben részletesen tárgyaljuk a módszereket az adatfeldolgozás szempontja szerinti csoportositásban.

A 4.1. fejezetben az off-line módszerek közül az egyszerü és általánositott legkisebb négyzetes módszert és az ÅSTROM-BOHLIN módszert vizsgáljuk meg részletesen.

A 4.2. fejezetben on-line módszerekkel foglalkozunk. Az egyszerü és általánositott legkisebb négyzetes módszer rekurziv megoldásának tárgyalása után egy általunk kidolgozott uj on-line megoldást mutatunk be különböző változatokkal az ÅSTROM-BOHLIN módszerre.

A 4.3. fejezetben a KOOPMANS-LEVIN módszer alapján megvizsgáljuk a bemeneti zajhatás identifikálhatóságának egy lehetséges módját.

Az 5. fejezetben az elvégzett matematikai kisérleteket tárgyaljuk. Az elkészült programcsomag ismertetése után a tárgyalt módszerek viselkedését mutatjuk be különböző zajhatások mellett és elvégezzük azok összehasonlitását a kapott numerikus eredmények valamint használhatóságuk alapján.

A dolgozat eredményei közé sorolható a diszkrét identifikáció algoritmusainak összefoglalása és rendszerbefoglalása, az összefüggések egyszerü összevethető formára történő alakitása. Az alkalmazott tárgyalásmódnál jól szembeállithatók az egyes módszerek alkalmazhatóságának kritériumai és az algoritmusok alakja.

Az ÅSTROM-BOHLIN-módszer on-line változatának kidolgozása a diszkrét identifikáció uj eredményének tekinthető.

Gyakorlati szempontból az elkészült programcsomag értékelhető a legtöbbre, amely igen sokrétüen, különböző mérési szituációknál és modelleknél használható. Irodalmi adatok alapján ilyen jellegü programcsomag kidolgozása néhány száz mérnöknapot is igénybe vesz és elég drága software-nek tekinthető.

Meg kell azonban itt is jegyeznünk, hogy a megfelelő olcsó analóg-digitál átalakitók, mérési adatgyüjtők és egyéb perifériális berendezések árának lényeges csökkenéséig és széleskörü elterjedéséig közvetlen felhasználásra a módszerek nem számithatnak. Becsléseink szerint 1975-1980 között ez a feltétel már hazánkban is fenn fog állni.

Megjegyezzük, hogy analóg számológép és adatgyüjtő digitális voltmérő /SOLARTRON/ segitségével a gyakorlati mérésekhez még közelebbi szi-

tuációkat is megvizsgáltunk, az ott kapott eredmények szintén igazolták a módszerek használhatóságát, de azok nem olyan szemléletesek, mivel magasabb fokszámu esetekben összehasonlitásra csupán a hibafüggvény értékét tudjuk felhasználni /a folytonos-diszkrét áttérés miatt/. Továbbá ebben az esetben külön megfontolás tárgyává kellett volna tenni a mintavételi idő megválasztását és ezen problémával jelen keretek között nem kivántunk foglalkozni.

Nem tartozik a dolgozat témájához, de végezetül megemlitjük még a következőt. A Bevezetőben szóltunk a lineáris dinamikus tagok különböző leirási módjairól, igy az állapotteres leirási módról is. Mivel az irányitáselmélet sok módszere az irányitott szakasz diszkrét állapotteres leirásának ismeretét igényli, igy a dolgozatban tárgyalt programcsomag mellett kidolgozásra került egy másik programcsomag is, amely ugyanazon ki és bemeneti zajstrukturáknál off-line és on-line adatfeldolgozás mellett alkalmas a diszkrét állapotteres leirás identifikálására. Mivel a szükséges leirásmód, valamint az algoritmusok alakja lényegesen eltér a disszertációban tárgyalt módszerektől, továbbá gondolnunk kellett az ésszerü terjedelemre, ezen módszerek és a kapott eredmények ismertetésétől el kellett tekintenünk.

7. Függelék

F1. Definició

A korlátos $u(t)$ jelet állandóan q-ad-fokuan gerjesztőnek mondjuk, ha a CESARO-féle

$$\bar{u} = \lim_{N\to\infty} \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N} u(t) \qquad /F.1./$$

$$r_u(\tau) = \lim_{N\to\infty} \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N} u(t)\ u(t+\tau) \qquad /F.2./$$

korlátok léteznek és az

$$\underline{\underline{R}}_u = [r_u(i-j)] \quad i,j = 1,\ldots,q+1 \qquad /F.3./$$

mátrixok pozitiv definit [7]

F.2. Tétel

Amennyiben ismert az $\underline{\underline{X}}_N$ (NxP) tipusu mátrixból képzett $\underline{\underline{X}}_N^T\underline{\underline{X}}_N$ mátrix inverze, ha $\underline{\underline{X}}_N$-t kiegészitjük egy (N+1)-edik $\underline{x}_{N+1}^T$ sorvektorral, az igy kapott $\underline{\underline{X}}_{N+1}^T$ mátrixból képezett $\underline{\underline{X}}_{N+1}^T\underline{\underline{X}}_{N+1}$ mátrix inverzére fennáll a következő egyenlőség:

$$(\underline{\underline{X}}_{N+1}^T\underline{\underline{X}}_{N+1})^{-1} = (\underline{\underline{X}}_N^T\underline{\underline{X}}_N)^{-1} - \frac{(\underline{\underline{X}}_N^T\underline{\underline{X}}_N)^{-1}\,\underline{x}_{N+1}\underline{x}_{N+1}^T\,(\underline{\underline{X}}_N^T\underline{\underline{X}}_N)^{-1}}{1 + \underline{x}_{N+1}^T\,(\underline{\underline{X}}_N^T\underline{\underline{X}}_N)^{-1}\,\underline{x}_{N+1}} \qquad /F.4./$$

ahol

$$\underline{\underline{X}}_{N+1} = \begin{bmatrix} \underline{\underline{X}}_N \\ \underline{x}_{N+1}^T \end{bmatrix} \qquad /F.5./$$

Az F.4. összefüggést a mátrixok particionálására használt /többek között [47]-ben bebizonyitott/

$$(\underline{\underline{A}} + \underline{\underline{B}}\ \underline{\underline{D}}\ \underline{\underline{B}}^T)^{-1} = \underline{\underline{A}}^{-1} - \underline{\underline{A}}^{-1}\underline{\underline{B}}(\underline{\underline{B}}^T\underline{\underline{A}}^{-1}\underline{\underline{B}} + \underline{\underline{D}}^{-1})^{-1}\underline{\underline{B}}^T\underline{\underline{A}}^{-1} \qquad /F.6./$$

általános azonosság segitségével közvetlenül beláthatjuk, ha figyelembevesszük az

$$(\underline{\underline{X}}_{N+1}^T\ \underline{\underline{X}}_{N+1})^{-1} = (\underline{\underline{X}}_N^T\ \underline{\underline{X}}_N + \underline{x}_{N+1}\ \underline{x}_{N+1}^T)^{-1} \qquad /F.7./$$

egyenlőség fennállását és /F.6/-ban az

$$\underline{\underline{A}} = \underline{\underline{X}}_N^T\ \underline{\underline{X}}_N\ ; \quad \underline{\underline{B}} = \underline{x}_{N+1}^T \quad \text{és} \quad \underline{\underline{D}} = \underline{\underline{E}}$$

helyettesitést alkalmazzuk. /Itt $\underline{\underline{E}}$ egységmátrixot jelent./

F.3. Tétel

A

$$J(\underline{c}[N]) = M_{\underline{x}}\ \{Q\ (\underline{x}[N], \underline{c}[N])\} \qquad /F.8./$$

sztochasztikus funkcionál minimalizálására szolgáló kanonikus sztochasztikus approximációs

$$\underline{c}[N] = \underline{c}[N-1] - \underline{\Gamma}[N]\ \underline{V}_{\underline{c}}\ Q(\underline{x}[N], \underline{c}[N-1]) \qquad /F.9./$$

algoritmus kvadratikus értelemben optimális a

$$\underline{\underline{\Gamma}}[N] = \left[\sum_{m=1}^{N} \underline{\underline{H}} \quad (Q(\underline{x}[m], \ \underline{c}[N-1])) \right]^{-1} \qquad /F.10./$$

konvergenciamátrix választással.

Bizonyitás:

Az /F.8./ funkcionál $\underline{c}$ szerinti másodrendü TAYLOR-sora a $\underline{c}[N]$ helyen, a $c[N-1]$ alappontra felirva:

$$J(\underline{c}[N]) = J(\underline{c}[N-1]) + \underline{\nabla}_{\underline{c}}^{T} J(\underline{c}[N-1]) \, \Delta\underline{c}[N-1] +$$

$$+ \frac{1}{2} \Delta \, \underline{c}^{T}[N-1] \, \underline{\underline{H}}_{\underline{c}}(J(\underline{c}[N-1])) \, \Delta\underline{c}[N-1] \qquad /F.11./$$

melynek gradiensére a

$$\underline{\nabla}_{\underline{c}} J(\underline{c}[N]) = \underline{\nabla}_{\underline{c}} J(\underline{c}[N-1]) + \underline{\underline{H}}_{\underline{c}} (J(\underline{c}[N-1])) \, \Delta\underline{c}[N-1] = \underline{0} \qquad /F.12./$$

feltételt akarjuk biztositani minden egyes lépésben. Itt $\underline{\underline{H}}_{\underline{c}}$ a $\underline{c}$ szerinti második deriváltak HESSE-féle mátrixa.

Határozzuk meg az /F.12/-ben szereplő tagokat. Mivel Q eloszlása apriori nem ismeretes, igy /F.8./-t a következő formában közelitjük:

$$J(\underline{c}[N]) = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^{N} Q(\underline{x}[m], \ \underline{c}[N]) \qquad /F.13./$$

Vegyük figyelembe, hogy /F.12./-ben az argumentum ugyan $\underline{c}[N-1]$, de $\underline{x}[N]$ már beérkezett és Q-ban igy $\underline{x}[m] = \underline{x}[N]$ szerepel. Ezek alapján /F.13./--t figyelembevéve:

$$\underline{\underline{H}}_{\underline{c}}(J(\underline{c}[N-1])) = \frac{1}{N}\sum_{m=1}^{N} \underline{\underline{H}}_{\underline{c}}\,(Q(\underline{x}[m], \underline{c}[N-1])) \qquad /F.14./$$

Látható, hogy az uj $\underline{c}$-t még nem ismerjük /$\underline{x}[N]$-t már igen/, ezért szerepel $\underline{c}[N-1]$.

Hasonlóképpen

$$\underline{\nabla}_{\underline{c}}\; J(\underline{c}[N-1] = \frac{1}{N}\sum_{m=1}^{N} \underline{\nabla}_{\underline{c}}\; Q(\underline{x}[m],\; \underline{c}[N-1]) \qquad /F.15./$$

Ha az on-line /adaptiv/ algoritmusban minden előző lépést /F.12./ szerint optimálisan végeztünk el, igy az

$$\frac{1}{N}\sum_{m=1}^{N-1} \underline{\nabla}_{\underline{c}}\; Q(\underline{x}[m],\; \underline{c}[N-1]) = \underline{0} \qquad /F.16./$$

összefüggésnek fenn kell állnia, tehát

$$\underline{\nabla}_{\underline{c}}\; J(\underline{c}[N-1]) = \frac{1}{N}\,\underline{\nabla}_{\underline{c}}\; Q(\underline{x}[N],\; \underline{c}[N-1]) \qquad /F.17./$$

Az /F.12./ feltétel szerint tehát:

$$\frac{1}{N}\,\underline{\nabla}_{\underline{c}}\, Q(\underline{x}[N],\; \underline{c}[N-1]) + \left[\frac{1}{N}\sum_{m=1}^{N} \underline{\underline{H}}_{\underline{c}}\,(Q(\underline{x}[m], \underline{c}[N-1])\right]\times$$

$$\times\, \Delta\underline{c}[N-1] = \underline{0} \qquad /.18./$$

Innét

$$\Delta\underline{c}[N-1] = \left[\sum_{m=1}^{N} \underline{\underline{H}}_{\underline{c}}\,(Q(\underline{x}[m], \underline{c}[N-1]))\right]^{-1} \underline{\nabla}_{\underline{c}}\, Q(\underline{x}[N], \underline{c}[N-1])$$

$$/F.19./$$

Mivel adaptiv algoritmusunk /F.9./ alapján

$$\Delta \underline{c}[N-1] = -\underline{\underline{\Gamma}}[N] \, \underline{\nabla}_{\underline{c}} \, Q(\underline{x}[N], \underline{c}[N-1]) \qquad /F.20./$$

alaku, igy az optimális konvergenciamátrix

$$\underline{\underline{\Gamma}}[N] = \left[\sum_{m=1}^{N} \underline{\underline{H}}_{\underline{c}} \left(Q(\underline{x}[m], \underline{c}[N-1])\right)\right]^{-1} \qquad /F.21./$$

F.4. Tétel

Az előző tételben szereplő /F.8./ funkcionált minimalizáló /F.9./ algoritmus optimális skaláris konvergencia együtthatója:

$$\gamma[N] = \frac{\underline{\nabla}_{\underline{c}}^{T} Q(\underline{x}[N], \underline{c}[N-1]) \left[\sum_{m=1}^{N} \underline{\nabla}_{\underline{c}} Q(\underline{x}[m], \underline{c}[N-1])\right]}{\underline{\nabla}_{\underline{c}}^{T} Q(\underline{x}[N], \underline{c}[N-1]) \left[\sum_{m=1}^{N} \underline{\underline{H}}_{\underline{c}} \left(Q(\underline{x}[m], \underline{c}[N-1])\right)\right] \underline{\nabla}_{\underline{c}} Q(\underline{x}[N], \underline{c}[N-1])} \qquad /F.22./$$

Bizonyitás

Mivel /F.21./-ben $\underline{\underline{\Gamma}}[N]$ meghatározásához minden lépésben mátrixot kell invertálni /amely nem mindig kerülhető meg particionálással/, az eljárást egyszerüsiteni /de egyben lassitani/ szokták, mégpedig minden lépésben a gradiens irányában keresnek minimumot. Ez azt jelenti, hogy /F.20./ alakja most

$$\Delta \underline{c}[N-1] = -\gamma[N] \, \underline{\nabla}_{\underline{c}} Q(\underline{x}[N], \underline{c}[N-1]) \qquad /F.23./$$

Az /F.23./ egyenletet /F.11./-be behelyettesitve és figyelembevéve /F.14./-t és /F.15./-t kapjuk, hogy:

$$J(\underline{c}[N]) = J(\underline{c}[N-1]) - \gamma[N] \; \underline{\nabla}_{\underline{c}}^{T} \; Q(\underline{x}[N], \underline{c}[N-1]) \times$$

$$\times \left[\frac{1}{N} \sum_{m=1}^{N} \underline{\nabla}_{\underline{c}} \; Q(\underline{x}[m], \underline{c}[N-1])\right] +$$

$$+ \frac{1}{2} \; \gamma^{2}[N] \; \underline{\nabla}_{\underline{c}}^{T} \; Q(\underline{x}[N], \underline{c}[N-1]) \times \left[\frac{1}{N} \sum_{m=1}^{N} \underline{\underline{H}}_{\underline{c}} \; (Q \; (\underline{x}[m], \underline{c}[N-1]))\right]$$

$$\times \underline{\nabla}_{\underline{c}} \; Q(\underline{x}[m], \underline{c}[N-1])$$

/F.24./

Innét a

$$\frac{\partial J(\underline{c}[N])}{\partial \gamma[N]} = - \underline{\nabla}_{\underline{c}}^{T} \; Q(\underline{x}[N], \underline{c}[N-1]) \left[\frac{1}{N} \sum_{m=1}^{N} \underline{\nabla}_{\underline{c}} \; Q(\underline{x}[m], \underline{c}[N-1])\right] +$$

$$+ \gamma[N] \; \underline{\nabla}_{\underline{c}}^{T} \; Q(\underline{x}[N], \underline{c}[N-1]) \left[\frac{1}{N} \sum_{m=1}^{N} \underline{\underline{H}}_{\underline{c}} (Q(\underline{x}[m], \underline{c}[N-1]))\right] \times$$

$$\times \underline{\nabla}_{\underline{c}} \; Q(\underline{x}[N], \underline{c}[N-1]) = 0$$

/1.25./

feltételből kapjuk, hogy az optimális skalár $\gamma[N]$ /F.22./ szerinti.

F.5. Bizonyitás

Feladatunk a

$$Q^{o} = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^{N} \underline{e}^{T}(t)\ \underline{\underline{z}}^{-1}\ \underline{e}(t) \qquad /F.26./$$

mennyiség minimalizálása $\underline{v}(t)$ szerint a

$$\underline{v}^{T}(t) \cdot \underline{\underline{\theta}} = 0 \qquad t = 1,2,\ldots,N \qquad /F.27./$$

korlátozások figyelembevételével. A $2\,\Psi(t)$ LAGRANGE-féle multiplikátorok [49] bevezetésével az eredeti feladat a

$$Q = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^{N} [\underline{e}^{T}(t)\ \underline{\underline{z}}^{-1}\ \underline{e}(t) + 2\,\Psi(t)\ \underline{v}^{T}(t)\ \underline{\underline{\theta}}] \qquad /F.28./$$

célfüggvény $\underline{v}(t)$ és $\Psi(t)$ szerinti minimalizálására vezethető vissza.

Az /F.28./ mennyiség deriválásából belátható, hogy annak gradiense

$$\underline{\nabla}_{\underline{v}(t)}\, Q = -\underline{\underline{z}}^{-1}\ \underline{e}(t) + \Psi(t)\,\underline{\underline{\theta}}, \qquad t = 1,2,\ldots,N \qquad /F.29./$$

amelyet zérussal egyenlővé téve kapjuk, hogy

$$\underline{e}(t) = \underline{x}(t) - \underline{v}(t) = \underline{\underline{z}}\ \Psi(t)\,\underline{\underline{\theta}} = \Psi(t)\,\underline{\underline{z}}\ \underline{\underline{\theta}} \qquad /F.30./$$

Innét $\underline{\underline{\theta}}^{T}$ -al szorozva

$$\underline{\underline{\theta}}^{T}\underline{x}(t) - \underline{\underline{\theta}}^{T}\underline{v}(t) = \underline{\underline{\theta}}^{T}\,\Psi(t)\,\underline{\underline{z}}\ \underline{\underline{\theta}} = \psi(t)\,\underline{\underline{\theta}}^{T}\underline{\underline{z}}\ \underline{\underline{\theta}} \qquad /F.31./$$

Ha figyelembe vesszük, hogy

$$\underline{v}^T(t)\ \hat{\underline{\theta}} = \hat{\underline{\theta}}^T\ \underline{v}(t) = 0 \qquad t=1,2,\ldots,N \qquad /F.32./$$

ugy

$$\underline{\theta}^T \underline{x}(t) = \Psi_j\ \underline{\theta}^T\ \underline{\underline{z}}\ \underline{\theta} \qquad /F.33./$$

és végül a $\underline{v}(t)$ szerinti minimumot biztositó $\Psi(t)$:

$$\Psi(t) = \frac{\hat{\underline{\theta}}^T\ \underline{x}(t)}{\hat{\underline{\theta}}^T\ \underline{\underline{z}}\ \hat{\underline{\theta}}} ; \quad t = 1,2,\ldots,N \qquad /F.34./$$

Másrészt /F.30./-ból kifejezve

$$\underline{v}(t) = \underline{x}(t) - \Psi(t)\ \underline{\underline{z}}\ \hat{\underline{\theta}} \qquad /F.35./$$

értékét és behelyettesitve /F.28./-ban, rendezés után a

$$Q = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^{N} \Psi(t)\ \underline{x}^T(t)\ \underline{\theta} \qquad /F.36./$$

kifejezést kapjuk. Mivel sem /F.34./ sem /F.36./ nem függ $\underline{v}(t)$ -től, igy a minimumhoz tartozó /F.34./ szerinti $\Psi(t)$ értéket /F.36./-ba behelyettesitve megkapjuk Q-nak a $\underline{v}(t)$ szerinti Q^* minimális értékét.

Tehát:

$$Q^* = \min_{\underline{v}(t)} Q = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^{N} \frac{\hat{\underline{\theta}}^T \underline{x}(t)\ \underline{x}^T(t)\ \hat{\underline{\theta}}}{\hat{\underline{\theta}}^T \underline{\underline{z}}\ \hat{\underline{\theta}}} = \frac{1}{2} \frac{\hat{\underline{\theta}}^T \left(\sum_{t=1}^{N} \underline{x}(t)\ \underline{x}^T(t)\right) \hat{\underline{\theta}}}{\hat{\underline{\theta}}^T\ \underline{\underline{z}}\ \hat{\underline{\theta}}} = \frac{1}{2} \frac{\hat{\underline{\theta}}^T\ \underline{\underline{D}}\ \hat{\underline{\theta}}}{\hat{\underline{\theta}}^T\ \underline{\underline{z}}\ \hat{\underline{\theta}}}$$

/F.37./

ahol

$$\underline{\underline{D}} = \sum_{t=1}^{N} \underline{x}(t) \quad \underline{x}^{T}(t) \qquad /F.38./$$

F.6. Bizonyitás

Tekintsük a

$$\underline{\underline{D}}\ \underline{\hat{\theta}} = \lambda\ \underline{\underline{Z}}\ \underline{\hat{\theta}} \qquad /F.39./$$

egyenlettel megfogalmazott általánositott sajátérték problémát. A $\underline{\underline{Z}}$, kovariancia mátrix lévén, pozitiv definit, kvadratikus szimmetrikus mátrix. Ebben az esetben létezik olyan $\underline{\underline{G}}$ ortogonális ($\underline{\underline{G}}^{T}\underline{\underline{G}} = \underline{\underline{E}}$) mátrix, amelyre

$$\underline{\underline{Z}} = \underline{\underline{G}}^{-1}\ \underline{\underline{L}}\ \underline{\underline{G}} \qquad /F.40./$$

ahol a $\underline{\underline{G}}$ oszlopai a $\underline{\underline{Z}}$-nek sajátvektorai, továbbá $\underline{\underline{L}}$ diagonális mátrix, főátlójában a ν_i saját értékekkel.

Az /F.40./-t /F.39./-be irva

$$\underline{\underline{D}}\ \underline{\hat{\theta}} = \lambda\ \underline{\underline{G}}^{-1}\ \underline{\underline{L}}\ \underline{\underline{G}} \qquad /F.41./$$

ahonnan látható, hogy bevezetve a

$$\underline{\hat{\theta}} = \underline{\underline{G}}^{-1}\ \underline{\hat{\theta}}^{*} \qquad /F.42./$$

transzformációt, a

$$\underline{\underline{G}}\ \underline{\underline{D}}\ \underline{\underline{G}}^{-1}\ \underline{\hat{\theta}}^{*} = \lambda \underline{\underline{L}}\ \underline{\hat{\theta}}^{*} \qquad /F.43/$$

alakra juthatunk. Mivel

$$\underline{\underline{L}} = \underline{\underline{\text{diag}}}\ [\nu_1, \ldots, \nu_p] \qquad /F.44./$$

diagonálmátrix, igy /F.43./ a

$$\underline{\underline{G}}\,\underline{\underline{D}}\,\underline{\underline{G}}^{-1}\,\underline{\Theta}^{*} = \underline{\underline{K}}\,\underline{\Theta}^{*} = \mu\,\underline{\Theta}^{*} \qquad /F.45./$$

egyszerü sajátértékproblémának felel meg, ahol

$$\underline{\underline{K}} = \underline{\underline{G}}\,\underline{\underline{D}}\,\underline{\underline{G}}^{-1} \qquad /F.46./$$

és

$$\mu_i = \lambda_i\,\nu_i \qquad /F.47./$$

A minimális λ_{i^*} sajátérték és a hozzátartozó $\underline{\Theta}_{i^*}$ sajátvektor a következőképpen határozható meg:

1. Meghatározzuk a $\underline{\underline{Z}}$ mátrix ν_i sajátértékeit és sajátvektorait.
2. Elvégezzük a $\underline{\underline{K}} = \underline{\underline{G}}\underline{\underline{D}}\underline{\underline{G}}^{-1}$ hasonlósági transzformációt.
3. Meghatározzuk a K mátrix μ_i sajátértékeit és $\underline{\Theta}_i^{*}$ sajátvektorait.
4. Megkeressük, hogy a $\lambda_i = \frac{\mu_i}{\nu_i}$ sajátértékek közül melyik a legkisebb, legyen annak indexe i^{*}.
5. A λ_{i^*} -nak megfelelő $\underline{\Theta}_{i^*}^{*}$ sajátvektoron elvégezzük a $\underline{\Theta}' = \underline{\underline{G}}^{-1}\underline{\Theta}_{i^*}^{*}$ transzformációt.
6. Azért, hogy /4.122/-nek megfelelően $\underline{\Theta}$ első Θ_1 eleme 1 legyen, elvégezzük a $\underline{\Theta} = \frac{1}{\Theta_1} \cdot \underline{\Theta}'$ normalizálását.

/Az itt alkalmazott gondolatmenet természetesen a $\underline{\underline{D}}$ mátrix-al kezdődően is végigvihető/.

Ezen módszer előnye, hogy csak szimmetrikus mátrixok sajátértékproblémáját kell megoldani, amelyre sok programot közöltek már /pl. JACOBI-módszer, stb/. /A $\underline{\underline{K}}$ mátrix ugyanis a hasonlósági transzformáció miatt szintén szimmetrikus./

8. IRODALOM

[1] AITCHISON, J.-SILVEY, S.D.: Maximum-likelihood estimation of parameters subject to restraints. Annals of Mathematical Statistics, 1965.

[2] ALBERT, A.E.-LELAND, A.-GARDNER, J.R.: Stochastic approximation and nonlinear regression. Research monograph No 42. The M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts. 1967.

[3] ALBERT, A.-SITTLER, R.W.: A method for computing least-squares estimators that keep up with the data. SIAM Journal Control, Series A, 1965. Vol. 3. No.3.

[4] AOKI, M.-YUE, P.C.: On certain convergence questions in system identification. SIAM Journal Control 1970. Vol. 8. No.2.

[5] AOKI, M.-YUE, P.C.: On a priori error estimates of some identification methods. IEEE Transactions Automatic Control 1970, AC-15, No.5.

[6] ASTROM, K.J.-BOHLIN, T.: Numerical identification of linear dynamic systems from normal operating records. IFAC, Teddington, 1966.

[7] ASTROM, K.J.: On the achievable accuracy in identification in automatic control Systems. IFAC, Prague, 1967.

[8] ASTROM, K.J.-EYKHOFF, R.: System identification. IFAC, Prague,1970.

[9] BAKONYI, P.-CSAPODI, Cs.: A MINSZK-22 programozása és kezelése. Országos Ügyvitelgépesitési Felügyelet Oktatási Osztálya. Budapest, 1968.

[10] BALAKRISHNAN, A.V.-PETERKA, V.: Identification in Automatic control Systems. Automatica, 1969. Vol. 5.

[11] BÁNYÁSZ, Cs.-GERTLER, J.: A paraméter identifikáció maximum

likelihood módszerének numerikus vizsgálata. VI. Magyar Automatizálási Konferencia, Budapest, 1970.

БАНАС, Ч.-ГЕРТЛЕР, Я.: О двух методах дискретной идентификации систем. Проблемы управлении и теории информации. /В печати/.

[13] BÁRSONY, A.: A folyamatidentifikáció egy gyakorlati módszere. Disszertáció.Budapesti Müszaki Egyetem. Folyamatszabályozási Tanszék Közleményei. 1969.1.

[14] BOHLIN, T.: On the problem of ambiguities in maximum likelihood identification. IFAC Symposium Prague 1970.

[15] BOHLIN, T.: On the maximum likelihood method of identification, IBM Journal Research Development, 1970.

[16] BOOM, A.J.-MELIS, J.H.: A comparison of some process parameter estimating schemes.
IFAC, Kyoto, 1970.

[17] BUCY, S.-JOSEPH, P.D.: Filtering for stochastic processes with applications to guidance.
John Wiley, New York, 1968.

[18] CHEN, C.F.-STRADER, N.R.: A normalized multidimensionel Newton-Raphson Method.
Int. J. Control, 1970. Vol.12. No.2.

[19] CLARKE, D.W.: Generalized-least-squares estimation of the process parameters of a dynamic model. IFAC, Prague, 1967.

[20] СОБОЛ, И.М.: Метод Монте-Карло. Изд. "Наука". Москва, 1968.

[21] ЦЫПКИН, Я.З.: Адаптация и обучение в автоматических системах. Изд. "Наука". Москва, 1968.

[22] ЦЫПКИН, Я.З.: Основы теории обучающихся систем. Изд. "Наука". Москва, 1970.

[23] CSÁKI, F.: Szabályozások dinamikája. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1966.

[24] CSÁKI, F.: Korszerü szabályozáselmélet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1970.

[25] DAVIES, W.D.: System identification for selfadaptive control. John Wiley, New York, 1970.

[26] СТРАТОНОВИЧ, Р.Л.: Об оптимальных алгоритмах типа стохастической аппроксимации. Изд.А.Н.СССР. Техническая кибернетика.

[27] DVORETZKY, A.: On stochastic approximation Proc. 3rd Berkeley Symposium on Math. Stat. and Probability, 1956. Vol. 1.

[28] EZEKIEL, M.-FOX, K.A.: Korreláció és regresszió analizis. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó Budapest, 1970.

[29] FU, K.S.: Sequential methods in pattern recognition and machine learning. Academic Press, New York and London, 1968.

[30] ГАНТМАХЕР, Ф.Р.: Теория матриц. Изд. "Наука". Москва, 1954.

[31] GERTLER, J.: Diszkrét rendszerek korrelációs sorozatainak számitása időtartományban. MÉrés és Automatika. 1970. No.6.

[32] GYÜRKI, J.: Kandidátusi disszertáció, 1971.

[33] HASTING, R.J.-SAGE, M.W.: Recursive generalised least-squares procedure for on-line identification of process parameters. Proc. IEE. 1969. Vol. 116. No. 12.

[34] KALE, B.K.: On the solution of the likelihood equation by iteration processes. Biometrica 1961. No. 48.

[35] KALE, B.K.: On the solution of the likelihood equation by iteration processes. The multiparametric case. Biometrica. 1962. Vol. 49.

[36] KALMAN, R.E.: Design of a self-optimizing control system. Trans. ASME. Vol. 80. 1958. Febr.

[37] KASHYAP, R.L.: Maximum likelihood identification of stochastic linear systems. IEEE Transactions on Automatic Control 1970. AC-15. No. 1.

[38] KENDALL, M.G. - STUART, A.: The advanced theory of Statistics. Vol. I, II, III. Griffin, London, 1961.

[39] KISS, GY.: GIER-ALGOL 4. Országos Ügyvitelgépesitési Felügyelet, Budapest, 1968.

[40] LEE, R.C.K.: Optimal estimation, identification; and control. Research monograph No.28. The M.I.T. Press, Cambridge, Massachusette, 1964.

[41] ЛИННИК, Ю.В.: Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений. Изд. "Наука". Москва, 1969.

[42] LŐCS, GY.: Az ALGOL-60 programozási nyelv. Müszaki Könyvkiadó Budapest 1969.

[43] NASH, R.A. - TUTEUR, F.B.: The effect of uncertainties in the noise covariance matrices on the maximum likelihood estimate of a vector. IEEE Transactions on Automatic Control 1968.

[44] NIEMAN, R.E.-FISHER, D.G.-SEBORG, D.E.: A review of process identification and parameter estimation techniques. Int. Journal Control 1971. Vol. 13. No.2.

[45] PETERKA, V.: Adaptive digital regulation of noisy systems. IFAC, Warsawa, 1969.

[46] PETERKA, V.-SMUK, K.: On-line estimation of dynamic model parameter from input-output data. IFAC, Warsawa, 1969.

[47] PRÉKOPA, A.: Valószinüségelmélet müszaki alkalmazásokkal. Müszaki Könyvkiadó Budapest, 1962.

[48] RALSTON, A.: Bevezetés a numerikus analizisbe. Müszaki Könyvkiadó, Budapest, 1969.

[49] RAO, C.P.: Linear statistical inference and its applications. John Wiley. New York 1967.

[50] ROGERS, A.E.-STEIGLITZ, K.: Maximum likelihood estimation of rational transfer function paramteres. IEEE Transactions on Automatic Control. 1967.

[51] ROGERS, A.E.-STEIGLITZ, K.: On system identification from noise--obscured input and output measurements. Int. Journal Control 1970. Vol. 12. No.4.

[52] ROWE, I.H.: A bootstrap method for the statistical estimation of model parameters. Int. Journ. Control, 1970. Vol.12.No.5.

[53] SMITH, F.W.-HILTON, W.B.: Monte-Carlo evaluation of methods for pulse transfer function estimation. IEEE Transactions on Automatic Control 1967. Ac-12. No.5.

[54] STEIGLITZ, K.-McBRIDE, L.E.: A technique for the identification of linear systems. IEEE Transactions on Automatic Control 1965.

[55] VÁMOS, T.: Nagy ipari folyamatok irányitása. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1970.

[56] VILLEGAS, C.: Maximum likelihood estimation of a linear functional relationship. Annals of Mathematical Statistics. 1965.

[57] YOUNG, P.C.: An instrumental variable method for real-time identification of a noisy process. Automatica 1970. Vol. 6.

Végezetül ezuton szeretnék köszönetet mondani dr.Gertler Jánosnak a disszertáció témavezetésében nyujtott segitségéért.

Itt köszönöm meg Gyürki Józsefnek, hogy kandidátusi disszertációja kéziratának rendelkezésemre bocsátásával segitségemre volt a dolgozat általános identifikációs koncepciójának, valamint a bevezetõ összefoglaló jellegü megállapitásainak kialakitásában.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET

KÖZLEMÉNYEK

1972

6

Magyar Tudományos Akadémia Automatizálási Kutató Intézet

BESZÁMOLÓ AZ MTA AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET 3-ÉVES TEVÉKENYSÉGÉRŐL /1969-1971/

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

BUDAPEST
1971

TARTALOMJEGYZÉK

	oldal
1. BEVEZETÉS /Intézeti tevékenység rövid összefoglalása/	4
2. AZ INTÉZET TUDOMÁNYOS MUNKÁI	7
2.1. Az automatizálás néhány elméleti kérdésének és software problémáinak vizsgálata	7
2.1.1. Alak- és szituációfelismerési problémák ..	7
2.1.2. Különböző folyamatidentifikációs módszerek kidolgozása	8
2.1.3. Dinamikus rendszerek vizsgálata	9
2.1.4. Kis digitális gépek alapsoftware fejlesztési munkái	10
2.2. Uj elektronikai és számitógépes eszközök felhasználása az automatizálás területén	11
2.2.1. Bonyolult digitális berendezések és kapcsolások szintézis és realizációs módszereinek és célberendezéseinek kidolgozása	11
2.2.2. Az ember-gép kapcsolat készülékes és programozási feladatainak megoldása	13
2.2.3. Szakaszos technológiai folyamatok irányitási kérdéseinek kutatása	15
2.2.4. A folyamatirányitás elektronikus eszközeinek és folyamatirányitási algoritmusainak /direkt digitális szabályozás - DDC/ kidolgozása	16
2.2.5. Kis számitógépek alkalmazástechnikai kutatása, ill. együttmüködő számitógéprendszerekben való müködési problémáinak vizsgálata	17
2.2.6. A számitóközpont tevékenysége	18
2.3. Folytonos technológiai folyamatok irányitása	20
2.3.1. Általános érvényü matematikai modell kidolgozása vegyipari folyamatok szimulációjához	22
2.3.2. Nagy rendszerek modellezése és irányitása	23
2.3.3. Nitrogénipari üzemek számitógépes irányitása	24
2.3.4. Ásványolajipari üzemek számitógépes irányitása	27

oldal

2.3.5. Dinamikus folyamatok számitógépes irányitása 29

2.3.6. Összetett rendszerek matematikai modellezésének és optimalizálásának elvi kérdései 30

2.4. Félvezetők erősáramu alkalmazása az automalizálásban 32

2.4.1. Hálózati kommutációs áramirányitóról táplált villamos hajtások 33

2.4.2. Kényszerkommutációs tirisztoros inverterek 34

2.4.3. Középfrekvenciás tirisztoros inverterek 35

2.5. Az automatizálás pneumatikus eszközei és berendezései 37

2.5.1. Mozgóalkatrészes pneumatikus logikai elemek és rendszerek kutatása, fejlesztése és alkalmazása 37

2.5.2. Mozgó alkatrészt nem tartalmazó pneumatikus logikai elemek /fluid elemek/ és rendszerek 38

3. MÜKÖDÉSI BESZÁMOLÓ 40

3.1. Intézeti létszámhelyzet 40

3.2. A kutatók szakmai és ideológiai fejlődése 43

3.3. Publikációs tevékenység 49

3.4. Együttmüködés az akadémiai bizottságokkal 53

3.5. Kapcsolat a külföldi tudományos intézményekkel ... 54

3.6. Kapcsolat a hazai tudományos intézményekkel és az iparral 59

3.7. Belső munkaszervezés 61

3.8. Kapcsolat az irányitó szervekkel 63

Publikációk 64

A kiadásért felelős:

Dr. Vámos Tibor

az MTA Automatizálási Kutató Intézet

igazgatója

Készült az Országos Müszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ házi sokszorositójában. F.v.: Janoch Gyula

1. BEVEZETÉS /Intézeti tevékenység rövid összefoglalása./

Az automatizálás gyors fejlődése jól tükröződik az Intézet tematikájának átformálódásában, és a hároméves időszak lezárt, vagy jól előkészitett formában továbbvihető eredményei többségükben igazolják az Intézet 1965-67 között kialakitott tudományos előbecsléseit.

Ennek a fejlődésnek a lényege az, hogy a számitógépek alkalmazása általánossá válik az automatizálás majdnem valamennyi bonyolultabb feladatában, kialakulnak az ember-gépkapcsolatok, nagyobb, összefüggő automatizált rendszerek jönnek létre, a készüléképités és software munka szorosan összefonódik és arányai eltolódnak a software irányban. Az Intézet munkája erősen koncentrálódott a központi, korszerü témák felé, ami szervezeti következményekkel, a belső arányok lényeges változásával is járt. Ugyanakkor a bevált régebbi témákat korábbi mértékben tovább müvelték.

Az Intézet tudományos erejének közel fele a számitógéppel segitett önmüködő tervezési rendszerek, az igy tervezett berendezések numerikus vezérléssel történő megvalósitásával foglalkozott. A gyártáselőkészités, tervezés és technológia ezen gyökeresen uj, a jövőben általánossá váló módszereit az Intézet két területen kezdte kidolgozni: a gépiparban és a digitális eszközöket alkalmazó elektronikában. A gépipari programban, a további numerikus vezérlési eredményekhez kapcsolódva lezárultak az első hazai pályavezérlések munkái, megtörtént a nemzetközi numerikus vezérlési programnyelvek honositása és megkezdődtek a számitógéppel vezérelt szerszámgépegyüttesek megvalósitásának munkái. Az elért eredmények alapján hazánk csereképes szellemi társ lett a numerikus vezérlési nyelvek nemzetközi együttmüködésében, iránymutató szerepet kapott a KGST-ben és olyan tekintélyt értünk el, hogy a Nemzetközi Automatizálási Szövetség következő világkongresszusán a téma összefoglaló referátumát az Intézet témavezetője tartja. A számitógépes tervezés, ember-gépkapcsolatok eszközeinek kialakitásában az Intézet két éve átadta gyártásra az első alfanumerikus display-t, 1971 végén pedig a fényceruzás grafikus megjelenitőt /display-t/, olyan közel 100.000 $ értékü berendezést, amely most is szigoru embargó alatt áll és a szocialista országokban az első polgári vonalon elkészült hasonló készülék. Előrehaladt a megjelenitők müködéséhez szükséges programrendszerek /software/ készitése.

A digitális berendezések számológépes tervezése és önmüködő fejlesztési technológiája olyan szintet ért el, hogy a legnagyobb amerikai kutatóhelyek által saját belső használatra kialakitott rendszerekkel egyenértékü munka 1972 folyamán - egyedülálló módon - nyilvános szolgáltatás lehet. Az eddigi részeredmények, az integrált áramkörök számára kétoldalas nyomtatott lapokat készitő automata, annak programrendszere, a bonyolult áramköröket és rendszereket önmüködően vizsgáló berendezések és azok vezérlőprogramjai máris nemzetközi sikert arattak, a Szovjetunióban, NDK-ban, Csehszlovákiában dolgoznak. Létrejött egy olyan világviszonylatban is páratlan korszerü adatátviteli rendszer, amely a számitógépek összeköttetésére alkalmas, sebessége huszszorosan meghaladja az embargóhatárt.

Az Intézet másik fő témaköre a folyamatirányitás volt. Több, mint kétéves csoportmunkával elkészült a hazai kisgépgyártáshoz egy folyamatirányitó programrendszer, amelyet előreláthatólag a Szovjetunióban fognak tömegesen alkalmazni. Lezárultak a Péti Nitrogénmü számitógépes irányitási munkái. Ennek kapcsán kialakult a nagy ipari rendszerek modellezésének gyakorlata és bár különböző objektiv okok miatt a teljes irányitási célt nem sikerült megvalósitani, a munka során egy üzemnél kb 50 millió Ft évi többlettermelést és 11-13 millió Ft többletnyereséget lehetett ezen az egy munkán elérni. Jelentős gyakorlati eredmények születtek a bonyolult ipari hálózatok modellezésében, ennek egyik gyakorlati alkalmazása a fővárosi gazhálózat irányitásának számitási megalapozása volt. A müszerezési és beruházási nehézségek miatt a folyamatirányitási programok előzetesen, a 70-es évek elejére tervezett hazai kiteljesedése, előreláthatólag legalább öt évvel elmarad.

Az Intézet fontos eredményeket ért el két bevált, klasszikus automatizálási témájában, az erősáramu felvezetők alkalmazásában és a pneumatikában. Az előbbiben megszületett egy nagyszabásu és átfogó elméleti megalapozás, ami a gyakorlati megvalósitások alapeszközévé vált.
Az Intézet munkája során a hazai erősáramu ipar a 70-es évek közepéig 50-100 millió Ft - nemzetközi piacon versenyképes - évi termelési értéket gyárt. A pneumatikában lezárult a TRIMELOG rendszer kialakitása, előrehaladt a hazai fluid elem- és rendszerkutatás, több értékes szabadalom született, köztük egy szovjet-magyar közös bejelentés.

Az elméleti munkák is a főirányok felé tolódtak. A digitális technika

elvi megalapozásában fontos automata elméleti eredmények születtek, kialakult egy software kutatási bázis magja. A folyamatirányitást a rendszeridentifikációban végzett kutatások segitették. Nagy nemzetközi visszhangot keltettek az intézet korábbi eredményei a nemlineáris szabályozások vizsgálatában, megkezdődött egy számitógépes szabályozástechnikai szintézis kialakitása. Előkészitő munka folyt az alak- és szituációfelismerés témájában.

Az Intézet jelentős gyakorlati segitséget nyujtott ipari feladatokban, igy elsősorban a hazai számitástechnikai programban. Az Automatizálási Kutató Intézet eredményeit nehéz körülmények között érte el. Öt éve megállapitott költségvetése az elmult időszakban változatlan maradt, igy a kutatás általános drágulása következtében legalább 30 %-kal csökkent a költségvetési támogatás reálértéke. A müszerpark öt éve nem ujult fel, ma is az eredeti beruházás helyzetét mutatja. Az Intézet ötéves számitógépe teljesen elavult és igy le kellett szerelni, utánpótlásként csak egy kisteljesitőképességü végállomást kapott. Az Intézet létszámának negyede a szerződéses témák bevételéből került alkalmazásra, a költségvetési létszám jövedelmének 40 %-át is a szerződéses munkák biztositják, csak igy volt lehetséges az ipari átlagokhoz közeljutni. Az Intézet hosszutávu tudományos előrelátásának sulyos akadálya, hogy a szerződéses bevételekre épült állapot a finanszirozási módszerek bizonytalansága miatt veszélyesen labilis.

Az Intézetnek nehéz feladata van egy igényes, előremutató, társadalmi hasznosságra törő célkitüzés és a hazai, még saját lehetőségeitől is elmaradó ipari háttér közötti optimális huzóerő, előretartás, illetve rés méretezésében. Ezért fordult az Intézet különös figyelemmel a nemzetközi kooperáció irányába.

2. AZ INTÉZET TUDOMÁNYOS MUNKÁI

2.1. AZ AUTOMATIZÁLÁS NÉHÁNY ELMÉLETI KÉRDÉSÉNEK ÉS SOFTWARE PROBLÉMÁINAK VIZSGÁLATA

Az irányitáselmélet a tervidőszakban bekövetkezett fejlődése, az uj elméleti eredmények és ezek gyakorlati alkalmazásának szempontjai, valamint a számitógéptechnika fejlődése által támasztott uj követelmények szükségessé tették az eredetileg betervezett témák sulyozásának változását. Ehhez hozzájárul a témacsoport területén dolgozó kutatók személyi összetételének megváltozása is. A tervidőszak alatt a tématerületen a következő munkákat végeztük.

2.1.1. Alak és szituációfelismerési problémák

Az előző tervidőszakban néhány alakfelismerő algoritmus statisztikai vizsgálatát tüztük ki célul. Ennek befejeztével célszerünek látszott sokkal szélesebben megfogalmazott feladatkör megoldását tervbevenni, mert a téma fontossága világszerte megfigyelhetően nőtt. Ezért jelenleg alak- és szituációfelismerési problémák megoldásával, továbbá adaptiv, önszervező tanulóalgoritmusok elvi és gyakorlati kérdéseinek vizsgálatával foglalkozunk, éspedig részben a stochasztikus automaták elméletére támaszkodva elvileg uj módszerek kifejlesztésével, részben statisztikai módszerek továbbfejlesztésével.
A stochasztikus automaták elmélete alapján kidolgozott uj elvi eredményeinek mesterséges intelligencia vonatkozásu alkalmazásának szempontjait Dubrovnikban 1970-ben a "nyári iskola" szeminárium sorozaton tartott előadásokban ismertettük. A nyári iskola a mesterséges intelligencia témakör jelentős nemzetközi fóruma volt.

A fent emlitett eredmények kapcsolatosak a tervidőszakban megvédett /matematikai tudományok/ doktori disszertációval.

A mesterséges intelligencia módszerek gyakorlati alkalmazása terén alakfelismerési algoritmusok struktura adaptációjára kidolgozott módszert modelleztünk számitógépen. A korábban kapott eredményeket ellenőriztük különböző feladatokra és algoritmusokra. Erről a varsói IFAC kongresszuson számoltunk be. E területen a további felméréseket jelenleg egy munkatársunk a Szovjetunióban végzi.

1971. őszén Cüpkin és Fu, szovjet, illetve amerikai professzorok részvételével szemináriumot rendeztünk a mesterséges intelligencia egyes kérdéseiről. Ennek keretében sok uj gondolat merült fel, amelyek kimunkálásával a jövőben foglalkozni kivánunk.

2.1.2. Különböző folyamatidentifikációs módszerek kidolgozása

Elkészült a különböző folytonos leirási módok /állapottér-leirás, átviteli függvénymátrix, blokkvázlat/ közötti konverziót elvégző program, amelyhez a klasszikus szabályozáselmélet analizis- és szintézis módszerei illeszthetők és számitógépen végezhetők. A kidolgozott eljárásról a IV. IFAC Kongresszuson is beszámoltunk. Ezek hatásos rendszervizsgálati módszerek kialakitását tették lehetővé. A dinamikus rendszerek analizisére szolgáló, gyakorlati felhasználásra orientált módszerek bonyolult rendszerek tervezési koncepcióinak kialakitásához is alapot adtak.

Amerikai tanulmányut keretében az identifikáció elméleti kérdéseinek további kutatása történt, különös tekintettel a modern becsléselmélet és a stochasztikus folyamatok elméletére. Ezeknek alapján kifejlesztésre került egy FORTRAN programrendszer, amely gyakorlati identifikációs feladatok megoldására /on-line folyamatirányitás/, különböző mérési szituációból származó mérési adatok feldolgozására alkalmas. Ez a programrendszer kapcsolódik a kidolgozás alatt lévő számi-

tógépes rendszeranalizis programrendszerhez.

2.1.3. Dinamikus rendszerek vizsgálata

Munkánk jelentős része determinisztikus rendszerek számitógépes vizsgálati módszereivel volt kapcsolatos. Mivel a determinisztikus rendszerek elmélete jól kidolgozott, lehetőség nyilt több területen hatásosan alkalmazható, felhasználó-orientált programcsomagokat kidolgozni.

Néhány elméletileg nagyfontosságu területen a meglévő elméleti eredményeket kiegészitettük, ill. matematikailag megalapoztuk. A végzett munkát az alábbiakban részletezzük:

a. Bonyolult sokhurkos koncentrált paraméterü állandó együtthatós lineáris rendszerek tervezésére számitógépes programrendszert dolgoztunk ki. A programrendszer lehetővé teszi igen egyszerü adatstruktúrával leirt rendszerek sokoldalu vizsgálatát. A programrendszer leglényegesebb, rendszerszintézist szolgáló szubrutinja sok vonatkozásban elméletileg is uj. /A programokat a CDC 3300-as gépre dolgoztuk ki./

Vizsgálatokat végeztünk kvadratikus integrálkritérium szerint optimális rendszerek szintézisére.

b. Nemlineáris rendszerek vizsgálata terén számitógépes módszereket dolgoztunk ki a periódikus megoldások, harmonikus linearizáláson alapuló vizsgálatára, melyeket az IFAC Kyoto 1970 szimpóziumon ismertettünk.
A Krülov-Bogoljubov aszimptotikus módszert, illetve az ezen alapuló harmonikus linearizálási módszereket matematikailag megalapozzák ujabb elméleti eredményeink, melyek elfajultmagu integrálegyenletek felhasználásával kapott összefüggések alapján lehetővé teszik a megoldások létezésének és unicitásának vizsgálatát, valamint igen hatá-

sos numerikus módszerek kidolgozását. Ezeket az eredményeket az 1972-es párizsi IFAC Kongresszusra elfogadott dolgozat ismerteti. Részleteredményeket értünk el az abszolut stabilitás frekvencia módszere bizonyos tételei kiszélesitése területén is.

Valamennyi emlitett területen felhasználó-orientált számitógépes programokat dolgoztunk ki.

2.1.4. Kis digitális gépek alapsoftware fejlesztési munkái

A CII 10010-es számitógép alapsoftware fejlesztése területén tevékenységünk a következő:

Kiszélesitettük a gép felhasználását korlátozó FORTRAN compilert, amelynek során teljesen átdolgoztuk és uj rutinokkal egészitettük ki az eredeti forditóprogramot.

Az uj forditóprogram lehetővé teszi a kettőspontosságu aritmetika felhasználását, szubrutinok hivását, stb.
Munkánkat az INFELOR megrendelésére készitettük és az általunk készitett FORTRAN-t az országban széles körben használják.

Az eddig felsorolt munkákon kivül az irányitás-elmélet területén tanulmányozási szinten foglalkozunk stochasztikus rendszerelmélettel, az adaptiv és tanulórendszerekkel kapcsolatos speciális elméleti problémákkal, optimális rendszerek elméletével /determinisztikus, stochasztikus/ stb.

2.2. UJ ELEKTRONIKAI ES SZAMITOGEPES ESZKÖZÖK FELHASZNALASA AZ AUTOMATIZÁLAS TERÜLETÉN

2.2.1. Bonyolult digitális berendezések és kapcsolások szintézis és realizációs módszereinek és célberendezéseinek kidolgozása

Az elmult három év alatt folytattuk munkánkat, amelynek alapvető célkitüzése az integrált áramkörökből felépitett rendszerek számitógéppel segitett tervezése és realizációs rendszerek kidolgozása az elektronikai berendezések gyártásához.

A számitógéppel segitett tervezési és realizálási rendszer kialakitásánál két alapvető szempont érvényesült:

- a rendszernek képesnek kell lenni arra, hogy a jelenleg alkalmazott integrált áramköröknél nagyobb integráltságu elemet /MSI, LSI/ is fel tudjon használni

- hazai gyártás sulypontja: sok tipusu kisméretü berendezés gyártása lesz /perifériák, adatátvitel, stb./.

Az első szempont a rendszer általánosságát hangsulyozza, a második pedig, hogy nem volt célunk egy nagyipari technológia kialakitása. Ezt a véleményünk szerint licencvásárlással, importból reális megoldani. Ennek alapján többéves munkánk céljául az alábbiakat tüztük ki:

- funkcionális logikai tervezést segitő programok elkészitése
- a konstrukciós tervezés lépéseit automatikusan elvégző programok kidolgozása
- a realizáló automaták vezérlőszalagjait elkészitő programokat magábafoglaló programrendszer elkészitése.

Az eddig elkészitett programok:

- Állapotszám minimalizáló program

- Boole-függvény minimalizáló program
- Szimuláció - a szinkronrendszerü szekvenciális hálózatok szimulációját végző program
- Teszt. - Realizált szinkron szekvenciális hálózat GO-NOGO teszt eljárásának elkészitésére szolgáló program
- IC elhelyező program
- Vezetékkép tervező program
- Kártyaelrendező program
- Hátlap vezetékező program
- Wire-wrap huzalozás tervező program
- Geometriai adatbevitel feldolgozó program
- Geometriai - technológiai leirásból az ADNAP számára az optimális vezérlőszalagok készitését végző program.

Eredetileg programjaink nagyobb részét - számitógépes adottságunknak megfelelően - MINSZK 22-es tipusu gépre dolgoztuk ki. A növekvő nemzetközi érdeklődés, a hazai számitógép háttér megváltozása elengedhetetlenné tette a programok átirását ASA FORTRAN nyelvre.

Továbbfejlesztettük a számitógépes tervezés realizációs berendezéseit. A nyomtatott áramkört gyártó célautomata első változatát /ADMAP I./ licencünk alapján a FOKGYEM vállalat már két éve gyártja. Elkészült a célautomata modernizált változata is /ADMAP II./ és rövidesen nagyobb szériában az is gyártásra kerül.

Elkészült az integrált áramkörök statikus és dinamikus jellemzőit mérő és ellenőrző berendezés /IC-TEST/. Hazai felhasználás mellett /Egyesült Izzó/ külföldön is sikeresen alkalmazzák /TESLA-gyár/.

Az integrált áramkörök paramétereit automatikusan ellenőrző berendezések logikus folytatásaként, de azoknál nagyságrenddel bonyolultabb feladatra készült a "TESZT" program által vezérelt berendezés a szerelt nyomtatott áramköri lapok automatikus teszteléséhez /TESTOMAT/.

Berendezéseinket több hazai és nemzetközi vásáron mutattuk be, ahol a szakemberek körében nagy sikert arattak.

A nyomtatott áramkörök vezetékeinek és átvezető furatok platirozására szabadalommal védett eljárást dolgoztunk ki.

A témában eddig elért rész- és mellékeredmények már ma is jelentősek. A nyomtatott áramköröket gyártó berendezésvezérlő software-rel számos hazai intézetben, a SzU-ban, NDK-ban, Csehszlovákiában müködik, megállapodások történtek japán kooperációra.

A tervezési módszerek számos uj, bonyolult hiradástechnikai berendezés létrehozását tették lehetővé; igy egy elveiben is közepes sebességü rendszerét, melyet a CDC gépnél sikeresen alkalmazunk, egy uj PCM rendszermodellnél az ORION számára, egy bonyolult izotópos mérőrendszer a Csepel Müvek részére stb.

2.2.2. Az ember-gép kapcsolat készülékes és programozási feladatainak megoldása

A témában végzett kutatás célja volt megteremteni az ember és a számitógép közötti dialógus ujtipusu berendezéseit és a dialógust biztositó számitógépes programrendszert.

E kutatás eredményei sikerrel használhatók a tervezésben, az oktatásban, a folyamatirányitásban, ügyvitelben, stb.

Az interaktiv ember-gép kapcsolat egyik fontos feltétele a katódsugárcsöves megjelenitő eszközök /display/ kidolgozása és gyártásbavétele. Ez a feladat a szocialista országok számitástechnikai együttmüködése keretében is az MNK-ra hárul. A téma első fokozataként elkészültek a 1024 karakteres, harmadik generációs, alfanumerikus display mintái és ezeket - együttmüködési szerződés keretében - átadtuk gyártásra az ORION gyárnak. Elkészitettük a display és a számitógép összekapcsolásához szükséges speciális programcsomagot.

E munka folytatásaként elkészitettük a grafikus display kisérleti példányát, amely fényceruzával volt ellátva és képmanipulációja egy közepesen bonyolult gépi programot igényelt.

Jelenleg egy olyan display-rendszer kidolgozását fejeztük be, amelynek mintapéldányai /a kis sorozatgyártás első darabjai/ az ORION prototipusának alapjai lesznek. Ez a rendszer vezérlőegységként VIDEOTON 1010B számitógépet használ és az első kisérleti modellel szerzett tapasztalatok alapján annál jelentősen kedvezőbb, az embargó határokat jóval meghaladó specifikációs jellemzők kerülnek a szocialista táborban elsőnek megvalósitásra. A displayhez kiterjedt alap- és applikációs softwaret dolgoztunk ki.

A jövő háromdimenziós display berendezésének előkészitéseként, Gábor Dénessel folytatott konzultáció alapján néhány éve holográfiai kutatásokat folytatunk, amelyek egyik melléktermékeként uj, viszonylag könnyen előállitható tárolóanyagot fedeztünk fel.

Az interaktiv ember-gép kapcsolat területén folytattuk a grafikusan interaktiv gépészeti tervező programok készitését. Kidolgoztuk a lemezsajtoló szerszámok tervezésének és kivitelezésének teljes vertikalitásu rendszerét, melynek fokozatos bevezetése az Egyesült Izzóban már egy éve sikeresen folyik. E témából kandidátusi disszertáció került beadásra.

Az ipari igényeknek megfelelően elkészültek más /pl. vezérlőtárcsa és vezérlőpálya tervező/ programok is, jelenleg bővitjük ezek körét és minden esetben igyekszünk megteremteni a tervezési és NC gyártás egységét.

A hazai display munkáról sikeres előadás hangzott el Washingtonban az illetékes tudományos társaság előtt. A számitógépes gépészeti tervezésről előadást tartottunk Uxbridgeban és nemzetközi együttmüködési tárgyalásokat folytatunk Londonban. Az alfanumerikus display egyik kisérleti példánya a Lett Tudományos Akadémia egyik rigai intézetében üzemel.

2.2.3. Szakaszos technológiai folyamatok irányitási kérdéseinek kutatása

Folytattuk a számvezérlésü /NC/ szerszámgépek számitógépes programozásával kapcsolatos munkákat. A számitógépes szerszámgép programozás hazai bevezetése az integrált anyag- és adatfeldolgozó rendszerek létrehozásának előfeltétele. Ezért, az elmult tervidőszakban fontosnak tartottuk az APT rendszerü programnyelvek /EXAPT-1, 2CL/ hazai bevezetését, hasznositását, post-processorok irását. E munka keretén belül befejezést nyert az EXAPT-1 program honositása a KFKI ICL gépére a 2CL programé a NIM gépére, post-processort irtunk a Csepeli Szerszámgépgyár MUS-320 jelü furó-maró gépéhez, valamint párbeszédes programozó rendszert az APT-szerü nyelvekhez.

Munkánk nemzetközi elismerését jelzi, hogy a KGST-ben a MNK-t jelölték ki e témakör felelősének, továbbá, hogy 1973-ban hazánkban tartjuk az IFAC és IFIP második nemzetközi szerszámgép-programozási /PROLAMAT/ konferenciáját és a nemzetközi szabványügyi szervezet NC munkabizottságának ülését. Az APT-szerü nyelvekkel foglalkozó csoport együttmüködési szerződés keretében software fejlesztési munkákat végzett az illetékes brit állami laboratórium és az ICL cég megbizásából.

Az NC programozó rendszerek ipari bevezetése hazánkban az általunk kezdeményezett Szerszámgép Programozási Egyesülésen keresztül történik.

Befejeződtek a Csepel Müvek MFI-400 jelü marógéphez kidolgozott 2 1/2 dimenziós pályavezérlés üzemi próbái. Ezt a rendszert most már elavultnak tartjuk. Ezért rátértünk a következő NC generáció vezérléseit előkészitő munkákra. Ezek a leendő integrált anyag- és adatfeldolgozó rendszerek autonom alrendszerei. E vezérlések a 10010 számitógépre alapozott közvetlen, szerszámgépet a számitógép perifériájaként kezelő speciális rendszerek. Ezen a területen a munka elején vagyunk, de sikernek könyvelhetjük el, hogy elkészült a számitógépes vezérlés CDC 3300-as gépre irt szimulációs rendszere és belső hardware modellje is. Eddigi eredményeink alapján elfogadták a Nemzetközi Automatika Szövetség /IFAC/ párizsi kongresszusára be-

nyujtott dolgozatot és illetékes osztályunk vezetőjét kérték fel az NC ülésszak bevezető referátumának tartására. Közös munkacsoportot létesitettünk e tárgykörben a brit National Engineering Laboratory-val.

2.2.4. A folyamatirányitás elektronikus eszközeinek és folyamatirányitási algoritmusainak /direkt digitális szabályozás-DDC/ kidolgozása

A témában a tevékenységünk a kis számitógépes folyamatellenőrzéshez és az irányitáshoz szükséges software kidolgozásra összpontosult. Elkészült a PROCESS /Program Csomag Elektronikus Számitógépes Szabályozáshoz/ elnevezésü programrendszer, amelynek első változata a CII 10010-es ill. a vele azonos VIDEOTON 1010B kis számitógépre és annak real-time periféria készletére alapul. Maga a PROCESS rendszer elvileg gépfüggetlen és a megfelelő periféria müködtető rész módositása után, más folyamatperifériákkal is használható. Hasonló kategóriáju számitógépre /pl. TPA/ a PROCESS gépi reprezentánsa most már gyorsan elkészithető.

A PROCESS magja egy egyszerü felépitésü real-time executiv, mely magában foglalja a vezérlő programot, a timer programot, egy interrupt kezelő programrészt, és a megfelelő real-time periferiák vezérlő-programjait.

A programrendszer elsősorban folytonos technológiáju folyamatokon végzett mérésadatgyüjtésre, adatfeldolgozásra és folyamatszabályozásra szolgál, ezekhez a szükséges makroprogramok elkészültek. A munka egy későbbi célja a szakaszos folyamatok irányitására is alkalmassá tenni a programrendszert. A programrendszer hatáskörébe tartozó feladatok funkcionálisan négy nagyobb csoportba oszthatók:

- Digitális mérésadatgyüjtés, feldolgozás és regisztrálás
- Folyamatellenőrzés és vezérlés
- Folyamatszabályozás
- Háttérmüveletek.

A mindenkori elvégzendő feladat komplexumnak megfelelően kell összeállitani az un. felhasználói programrészt.

A felhasználói programrészt összeállitása, ami az adott feladat makróinak számszerinti hivása és a megfelelő táblázatok adatokkal való feltöltése, a PROCESS első változatában felhasználóra hárul.

A rendszer most készülő továbbfejlesztett változata egy forditóprogramot is magában foglal, amely lehetővé teszi, hogy a feladatokat mneomonikus kódok és ezekhez csatlakozó számadatok formájában lehessen megadni.

A PROCESS programrendszert megfelelő perifériák hiányában eddig a CII 10010 gépen szimulátorral próbáltuk ki. Jelenleg a VFI gépén folyik a kipróbálás és tárgyalások folynak a VIDEOTON gyárral a programrendszernek VIDEOTON 10108 géphez való felhasználói softwareként való értékesitésére.

2.2.5. Kis számitógépek alkalmazástechnikai kutatása, ill. együttmüködő számitógéprendszerekben való müködési problémáinak vizsgálata

Mivel Magyarországon a kisszámitógép gyártás egyik bázisát a francia CII 10010-es gép licencvásárlása jelentette, azt a célt tüztük ki, hogy a gép hard-ware és software fejlesztésével elősegitsük hazai bevezetését.

Jelenleg önálló egységként az Intézetben két CII 10010 számitógép müködik összesen 32K központi memóriával.

Hardware lehetőségeink fejlesztéseként megoldottuk a géppel nem szállitott perifériális berendezések um.

- MOM gyártmányu lyukszalagolvasó, lyukasztó,
- Alfanumerikus display,
- Mágnesszalag - memória egység géphez való cstolását.

Üzembe helyeztük a mágneslemezes memóriaegységet /disc/. A számitógép hálózat kiépitésére előkészületek folynak az SzTK CDC 3300-as gépéhez való kapcsolásra. Befejezés előtt áll a két kis számitógép összekapcsolása, melyet az Intézetben kidolgozott operációs software fog kiszolgalni.

A hardware fejlesztések kihasználásához elkészültek a különböző perifériális egységeket kezelő programok. Legjelentősebb, egyben legnagyobb ilyen munka az Intézet igényeit kielégitő és más hasonló rendszerekben - több kisgépből álló rendszer esetén - jól használható executiv rendszer kidolgozása, amely a mágnesszalag és disc segitségével a gép kihasználását megnöveli. Ezzel lényegesen csökken a gépet használókra háruló gépkezelési munka.

2.2.6. A számitóközpont tevékenysége

A számitóközpont a beszámoltatási időszakban - müszaki-tudományos és szolgáltatási tevékenységet folytatott.

Az üzemeltetéssel kapcsolatban megjegyzendő, hogy a MINSZK-22 számitógép általában 2-3 müszakban üzemelt, átlagban napi 18 órát, melyben a hasznos idő a bekapcsolási időnek kb. 75 %-át tette ki. A saját intézeti számitások és a külső felhasználók által igényelt gépidő kb. 40-60 %-os arányban oszlott meg, ahol a külső igénylők közül a Müszaki Egyetem vette leginkább igénybe a gépet.

A Számitóközpont szolgáltatasai közé tartozott az Intézet különböző osztályainak más számitógépeken végzett számitásaihoz igényelt program ill. adatelőkészités és protokollok kiirása is.

A müszaki-tudományos tevékenység a MINSZK-22 számitógéppel kapcsolatos, a gép zavartalan használatához szükséges software és hardware munkák elvégzése. Ezek közül jelentősebbek voltak az RC 2000 gyorsolvasó és az AMPEX mágnesszalagos berendezések a géphez való illesztése, a szovjet mágnesszalagos berendezés hibajelző áramkörének fej-

lesztése, valamint az eredeti 8K memória 16K-ra való bővitése uj áramkörök beépitésével.

Hardware fejlesztéseinket külföldön is hasznositottuk, ugyanis munkatársaink az általunk kidolgozott rendszer szerint RC 2000 olvasót és AMPEX mágnesszalagos egységeket illesztettek a MINSZK-22-es számitógéphez az NDK-ban és Csehszlovákiában.

Software munkáink kétirányuak voltak: a software karbantartás és programkönyvtár, valamint software fejlesztés. Használhatóbbá tettük a MINSZK-ALGOL programnyelvet, elkészitettük a MINSZK monitor rendszerét, valamint az uj hardware fejlesztéseknek megfelelő uj teszt programokat.

A MINSZK-22 elavulása, ill. az MTA Számitástechnikai Központ CDC 3300-as gépének üzembehelyezése, az Országos Tervhivatal ICL 4-70-es géphez való terminal csatlakoztatás terve arra késztetett bennünket, hogy a MINSZK-22 számitógépet 1971 végén leszereljük és értékesitsük.

Az ICL 4-70-es géphez történő csatlakoztatásról tanulmányt készitettünk, melynek alapján a végállomás berendezéseit megrendeltük. Előkészülünk a CDC 3300-as számitógéphez közvetlen csatlakoztatásra is.

2.3. FOLYTONOS TECHNOLÓGIAI FOLYAMATOK IRANYITASA

A tervidőszak kezdetén a témacsoport célkitüzése különböző nagy ipari folyamatok számitógépes modellezési és irányitási módszereinek kidolgozása és bevezetése volt.

Ez a célkitüzés lényegében változatlan maradt a teljes tervidőszak alatt. A munkák tipusában azonban a tervidőszak kezdete és vége között különbség van: mig régebben a hosszulejáratu, több éves, nagy volumenü de kisszámu alkalmazási bevezetést vállaltuk, addig ujabban a viszonylag kisebb, rövidebb átfutási idejü, az osztály létszámához képest nagyszámu ipari témával foglalkozunk. Ez a - véleményünk szerint kedvezőtlen irányu - változás három egymásba fonódó tényezőnek a következménye:

- az uj gazdasági mechanizmus bevezetése nyomán csökkent a központi, nagyobb lélegzetü kutatási, müszaki, fejlesztési elhatározásokra forditott összeg és nőtt a vállalatok saját kezdeményezésének lehetősége, ami első időszakban természetesen a rövidebb lejáratu, kisebb témáknak kedvez;

- a központi célkitüzések megvalósitásának, a fejlesztési programoknak egy része a beruházási feszültségek miatt időben eltolódott, és a nagy állami beruházásokra forditható hiteleket épp azon a területen faragták meg, melyek a müszaki fejlesztés szempontjából különösen fontosak lettek volna;

- a hazai ipar általános helyzete, szemlélete, müszerezettsége még elmarad attól a szinvonaltól, mely a nagy számitógépes irányitó rendszerek bevezetésének természetes talaja lenne.

Időközben a feltételek kezdenek kialakulni a kezdeti koncepció beillesztéséhez, egy általánosabb és az eddigi célkitüzéseket meghaladó gyakorlathoz.

Kis számitógépek alkalmazása mérés adatgyüjtésre, direkt digitális

szabályozásra, felügyeleti irányitásra, diszpécseri munkákhoz történő számitások és értékelések elvégzésére, továbbá a közepes és nagy számitógépek elterjedése, termelésprogramozási, operációkutatási feladatokra lehetővé teszi, hogy a most kezdett tervidőszak után a külföldi gyakorlathoz hasonlóan komplex feladatokat oldjunk meg.

Ehhez az eddigi eredmények további értékelésére és olyan átmeneti szakaszra van szükség, melyben az ipari bevezetések számára talajt készitünk elő, mivel a folyamatirányitásban ésszerü tevékenység konkrét ipari alkalmazás nélkül nem képzelhető el, ha nem akarjuk a munkát teljesen meddő elméletieskedéssé tenni. Ezért találtuk szükségesnek azt, hogy nagyobb vegyipari gyarakban a számitógépes üzemirányitás gondolatát fokozatosan, kis feladatok megoldásán keresztül vezessük be. Ugyancsak ez késztetett minket arra is, hogy a közvetlenebbül érzékelhető termelésirányitási, operációkutatási feladatok megoldását is célul tüzzük ki abban a vonatkozásban, hogy a folyamatirányitás fogalmát a világtendenciának megfelelően a teljes termelési vonalakra terjesszük ki és ne szükitsük le egyetlen üzem irányitási problémáinak megoldására. Ilyen megfontolások alapján vállalkoztunk operator-guide jellegü és termelésprogramozás jellegü optimális feladatok megoldására.

A cimben szereplő témacsoporton belül a következő - egymástól mereven el nem választható - fő kutatási irányok voltak megjelölhetők:

- Általános érvényü matematikai modell kidolgozása vegyipari folyamatok szimulációjához.
- Nagy rendszerek modellezése és irányitása.
- Nagy technológiai - vegyipari, ásványolajipari stb. - folyamatok számitógépes irányitása.
- Dinamikus folyamatok számitógépes irányitása.
- Összetett rendszerek matematikai modellezésének és optimálásának elvi kérdései.

A fenti kutatási irányokból a hároméves tervidőszak kezdetén az első három kutatási irány már szerepelt, mig az utolsó kettő csak a tervidőszak második felében került az Intézet tématervébe.

Megjegyezni kivánjuk, hogy technológiai folyamatok számitógépes

irányitása kutatási irány keretében folyó "Nitrogénipari üzemek számitógépes irányitása" cimü témáról bővebb értekelést adunk, mivel ennek első üzemi alkalmazása az 1971. évben fejeződött be és véleményünk szerint a témacsoport célkitüzésének megfelelő munkák indításának alapjául szolgál.

2.3.1. Általános érvényü matematikai modell kidolgozása vegyipari folyamatok szimulációjához

A Magyar Vegyipari Egyesülés Mérnöki Irodájával, a VEGYTERV-vel és a Veszprémi Számitástechnikai Csoporttal együttmüködve kidolgoztuk a stacioner összetett vegyipari rendszerek szimulálására szolgáló modulrendszerü SIMUL programrendszert. Ez a programrendszer azt a célt szolgálja, hogy a vegyipari technológiában járatos tervező szakemberek kezében tervezési, szimulálási és optimálási feladatokra könnyen használható segédeszköz legyen. A feladat bonyolultságától függően lehet egyedi készülék, néhány elemből álló csoport vagy teljes üzemegységek modellezését elvégezni. A müveleti egységmodellek készlete szükség esetén bővithető, igy azt a felhasználó szükség esetén kiegészitheti a saját témájához alkalmas ujabb modellekkel.

A SIMUL programrendszer egységes rendszert tartalmaz a leggyakrabban előforduló anyagi jellemzők számitására.

A programrendszert eddig a Vegyimüveket Tervező Vállalat, a Magyar Vegyipari Egyesülés Mérnöki Irodája és a Vegyipari Számitástechnikai Csoport benzin pirolizis etilénre, ecetsav pirolizis, metán parciális oxidáció és földgáz elválasztási technológiák szimulálására használta fel. Intézetünk a közelmultban ásványolajipari üzemek hőcserélő blokkjainak modellezésére alkalmazta.

A programrendszer alkalmazása a vegyipari tervezés szinvonalának emelését jelenti, mivel lehetőséget nyujt egzakt számitásra, sőt esetleg sok variáns számitásából az optimális kiválasztás olyan esetekben, ahol eddig ilyen számitások nagy munkaigényességüknél fogva

nem voltak lehetségesek.

A SIMUL team-work során elért eredményekért a Magyar Tudományos Akadémia Elnöksége 1970-ben a rendszer kidolgozását vezető kollektivát, köztük Intézetünk három munkatársát az Akadémiai Dij első fokozatával tüntette ki.

2.3.2. Nagy rendszerek modellezése és irányitása

Tovább folytattuk a NETWORK programrendszer kiépitését és mélyebb elméleti megalapozását célzó munkáinkat. Mint ismeretes a NETWORK koncepció ellentétben a nagy technológiai rendszerek modellezésére szolgáló többi eljárással a technológiai folyamatokat elsősorban áramlástani problémának tekinti, melyre bizonyos a Kirchhoff-féle hálózati egyenletek általánositásával nyert egyenletek érvényesek. A megfelelő programrendszer egy szervezőprogramból és készülékblokkból áll. Az eredetileg pusztán stacionárius folyamatok vizsgálatára szolgáló rendszert kiterjesztettük tranziens folyamatok vizsgálatára. A módszert egy NH_3-szintézisreaktor dinamikus modelljének megszerkesztésénél alkalmaztuk.

Akadémiai doktori értekezés alakjában mélyebb megalapozását adtuk a hálózati modellek alkalmazásának és topológiai megfogalmazását nyertük a nagy technológiai rendszerek strukturális összefüggéseinek. A tanulmány keretében a hálózati módszer alkalmazását kiterjesztettük elosztott paraméterü rendszerekre is. A megszerkesztett program alkalmas ilyen rendszerek széles kategóriájának numerikus vizsgálatára.

A hálózatelmélet alkalmazásának további kiszélesitését jelenti ennek a rudrendszerek statikájára való alkalmazása. Az igy adódó vektorhálózatok egyenleteit diakoptikai módszerekkel egy a számitások gépidőigényessége szempontjából előnyösebb alakra hoztuk. Az uj módszer gyakorlati felhasználására az Epitészeti és Városfejlesztési Minisztérium Számitástechnikai Intézetével együttmüködést készitünk

elő.

Hálózati módszereink leglényegesebb alkalmazása a Fővárosi Gázművek városi ill. földgázhálózatának tervezésével ill. irányitásával kapcsolatosak. Az erre a célra szerkesztett számitógépes modellek segitségével ezen hálózatoknak kb. 300 fejlesztési alternativáját ill. terhelési állapotát vizsgaltuk meg. Mindkét hálózatnál érzékenységi vizsgálatokat is végeztünk a nyomástávadók optimális elhelyezésére vonatkozólag. A fővárosi gázhálózatra vonatkozó ezen terjedelmes vizsgálatok feltártak ennek fejlesztési lehetőségeit és segitségül szolgáltak a megfelelő döntések meghozatalában, azonkivül segitséget nyujtanak a hálózat üzemeltetésénél is.

Részletes tanulmány keretében javaslatot dolgoztunk ki a fővárosi gázhálózat számitógépes adatfeldolgozására és irányitására vonatkozólag. Ezen reális és a beruházási eszközök korlátozottságával számoló megoldás lényegesen megjavithatná a főváros gázellátását.

A témára vonatkozóan a hároméves periódusban megjelent 14 publikáció és 7 intézeti jelentés, valamint a már emlitett akadémiai doktori értekezés.

2.3.3. Nitrogénipari üzemek számitógépes irányitasa

Az e területen végzett kutatási munkáinkat a péti 420 t/nap kapacitásu ammóniagyárban alkalmaztuk.

A végleges irányitó modell elkészült, a számitógép és az önmüködő üzemi adatgyüjtő berendezés kapcsolatának rendszerét és programjait kidolgoztuk, azokat a gyakorlatban alkalmaztuk. A kidolgozott számitógépes irányitó rendszert a Péti Nitrogénmüveknek átadtuk.

Az elmult időszakban a dán kooperáló partnerrel együttmüködve a PLANT-1 flexibilis szimulációs programrendszerre alapozva elkészült az ammóniagyár stacioner szimulálására szolgáló modulrendszerü prog-

ram. A szimuláló programmal végzett számitógépes kisérletek alapján dolgoztuk ki az üzem egyes jól körülhatárolt részegységeinek polinomos közelitését. Ezen számitások egyben kimutatták, hogy az apriori figyelembe vett változók száma lényegesen csökkenthető. A polinomokat magába foglaló modellel történő üzemi szimuláláshoz szükséges gépidő bár nagyságrendileg csökkent, de még igy is tul nagy volt üzemszerü valós időben történő üzemi optimalizáláshoz. Ennek tudatában egy uj programrendszer - az AMLOOP-1 került kidolgozásra. Ezzel a programmal a szimulációs számitás GIER gépen kb. 1 perc alatt végezhető el. Az optimalizálási számitás, beleértve a háromváltozós kvadratikus modell generálását 12 percen belül elvégezhető.

A modellekkel végzett optimalizálási számitások kimutatták, hogy a célfüggvény /max. ammoniatermelés/ a gyorsan változó zavaró változókra csekély mértékben érzékeny és az optimalizálás akkor célszerü, ha katalizátor aktivitásban, vagy a földgáz összetételében mutatkoznak változások.

Az ammoniagyár üzemátadásra az üzemindítás elhuzódása miatt csak 1970. augusztusában került sor. Az üzemindítás problémáinak tisztázásában a gyár megbizásából részletes modellel végzett számitásaink nagy segitséget jelentettek. Ilyenek voltak a CO és NH_3 konverterek katalizátorainak vizsgálata és a szintéziskör munkájának /hőcserélők, szeparátorok/ elemzése. Számitási eredményeink a gyakorlatban - nagy leállás alkalmával - teljes mértékben igazolódtak.

Szimulációs számitásaink bebizonyitották, hogy a 420 t/nap kapacitásra tervezett üzem optimális körülmények között 480-500 t/nap kapacitásra is képes. Ezt az üzem által annak idején kételkedéssel fogadott eredményt beigazolta az a tény, hogy az ez évi nagy javitás után az üzem rendszeresen 480 t/nap kapacitással termel.

Az AMLOOP programmal végzett optimalizálási számitásokkal megállapitottuk, hogy az optimális gáz-karbon arány alacsonyabb a tervezettnél.

Az ellenőrző számitások rendszeresen rámutattak a hibás mérőmüszerekre és ennek is következménye, hogy ezen a téren számottevő erőfeszités és javulás tapasztalható az üzemben.

A számitógépes irányitás üzemi bevezetésének eredményeit és tapasztalatait az alábbiakban összegezzük:

- modelljeinken kimutattuk, hogy az üzem technológiai átalakitás nélkül 4-8 %-kal jobban használható ki. Néhány olyan bővitéssel, mely a berendezés kapacitását egyenszilárdságuvá teszi, 14-16 %-kal növelhető a biztonságos és gazdaságos termelés. Ha csak 10 %-os bővitést irhatunk az elkészült modellek javára, ez közel évi 50 millió Ft többlettermelést jelent, az első kisérleti modellezési munka összköltségénél jó ötször nagyobb összeget;

- két lényeges paraméternek, a gáz-karbon aránynak és a hidrogén--nitrogén aránynak optimális beállitása évi 11-13 millió Ft többletnyereséget, ill. megtakaritást hoz;

- az üzem ellenőrzése során nehezen felbecsülhető segitséget nyujt a modellen történő ellenőrzés. Igy lehetett megállapitani a katalizátorok idő előtti elhasználódását és egyéb, rejtett hibákat, amelyek nem üzemzavarban, hanem valamely jellemző romlásában, közvetve mutatkoznak. A modellellenőrzés egyben lényegesen szilárditja az üzem technológiai munkafegyelmét;

- a modell alkalmas a további rendszeres üzemátállitásokhoz, üzemi kisérletekre. Az eredeti elképzelések óránkénti ellenőrzést irányoztak elő. Nyugodt, stacionárius üzemben ez nem szükséges, elegendő a kb. hetenkénti számitás; két ilyen számitás között, a jelenlegi, gyengén automatizált, off-line üzemben a számitások alapján adódó táblázatok és nomogrammok kielégitő vezetést adnak a kezelő személyzetnek.

A témával kapcsolatban 3 intézeti jelentés, egy akadémiai doktori értekezés készült el, valamint 4 hazai és 2 nemzetközi rendezvényen előadás hangzott el.

A Péti Nitrogénmüveknél megkezdett nitrogénipari modellezési és üzemirányitási munkák egyenes folytatásaként a Borsodi Vegyi Kombinát ammóniagyárában üzemirányitásra alkalmas matematikai modelleket dolgoztunk ki üzemi adatgyüjtéssel egybekapcsolva. A munka három feladatra terjed ki:

a hidrogén-nitrogén arány dinamikus korrekciójára, a CO konverterek, valamint a szintéziskörök modellezésére. Munkánkat egy későbbi számitógépes irányitási rendszer megalapozasának tekintjük, mind a modellek kidolgozása és ellenőrzése, mind az üzemi szemlélet előkészitése szempontjából.

2.3.4. Ásványolajipari üzemek számitógépes irányitása

A téma keretén belül célul tüztük ki az ásványolaj desztillációval kapcsolatos berendezések - kolonnák, hőcserélők, csőkemencék - modelljeinek kidolgozását, és a desztillációs üzem teljes, optimális irányitásra is alkalmas modelljének felállitását. A kidolgozott módszerek üzemi bevezetését a Dunai Kőolajipari Vállalat AV-I üzemében irányoztuk elő.

A téma keretében a következőket végeztük el;
számitási metodikát dolgoztunk ki a nyersolaj és a nyersolajpárlatok valamennyi olyan fiziko-kémiai tulajdonságának számitására, melyek alapul szolgálnak az elméleti modellek, ill. az üzemeltetéskor a termékek minőségi paraméterek számitásához. A végtelen számu komponensből álló nyersolaj pszeudokomponensekre való felbontásával a nyersolaj viszonylag nem nagyszámu pszeudokomponens elegyeként kezelhető.

Részletes elméleti modelleket dolgoztunk ki a desztilláló kolonnák hőcserélőblokk és a csőkemencék számitására. Bár ezek a modellek részletességük és méreteik miatt irányitásra nem alkalmasak, de segitségükkel számitógépes kisérletek végezhetők, amelyek uj technológiai kidolgozása, kapacitásnövelési lehetőségek, szük keresztmetszetek feltárása szempontjából értékes eredményeket adhatnak. A desztilláló kolonnák számitására elvileg uj, egyszerüsitett számitási eljárás készült.

A DKV AV-I üzemében részben kisérletterv alapján hosszabb ideig tartó üzemi mérésekre került sor. A mérési adatok statisztikai

módszerekkel történő feldolgozása során nyert összefüggések segitségével részben egyszerüsitettük az elméleti modelleket, részben kidolgoztunk egy empirikus eljárást a desztilláló kolonnák számitására. Az üzemi adatokból nyert összefüggésekkel kiegészitett egyszerüsitett modellek irányitási célra is alkalmasak, számitási idejük igen rövid, pontosságuk kielégitő.

A teljes üzem modellezését az épitőkocka elven müködő szervező-programrendszer biztositja, amely a kivánt sorrendben illeszti össze a technológiai egységek modelljeit.

Összefoglalva az elért eredményeket:

- olyan számitógépes modellkészlettel rendelkezünk, amelyekkel olajipari desztillációs üzemek müködését szimulálhatjuk
- az adott konkrét atmoszférikus-vakuum desztillációs üzemi irányitásra, esetleg optimalizálásra használható modellt dolgoztunk ki.

Ez utóbbi eredmény pillanatnyilag nehézségekbe ütközik, mivel a DKV az eredeti terveitől eltérően az AV-I üzem teljes rekonstrukcióját és a tervezettől eltérő nyersanyagra való átállitását irányozta elő. Ilymódon az üzem a következő 1-2 évre számitógépes üzemirányitást és a hozzá szükséges beruházásokat nem tervez.

A témában az elkövetkező időszakra az optimalizálás és vele szorosan kapcsolatban lévő célfüggvény kérdéseivel kivánunk foglalkozni. Az elkészitett modellek alapján megvizsgáljuk a globális üzemi optimalizálástól eltérő irányitási feladatok - pl. off-line operátor guide-megoldási lehetőségeit, továbbá egyes konkrét esetekre optimális üzemmódok, készülékelrendezések számitását.

Ezeket a feladatokat az eddiginél kisebb munkaráforditással tervezzük.

2.3.5. Dinamikus folyamatok számitógépes irányitása

A munka kezdeti célkitüzése a folyamatdinamika szimulációjának és identifikációjának kutatása volt. Később lehetővé vált a tematika kibővitése ipari folyamatok számitógépes felülbiráló szabályozásának irányában és végeredményben jelenleg és perspektivikusan ez a tevékenység fő iránya.

A folyamatdinamika számitógépes szimulációja területén szimulációs programcsomagot hoztunk létre, amely alkalmas átviteli függvényekkel adott rendszerek digitális szimulációjára tetszőleges bemenet esetén. A módszer a szimulálandó rendszer állapot-tér leirásán alapul. A módszert a későbbiekben kiterjesztettük nemlineáris rendszerek szimulációjára is.

A folyamat identifikáció területén statisztikus paraméterbecslő eljárásokat dolgoztunk fel. Elsőnek a legkisebb négyzetek módszerével foglalkoztunk, majd - ennek közismert korlátai miatt - bonyolultabb módszerekre tértünk át. Müködő programot készitettünk az Åström--Bohlin módszerre, majd elkészitettük ennek a módszernek egy közelitő on-line változatát. Ezzel párhuzamosan feldolgoztuk - mind off--line, mind on-line változatban - az általánositott legkisebb négyzet módszert. Az utóbbi időben olyan módszerekkel foglalkoztunk, amelyek lehetővé teszik a bemeneti mérések zajának figyelembevételét is.

A számitógépes felülbiráló szabályozás területén három irányban indultunk el: ezek a kaszkád szabályozás, az előrecsatolás és a szétcsatolás. Vizsgálatok kezdődtek azzal kapcsolatban, hogy lehet olyan rendszereket tervezni, ahol egy bonyolult szabályozási funkciót /optimális szabályozás/ a digitális gép visszacsatolással, egy analóg szabályozó alapjelén keresztül valósit meg. Másrészt szimulációs vizsgálatokat végeztünk egy erőmüvi részfolyamat számitógépes zavarkompenzációjával /előrecsatolás/ kapcsolatban. Végül kutatások folynak kölcsönhatásos többparaméteres folyamatok kölcsönhatás-mentes szabályozására olymódon, hogy a szétcsatolást digitális gép végzi az egyedi körök analóg szabályozóinak alapjelén keresztül.

1971. végén a témával foglalkozó csoport VEIKI megbizás alapján, szimulációs programok felhasználásával, megtervezte egy erőmüvi többparaméteres folyamat analóg szabályozását.

2.3.6. Összetett rendszerek matematikai modellezésének és optimalizálásának elvi kérdései

A téma keretében munkánk célja olyan módszerek kidolgozása volt, amelyek a rendszerek összetettségét alkalmas módon irják le, illetve alkalmasak nagyméretü, bonyolult összetett rendszerek modellezésére és optimalizálására.

Rendszerelméleti vonatkozásban foglalkoztunk a rendszer, összetett rendszer, döntési rendszer és egyéb rendszertechnikai fogalmak értelmezésével, valamint az összetett rendszerek modellezésének kérdéseivel, különös tekintettel a vegyipari rendszerek tulajdonságaira. E témakörrel kapcsolatban elért eredményeinkről a Magyar Kémikusok Lapjának "Bevezetés a rendszertechnikába" c. rovatában számoltunk be 8 cikkből álló sorozat formájában.

A téma matematikai vonatkozásában foglalkoztunk az irodalomban leirt nagyméretü optimalizálási feladatok megoldási módszereivel, igy a dinamikus programozással, a különböző dekompozicios módszerekkel, melyek alapján általános koncepciót dolgoztunk ki nagyméretü matematikai programozási feladatként felirható összetett statikus döntési rendszerek optimalizálására. Értelmeztük az összetett feladat, valamint a feladat dekompozició fogalmát, és foglalkoztunk a nagyméretü feladatok dekompozicios megoldásának optimális számitásszervezésével. A témában elért eredményekről hazai lapban 2 cikkben, 6 hazai előadáson, valamint 3 nemzetközi konferencián számoltunk be, igy pl. a témáról előadást tartunk az 1972. évi párizsi IFAC Kongresszuson.

Összetett rendszerek matematikai modellezése és optimalizálása téma gyakorlati alkalmazásaként algoritmust készitettünk a péti ammónia-

üzem dekompoziciós optimalizációjára, melyről egy nemzetközi folyóiratban és egy nemzetközi konferencián számoltunk be, és jelenleg kutatásokat folytatunk a téma eredményeinek az integrált vállalatvezetésben történő alkalmazására, igy az üzemek céljának és a vállalati belső árrendszer meghatározására.

2.4. FÉLVEZETŐK ERŐSÁRAMÚ ALKALMAZÁSA AZ AUTOMATIZÁLÁSBAN

Az elmult beszámolási időszakban a teljesitmény félvezetőket /tirisztorokat, szimisztorokat, teljesitmény tranzisztorokat/ alkalmazó automatikus ipari berendezések elméleti és gyakorlati problémáival foglalkoztunk. Fő kutatási területeink a következők voltak:

- hálózati kommutációs áramirányitóról táplált villamos hajtások
- kényszerkommutációs tirisztoros inverterek
- középfrekvenciás tirisztoros inverterek.

A tirisztoros kapcsolások sok energiatárolót tartalmazó, többszörösen nemlineáris rendszerek, állandósult állapotukban is periódusonként annyi be- és kikapcsolási jelenség zajlik le, amennyi az ütemszám, igy elméleti leirásuk rendkivül bonyolult. Éppen ezért elméleti vonatkozásban 2 fő irányban végeztünk munkát.

Egyik fő irány olyan, a mérnöki méretezési feladatokhoz kapcsolódó viszonylag egyszerü közelitő eljárások kidolgozása, amely a gyakorlat számára kielégitő. Ezeket mind kényszer, mind nem kényszerkommutációs kapcsolásokra igyekeztünk kidolgozni.

Az elméleti kutatások másik fő iránya, a bonyolultabb, de pontosabb vizsgálat valamennyi főbb energiatároló és lényeges paraméter figyelembevételével. Olyan általános számitási módszert dolgoztunk ki, amely alapjaiban közös a legkülönbözőbb statikus vagy még forgógépet is tartalmazó tirisztoros kapcsolásokra. Kis változásokra vonatkozóan a rendszer dinamikus viselkedése is vizsgálható. Ezzel a módszerrel a szabályozók paramétereinek megfelelő tartományát is meg lehet határozni a lényeges munkapontokban. A feladat bonyolultsága miatt ez a vizsgálat csak digitális számitógép segitségével végezhető el. Mind az egyszerü közelitő számitások, mind pedig a pontosabb vizsgálatok területén uj eredményeket értünk el. Ezeket több publikációban és számos külföldön is tartott előadásban ismertettük. Ezek közül jelentősebbek az 1970-ben Drezdában, öt különböző USA egyetemen tartott előadás, továbbá 1971-ben Prágában és a Római Egyetem Automatizálási Intézetében tartott előadások.

Külföldi ismertetéseink mellett a hazai közvéleményt is széles körben megismertettük az általunk elért eredményekkel. Igy az I. Erősáramu Elektronikai Konferencián, amelynek szervezésében is tevékenyen közremüködtünk, a témakörben elért eredményeinket hét előadásban ismertettük. Az érdeklődésre jellemző, hogy a Konferencia alkalmából 50-60 külföldi résztvevő meglátogatta e témával foglalkozó osztályunkat.

Az ezen a területen elért tudományos eredmények egy része alkotta egy müszaki tudományok doktori fokozatra való pályázat tézisét, a védés alkalmával azokat a vizsgabizottság egyhanguan elfogadta.

Gyakorlati kutató munkánk során számos ipari vállalattal, ill. tervező intézettel müködtünk együtt: EVIG, VBKM, Ganz Villamossági Müvek, TRAKISZ, ERBE, ERŐTERV, Posta, Vegyterv, Budapesti Müszaki Egyetem/.

Három témával részt vettünk a KGM távlati müszaki fejlesztési célprogramjában a váltakozóáramu tirisztoros hajtások területén.

2.4.1. Hálózati kommutációs áramirányitóról táplált villamos hajtások

A hálózati kommutációs áramirányitóról táplált villamos hajtások közül elsőnek az egyenirányitós hajtásszabályozásokkal foglalkoztunk. Az egyenáramu hajtásokkal kapcsolatban elméleti területen elsősorban ugynevezett reprodukáló kutatásokat folytattunk, bár néhány részletkérdésben elértünk kimondottan ujnak mondható eredményeket is.

Az egyenáramu szabályozott villamos hajtásokat lényegében valamenynyi iparág használja /pl. szerszámgép hajtások, hengermüvi hajtások, papiripari hajtások, vegyipari technológia/.

Az egyenáramu hajtások témakörében az EHS sorozatu egyenáramu hajtásszabályzást dolgoztuk ki. Az EHS sorozatu egyenáramu hajtások 3-120 kW-os egyenáramu motorokhoz készültek egytérnegyedes kivitel-

ben, a fordulatszám átfogási tartomány 1:10-től 1:60-ig változhat.

Az egyenáramu hajtásszabályozás kidolgozása után a váltakozó áramu hajtások közül a hálózati kommutációs áramirányitós váltakozóáramu motoros hajtásokkal foglalkoztunk. Ezek közül elsőnek az AKHS sorozatu áramirányitós egyenáramu kaszkád hajtásszabályozást dolgoztuk ki csuszógyürüs aszinkron motorokhoz. Az AKHS sorozatu hajtásokat 1000 kW motorteljesitményig dolgoztuk ki. A fordulatszám átfogási igény 1:2. E területen számos uj eredményt értünk el ezek üzemtanának elméleti vizsgálatánál. Az áramirányitós kaszkád hajtások felhasználási területe elsősorban a nagyteljesitményü ventillátor és szivattyuhajtások, melyeknek ilyen formában való megoldásával igen nagy energiamegtakaritást biztositottunk.

A mezőgazdaság automatizálása programja keretében dolgoztuk ki az SzH sorozatu egyfázisu aszinkronmotoros tirisztoros szellőzőhajtást. Fő alkalmazási területük különböző istállók hőmérséklettől függő légmennyiségének szabályozása.

Az ADHS sorozatu aszinkronmotoros daruhajtások tirisztoros tápegységet négy főtipusban fejlesztettük ki, amely alkalmas az 5-50 kW-os aszinkron darumotorok hajtásszabályozására. Ez a megoldás egyszerüségénél és nagymértékü megbizhatóságánál fogva kiválóan alkalmas a daruüzemhez. E területen az elmult időszakban mintegy 15 publikációnk készült és négy szabadalmi bejelentés történt. Az 1970-71 évben az általunk átadott dokumentációk alapján az EVIG évi 10 millió Ft-os termelést ért el és a következő években ennek erős emelkedése várható.

2.4.2. Kényszerkommutációs tirisztoros inverterek

E témakörök keretében emlitjük meg, hogy kialakitottunk egy valamennyi tirisztoros berendezéshez nélkülözhetetlen szükséges gyujtóáramkör rendszert és gyártásra átadtuk a TVR-100 tirisztorvezérlő berendezést.

A kényszerkommutációs tirisztoros kapcsolások legfontosabb területei az egyenáramu energiát váltakozóáramuvá alakitó berendezések, inverterek. A tirisztoros invertereket főképp szükségáramforrásként alkalmazzák, azonban ezek adják a szabályozott váltakozóáramu villamoshajtások egyik megoldási lehetőségét is. Az elmult időszakban valamennyi alkalmazási esettel foglalkoztunk: egy- és háromfázisu szükségáramforrasok kialakitásával.

Mind az egyfázisu kényszerkommutációs 50 Hz-es inverter, mind a háromfázisu kényszerkommutációs inverter több tipusát kidolgoztuk és gyártásra átadtuk. A változtatható frekvenciáju háromfázisu inverter elsősorban aszinkron motoros hajtás céljaira készült, közbenső egyenáramu körös, egyenáramu oldali kommutációju inverter. Két alaptipust dolgoztunk ki, az ipari átadásra valószinü a közeljövőben kerül sor.

A témakörben kidolgoztuk továbbá a kényszerkommutációs egyenáramu szabályozókört ivhegesztő berendezések számára, melynek dokumentációját az iparnak átadtuk. E témával kapcsolatban számos uj elméleti eredményhez jutottunk és több külföldön is megjelenő publikációnk volt. E területen számos szabadalmunk van.

Az 1971-es gyártási volumen e témakörrel kapcsolatban mintegy 6-7 millió Ft, és a közeli években erős növekedés várható.

2.4.3. Középfrekvenciás tirisztoros inverterek

Az ilyen tipusu invertereket a gyakorlat számos területén alkalmazzák, elsősorban az indukciós hevités és olvasztás céljaira. Az általunk kifejlesztett berendezésben a háromfázisu váltakozóáramu teljesitményt egyenirányitjuk és ezzel tápláljuk az egyfázisu középfrekvenciát előállitó tirisztoros invertert. Két megoldást épitettünk meg és próbáltunk ki, a kisérleti példány 30 kW teljesitményü 3000-4000 Hz-es középfrekvenciás inverter volt. A frekvenciaosztásos elvet alkalmazó megoldással sikeres próbaolvasztást is vé-

geztünk. E területen számos uj elméleti eredményünk született, melyet több publikációban - mind hazai, mind külföldi lapokban - közöltünk. Két szabadalmat is bejelentettünk. E területen most folyik az első tipusok gyártási dokumentációjának kialakitása és az iparnak való átadása.

2.5. AZ AUTOMATIZÁLÁS PNEUMATIKUS ESZKÖZEI ÉS BERENDEZÉSEI

Az eredeti tervnek megfelelően kutatásainkat két irányban folytattuk. Eszerint egyrészt továbbfejlesztettük az MMG-nek korábban sorozatgyártásra már átadott TRIMELOG pneumatikus logikai építőkocka rendszer elemkészletét. A ma már gyakorlatilag befejezettnek tekinthető elemfejlesztési kutatások utáni további vizsgálatok most már elsősorban a rendszertechnikai alkalmazásokkal összefüggő kérdésekre irányulnak. A rendszer minél szélesebbkörü ipari bevezetésének elősegitésére minta rendszereket terveztünk és épitettünk kőolajipari, gépipari és orvosi müszeripari feladatok megoldására.

A második fő kutatási irány a fluid elemek és rendszerek vizsgálata. E területen kialakitottuk az első és második generációs áramkörök épitésére alkalmas moduláris fluid elem-készletünket. A jelenleginél szélesebbkörü ipari alkalmazás lehetőségeinek megteremtése érdekében rendszertechnikai megoldást dolgoztunk ki a fluid rendszerek légfogyasztásának csökkentése céljából.

2.5.1. Mozgóalkatrészes pneumatikus logikai elemek és rendszerek kutatása, fejlesztése és alkalmazása

A TRIMELOG elemekből felépitett első vezérlő berendezésekkel elért kedvező eredmények a rendszer továbbfejlesztésére ösztönöztek. Igy az eredeti elemkészletet a sokoldalu használhatóság figyelembevételével tovább bővitettük. Az igy kifejlesztett un. TRIMELOG II elemcsaládot ugyancsak az MMG vette át Intézetünktől gyártásra.

Az elemfejlesztési feladatokkal kapcsolatos elméleti vizsgálatok eredményei alapján, egy sikeresen megvédett egyetemi doktori disszertáció készült.

Munkánk ellenőrzését adó ipari realizálás egyre bővül. A vállalt

munkák mindegyikére jellemző az, hogy nem a kidolgozott elemek rutinjellegü rendszerbe kapcsolását jelentik, hanem mind elem-, mind rendszertechnikai szempontból speciális kutatási témának külön-külön is beillenek.

A nagyobb volumenü rendszertechnikai alkalmazások közül emlithetjük:

- Kutkörzet vezérlés automatika, ahol előtérbe kerül a pneumatikának az az előnyös sajátossága, mely szerint a berendezések a helyszinen nyert földgázzal is üzemeltethetők.

- Abszorbciós hütőgép vezérlése és szabályozása, ahol a munka érdekessége a közvetlen digitális szabályozás, melyhez speciális érzékelő és szelepmüködtető tartozik.

- Pénztárgép ellenőrző berendezés - nagy bonyolultságu hibrid pneumatikus NC berendezés. A rendszerhez nagy sebességü olvasáshoz kifejlesztett pneumatikus programadót /12-csatornás lyukszalagolvasó/, TRIMELOG dekódoló egységet és nagynyomásu erősitő végrehajtó részt alkalmaztunk. E munkával kapcsolatos analitikai és empirikus vizsgálatból egyetemi doktori disszertáció készült el és került benyujtásra.

2.5.2. Mozgó alkatrészt nem tartalmazó pneumatikus logikai elemek /fluid elemek/ és rendszerek

A téma inditásakor első lépcsőként egy funkcionálisan teljesnek mondható, kevésszámu elemből álló moduláris elemkészlet kidolgozását tüztük ki célul azzal, hogy a továbbiakban különböző speciális elemek kifejlesztése mellett áttérhessünk az un. második generációs, azaz nyomtatott áramkörös, de még moduláris elemekből felépülő és a harmadik generációs, a teljesen integrált fluid áramkörök rendszertechnikai használatára.

A kitüzött cél érdekében előkészitő kutatásokat kellett végeznünk.

Ennek során megvizsgáltuk a magyar fotopolimer által nyujtott technológiai lehetőségeket, kidolgoztuk az előállitási technológiát, összehasonlitó méréseket végeztünk a külföldről beszerzett fluid elemeken és megkezdtük a rövid csatornák jelátvitelének analitikai és empirikus analizisét.

Az előkészitő munka eredményeként - a már emlitett minimális program szerint - három elemből álló moduláris elemkészletet dolgoztunk ki. Ezzel, bármilyen diszkrét vezérlőrendszer - a szükséges perifériákat feltételezve - megépithető.

A fluid elemek áramlástani vizsgálatainak eredményeiből egy kandidátusi értekezés került beadásra.

Az elemkutatás mellett a fluidikában is jelentős teret szenteltünk a rendszertechnikai vizsgálatokra. Létrehoztunk egy "S" rendszernek nevezett hibrid vezérlési rendszert, amely kisszámu mozgóalkatrészes elem mellett lényegében fluid elemekből épül fel. A rendszer előnye, hogy a fluid rendszerek hátrányát - a nagy levegőfogyasztást - szokásos frekvencia tartományban lényegesen csökkenti. A rendszert több országba szabadalmaztatásra jelentettük be. Az "S" rendszerről munkatársaink az 5. Cranfield Konferencián a jövő évben számolnak be.

Mind a mozgó alkatrészes, mind a fluid logikai elemek és rendszerek kutatási eredményeiről több publikációban és nemzetközi fórumon elhangzott előadásban számoltunk be. A közelmultban jelent meg a "Pneumatikus logikai elemek" c. könyv nyugatnémet kiadása.

E kutatási területen rendkivül szélesek a nemzetközi kapcsolataink. Különösen szoros munkakapcsolataink alakultak ki a SzUTA Irányitási Problémák Intézetének pneumatikus laboratóriumával. Két évenként közös szemináriumokat tartunk és az együttmüködés eredményeként már közös találmányi bejelentésre is sor került.

3. MŰKÖDÉSI BESZÁMOLÓ

3.1. INTÉZETI LÉTSZÁMHELYZET

Az intézeti kutatói állomány helyzetét a beszámolási időszakban, összehasonlitva az azt megelőző évekkel - amikor az Intézet megalakitását dinamikus létszámnövekedés követte - elsősorban a stabilitás jellemezte. Lényegében kialakultak a kutatási irányok, az azokat művelő tudományos csoportok. Ezt a stabilitást is dinamikusnak tekinthetjük, ami azt jelenti, hogy ha nem nagy mértékben is, de egy egészséges, irányitott fluktuáció jött létre: azok a munkatársaink, akik kevesebb hajlandóságot mutattak a tudományos munka müvelésére - eltávoztak Intézetünkből. Helyüket elsősorban fiatal kutatókkal töltöttük be. Ez alól bizonyos kivételt az 1970-es év mutatott, amikor a számitástechnika gyors fejlődése, elsősorban uj számitóközpontok létrejötte hatására több munkatársunk megvált Intézetünktől. További szivóhatást gyakorolt az a tény is, hogy a számitástechnika területén gomba módra megszaporodott konjunkturális vállalatok az általunk fizethető illetményhez képest sokkal magasabb jövedelmet biztositottak. Ezen a már veszélyessé vált helyzeten az 1971-ben bevezetett belső szerződéses megbizatások rendszere segitett.

A három év létszámalakulását jellemző adatokat az 1.sz. Táblázatban foglaltuk össze. Néhány megjegyzés a Táblázatban foglaltakhoz:

- az 1. rovatban foglalt főállásu dolgozóink létszámát a zárójelben feltüntetett, az árbevétel terhére foglalkoztatottak növelték meg. Ezt a létszámnövekedést elsősorban a megnövekedett számu realizációs munkáink tették szükségessé. Ugyanez vonatkozik a 8. rovatban feltüntetett egyéb kategóriáju dolgozók, elsősorban a mühely fizikai dolgozói létszámának növelésére is.

- A tudományos segédszemélyzet abszolut és a tudományos kutatókhoz viszonyitott relativ létszámcsökkenését az magyarázza, hogy munkáink sulya a készüléképitésről az idők folyamán a software munkákra tolódott át.

Meg kell jegyeznünk, hogy az eredetileg lényegesen kisebb létszámra tervezett intézeti székházat kinőttük, munkatársaink az átlagosnál már rosszabb elhelyezési körülmények között dolgoznak, ami sürgetőleg felveti e probléma célszerü megoldását.

1. Táblázat AZ INTÉZET LÉTSZÁMADATAI

Év	Állandó főfoglalkozásuak száma		Állandó részfoglalkozásuak száma		Állandó főfoglalkozású dolgozók közül				A tudományos kutatók és diplomás műszakiak közül /5+6-ból/			Egyetemi vagy főiskolai tanulmányokat folytatók száma	
	főállásban	másodállásban	tényleges	redukált	tud. kutató	dipl. műszaki alkalm.	tud.s. személyzet	egyéb /fiz. adm. stb./	ak.rendes v. lev.tag	tud. doktora	tud. kandidátusa	5+6-ból	7-ből
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
1969	335 /34/	2	58	24,3	105	16	138	76	1	2	13	4	10
1970	347 /46/	2	71	29,0	111	21	112	103	1	2	14	5	12
1971	404 /103/	2	80	35,0	125	19	119	141	-	3	14	3	12

Megjegyzés: A zárójelben feltüntetett fők száma az össz-főfoglalkozású dolgozókból az árbevétel terhére foglalkoztatottak száma

3.2. A KUTATÓK SZAKMAI ÉS IDEOLÓGIAI FEJLŐDÉSE

A kutatók szakmai fejlődését különböző módszerekkel igyekeztünk elősegiteni. Egyik alapvető módszer, az egyes tudományos osztályokon, témacsoportokon belül szervezett szükkörü, adott tématerületet vagy témarészt felölelő belső szemináriumok szervezése. Többször került sor osztályok közötti szemináriumok megrendezésére, mely egy-egy speciális témát ölelt fel. A szélesebbkörü, az egész Intézet tudományos kollektiváját érintő és érdeklő témákból - kb. havonta egyszer - un. Intézeti Napokat szerveztünk, amelyeken egy-egy téma, vagy témacsoport ismertetésére és megvitatására került sor, melyekre a napirenden lévő témákban érdekelt külső szakembereket is meghivtuk. Az Intézeti Napokon ezen kivül egy-egy nagyobb jelentőségü tanulmányut vagy esemény tapasztalatairól számoltak be a külföldön járt kutatók. Az Intézeti Napok egyik speciális megnyilvánulása az egyes témákat, azok indulását vagy közbenső csomópontjait érdemben megvitató un. Témaviták voltak.

A kutatók szakmai továbbképzésének érdekében részt veszünk az Intézet tematikájába vágó különböző hazai és külföldi tanácskozásokon, konferenciákon, szimpóziumokon stb., amelyeken több olyan előadást tartottunk, mely a hazai és külföldi szakemberek körében visszhangra talált. Ezek részletes kimutatását a 2a., 2b. Táblázat tartalmazza.

Intézetünk az elmult három évben több jelentő tudományos rendezvényt szervezett. Ezek közül elsősorban az 1971 februárjában szervezett KGST "Bonyolult irányitási rendszerek felépitésének elméleti kérdései" témakört taglaló tudományos értekezletet, valamint az 1971 szeptemberében megrendezett IFAC DISCOP /Digital Simulation of Continuous Processes/ szimpóziumot kell megemlitenünk. Ezekről bővebben a 3.5 pontban számolunk be. Ugyancsak 1971 nyarán rendeztük meg a 10 napos "Mesterséges intelligencia problémái" cimü szemináriumunkat, amelyen az e tudományterület két nemzetközileg legkiválóbb szaktekintélye, J.Z.Czüpkin /SzU/ és K.S.Fu /USA/ tartottak előadásokat az általuk elért kutatási eredményekről. Rajtuk kivül, a Távközlési Kutató Intézet vendégeként L.D.Davisson /USA/ is tar-

tott előadást. A szemináriumot széles körben propagáltuk, igy Intézetünk kutatóin kivül a témát müvelő, vagy a témához érdeklődést mutató hazai szakemberek is nagy számban részt vettek. Ezzel a szemináriummal egyrészt sikerült hazánkban szélesebbkörü érdeklődést felkelteni az e tudományterület irányában, másrészt a szeminárium lehetőséget adott arra, hogy ezen a területen a hazai erőinket felmérjük. A szeminárium anyagát publikációra készitjük elő. A szeminárium sikeres tapasztalatai alapján a jövőre vonatkozóan is tervezzük hasonló szüktematikáju szemináriumok megrendezését.

Több hazai rendezvény előkészitésében, szervezésében és lebonyolitásában vettünk aktivan részt. A kötetlen formáju továbbképzési lehetőségeken kivül fontosnak tartottuk - főleg a fiatal kutatók számára - a különböző szervezett továbbképző tanfolyamokon /BME Továbbképző Intézet, SZÁMOK, MTESZ, Bólyai János Matematikai Társulat/ való részvételt. Ugyancsak szorgalmaztuk és nagymértékben támogattuk a kutatók nyelvtudásának fejlesztését. A szakmai továbbképzésről ill. nyelvtanfolyamokról szóló adatainkat a 3.sz. Táblázatban foglaltuk össze.

Amint ez a táblázatból is kitünik, az Akadémia hathatós segitségével a nyelvtanulás területén az utóbbi években lényeges haladást értünk el.

Rendkivül fontosnak tartjuk, mind az Intézet világban történő orientációja szempontjából, mind a kutatók egyéni fejlődése szempontjából a hosszutávu külföldi kiküldetéseket. Az elmult beszámolási időszakban Intézetünk munkatársai közül 6 fő vett részt 6 hónapnál hosszabb külföldi kiküldetésben. Egy fő több éve UNESCO programba vendégprofesszorként fontos szervező, oktató munkát végez Braziliában. A kiküldöttek döntő többsége nem elégedett meg az általa müvelt tudományterületre vonatkozó információk szerzésével, hanem felhasználva a kiküldetések adta lehetőségeket, lényeges előrehaladást tett munkájában és konkrét munkaeredményekkel /algoritmusok, program-csomagok stb./ tért haza.

A beszámolási időszakban kutatóink közül hárman szereztek egyetemi doktori cimet. Eredményeket értünk el az akadémiai fokozatok megszerzésében is, bár ezekkel az eredményekkel - főleg ami a kandi-

dátusi fokozatok elnyerését illeti - nem vagyunk megelégedve. Az elmult időszakban egy kutatónk védte meg kandidátusi disszertációját és egy munkatársunk külföldi levelező aspirantura alapján benyujtott disszertációja a közeljövőben kerül védésre. További két kandidátusi fokozat elnyerését pályázó disszertáció került benyujtásra a Tudományos Minősitő Bizottsághoz. Öt munkatársunk jelenleg folytatja aspiranturáját, akik közül

- 3 ösztöndijas aspiráns,
- 1 külföldi aspiráns és
- 1 belföldi levelező aspiráns.

Vezető munkatársaink közül ketten elnyerték a tudományok doktora cimet, egy munkatársunk a tudományok doktora cimre pályázó tézisek alapján ezeket a biráló bizottság előtt egyhangu szavazattal megvédte, és egy munkatársunk közvetlen védés előtt áll.

Intézetünk dolgozói a legkülönbözőbb szinteken veszik ki részüket az oktatói munkából. A Tudományos Minősitő Bizottságtól több munkatársunk kapott megbizást aspiránsvezetésre. Munkatársaink előadásokat tartanak a különböző müszaki egyetemeken /Budapesti Müszaki Egyetem, Veszprémi Nehézvegyipari Müszaki Egyetem, Miskolci Nehézipari Müszaki Egyetem/, valamint a Bánki Donát és a Kandó Kálmán Müszaki Főiskolán. Ezek közül többen cimzetes egyetemi docensi, illetve professzori kinevezést kaptak. Kivesszük részünket a mérnöki továbbképzésben, ez az egyik legjelentősebb müszaki fóruma uj kutatási eredményeink megismertetésének és hazai elterjesztésének.

Az ideológiai továbbképzést az Intézetben az MSzMP alapszervezetével és a tömegszervezetekkel igyekeztünk megvalósitani. Speciális tanfolyamok keretében elsősorban aktuális gazdasági és elvi-politikai előadásokat ill. szemináriumokat tartottunk. Az összintézeti, ideológiai továbbképzésen kivül egyes esetekben osztályszemináriumokat is tartottunk, ahol a kiválasztott témakörhöz intézeti és neves meghivott előadók adtak tájékoztatást. Az utolsó időben az ideológiai képzést a jól bevált vitakörök formájában szerveztük, meghivott szinvonalas előadók vezetésével. Itt elsősorban gazdasági, magyar munkásmozgalmi történeti és esztétikai témákkal foglalkoztunk. Az Intézet egyes munkatársai a kerületi Pártbizottság által

szervezett oktatási rendszerben vettek részt. Az elmult időszakban egy munkatársunk befejezte a Marxizmus-Leninizmus Esti Egyetemet, három munkatársunk jelenleg folytatja ott tanulmányait.

2.a Táblázat HAZAI KONFERENCIÁKON, KIÁLLITÁSOKON VALÓ RÉSZVÉTEL

É v	Konferencia, kiállitás		
	Rendezvények	Résztvevők s z á m a	Előadások
1969	17	111	20
1970	31	222	26
1971	18	155	38
Összesen	66	488	84

2.b Táblázat KÜLFÖLDI KONFERENCIÁKON, KIÁLLITÁSOKON VALÓ RÉSZVÉTEL

É v	Konferencia			Kiállitás	
	Rendez-vények	Részt-vevők	Elő-adások	Rendez-vények	Részt-vevők
	s z á m a				
1969	15	68	12	18	31
1970	26	72	15	21	39
1971	29	71	10	19	52
Összesen	70	211	32	58	122

3. Táblázat SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS, NYELVTANFOLYAM

É v	Szakmai továbbképző tanfolyamok		Különböző nyelvtan-folyamokon résztvevők /fő/
	száma	résztvevő /fő/	
1969	9	68	26
1970	12	111	22
1971	16	89	32
Összesen	37	268	80

3.3. PUBLIKÁCIÓS TEVÉKENYSÉG

Az elmult hároméves időszakban Intézetünk munkatársai nagyszámu publikációt jelentettek meg. Ezek egy jelentős része különböző nemzetközi tudományos sulyu külföldi folyóiratokban jelent meg, ill. nemzetközi konferenciákon, szimpoziumokon hangzott el. A hároméves publikációs tevékenységünket a 4. sz. táblázatban foglaltuk össze. Ezen publikációink tudományos értékét jellemzi egyrészt, hogy azok külföldi referáló folyóiratokban rendszeresen fellelhetők, másrészt fokozatosan nő azon publikációink száma, amelyekre külföldi szerzők munkáikban hivatkoznak.

Az elmult három évben is folytattuk Intézeti Közleményeink kiadását. Ezekben többek között egy-egy munkafázis lezárását vagy kutatási részeredményeket ismertettünk. A közleményeink minőségére jellemző, hogy ujabb és ujabb intézményektől ill. könyvtáraiktól kapunk megrendeléseket. Amint a táblázatból is látható, egyátmeneti csökkenés után - amit elsősorban a szakfolyóiratokban történt megnövekedett publikációs kedv váltott ki - a közlemények száma 1971-ben ujra elérte a normális szintet.

Publikációs tevékenységünk alakulását azonban két tényező lényegesen befolyásolja. Elsősorban a találmányok által megszabott ujdonságrontási korlátozás, másodsorban a gyakorlati bevezetéssel kapcsolatos szerződéspolitikai tiltások. Ezért 1971 végén kis példányszámmal /25-50 db/ csak intézeti belső használatra szánt publikációk rendszerét vezettük be.

Ezzel szeretnénk publikálási lehetőséget ill. gondolati prioritást biztositani azon munkatársainknak, akiknek munkája az előbbiekben ismertetett okoknál fogva széles közvélemény előtt nem ismertethető. Erre azért is szükség van, mert az Intézet tudományos munkája a készüléképités vonalról egyre inkább a programkészitő, software-t kidolgozó tevékenységre tolódik át. Mig a készülék és eljárás jellegü ujdonságokat szabadalmi bejelentéssel védeni lehet, a software, know-how eredményeknek ilyenfajta védelme nemzetközileg is problémát jelent.

A beszamolási időszak kezdetén, a kéthavonta megjelenő angol nyelvü "KWIC index az automatizálás szolgálatában" kiadványunkat inditottuk meg, amelyet azonban 1970 közepén megszüntettünk. Ez az intézkedés azért vált szükségessé, mert az OMKDK-val közös gondozásban megindítottuk a "Gyorsindex automatizálás" referáló folyóiratot, amely megfelel a KWIC index magyar nyelvü változatának.

Az Intézetben az elmult 3 évben több értékes találmány született. Ezek közül többet külföldi szabadalmaztatásra is bejelentettünk. Találmányi tevékenységünket az 5.sz. Táblázat tartalmazza. Sor került több szabadalom értékesitésére is, és az ezekért járó feltalálói dijak is ösztönzőleg hatottak az intézeti feltalálói tevékenységre. A szabadalmak magyarországi értékesitésén tulmenően külföldi értékesitésre is tettünk lépéseket. A Szovjet Tudományos Akadémia Irányitási Problémák Intézetének néhány munkatársával közös találmányi bejelentést tettünk, melynek közzétételét az OTH 1971 decemberében elrendelte.

Szabadalmaink külföldi értékesitésének elősegitésére, azok előnyleirásait a KGM MTTI által kiadott többnyelvü kiadványban megjelentettük. Továbbra is problémát jelent az Intézet szempontjából az a sajnálatos tény, hogy a software jellegü uj eredményeinkre a magyar, de a nemzetközi jog szerint sem nyerhető szabadalmi oltalom.

Az Intézet dolgozóinak jobb tájékoztatása érdekében AKI nyuz cimmel havonta megjelenő ujságot inditottunk. A belső intézeti tájékoztatás mellett az utóbbi időben egyre több cikk jelenik meg munkatársaink tollából, amely az intézeti belső problémák mellett a különböző társadalmi és filozófiai kérdésekkel is foglalkozik.

4.Táblázat PUBLIKACIÓS TEVÉKENYSÉG

Év	Magyar nyelven			Idegen nyelven[x]			Intézeti Közlemények
	Könyv	Szakfolyóirat cikk	Egyéb	Könyv	Szakfolyóirat cikk	Egyéb	
1969	-	27	45	1 /1/	16 /9/	17/16/	12
1970	2	48	70	1 /1/	18/11/	23/20/	4
1971	12	13	48	1 /1/	5 /3/	17/ 9/	10
Összesen:	14	88	163	3 /3/	39/23/	57/45/	26

[x] A zárójelekben feltüntetett számok külföldi publikációt jelentenek

5.Táblázat TALÁLMÁNYI BEJELENTÉSEK, SZABADALMAK

Év	Belföldi ügyek		Külföldi ügyek		
	találmányi bejelentések száma	megadott szabadalmak száma	találmányi bejelentések száma	a bejelentés hány országba történt	megadott szabadalmak száma	a megadás hány országra vonatkozik
1969	8	8	3	7	1	1
1970	5	4	2	13	4	5
1971	14	7	1	1	1	1
Összesen	27	19	6	21	6	7

3.4. EGYÜTTMŰKÖDÉS AZ AKADÉMIAI BIZOTTSÁGOKKAL

Az Intézet munkatársai - amilyen mértékben igénybe vették őket - részt vettek az Akadémia testületi szerveinek életében.

A Műszaki Tudományok Osztályának tagja /szakcsoport elnök/	1 munkatárs
A Műszaki Tudományok Osztályához tartozó bizottságok tagja	6 munkatárs
A Matematika-Fizika Osztályhoz tartozó bizottság tagja	1 munkatars
Kémiai Tudományok Osztályhoz tartozó bizottságok tagja	5 munkatárs
TMB Szakbizottsági tag	5 munkatárs

Az Akadémia Automatizálási Bizottsága, mint a testületi területre illetékes szerv, általában évenként tüz napirendre egy-egy, az Intézet munkájával kapcsolatos témát.

Az Akadémia Vegyipari Müveleti Bizottsága 1971-ben megtárgyalta a folytonos folyamatok számitógépes irányitásával kapcsolatos egyes intézeti munkákat és azok perspektiváit.

3.5. KAPCSOLAT A KÜLFÖLDI TUDOMÁNYOS INTÉZMÉNYEKKEL

Nemzetközi kapcsolatainkat elsősorban a szocialista országok felé fejlesztettük. Az elmult időszakban a SzUTA intézetei közül szoros munkakapcsolatot létesitettünk az Irányitási Problémák Intézetével /IAT/ és a rigai Elektronikai és Számitástechnikai Intézettel. Az IAT-tal elsősorban a fluidika területén alakult ki gyümölcsöző együttmüködés. Ennek egyik formája, kb. 2 évenként a fluidika témakörben közös szemináriumok szervezése. Először intézetünkben került sor 1969-ben ilyen szemináriumra, majd ennek folytatásaként 1970-ben Moszkvában jöttek össze a két intézet munkatársai. A szemináriumi keretek közötti információcserén tul, munka-együttmüködésre is sor került, amelynek eredményeként 1970-ben a szovjet intézet munkatársaival közös találmányi bejelentést tettünk, melynek közzétételét az OTH 1971 decemberében elrendelte.

Szoros együttmüködést alakitottunk ki a rigai Elektronikai és Számitástechnikai Intézettel. Bár a két intézet közötti együttmüködési szerződés aláirására még nem került sor, de az éves tervek alapján az együttmüködés lényegében megvalósult. Ennek első lépéseként a rigai intézet számára eljuttattuk az intézetünk Diszkrét folyamatok osztályán kidolgozott alfanumerikus display egy példányát, amelyet munkatársaink a helyszinen üzembe is helyeztek. A továbbiakban segitséget nyujtunk a megfelelő software kidolgozására is. Viszonzásképpen a rigai intézettől megkaptuk a szines katódsugárcsöves megjelenitőhöz hazánkban nehezen beszerezhető katódsugárcsöves berendezések két példányát. További együttmüködés körvonalai rajzolódnak ki a digitális berendezések számitógépes tervezése és az adatátviteli rendszerek területén is. Az együttmüködés során többször került sor kutatók cseréjére, hosszabb ill. rövidebb tanulmányut formájában.

Kapcsolatfelvétel történt a Bjelorusz Tudományos Akadémia Müszaki Kibernetikai Intézetével és az Ukrán Tudományos Akadémia Kibernetikai Intézetével is. Kölcsönös információcserén tul, sajnos ez intézetekkel eddig közelebbi együttmüködést még nem sikerült kialakitani.

A Szlovák Tudományos Akadémia Müszaki Kibernetikai Intézetével már régóta szoros kapcsolatban vagyunk. Az aláirt együttmüködési egyezmény alapján együttmüködünk a számológépes módszerek alkalmazása az automatizálásban c. témában, rövidesen egy közös munka készül el, amelynek eredményeként remélhetőleg akadémiai doktori disszertáció védésére is sor kerül.

A Kubai Tudományos Akadémia Kibernetikai Intézetével történő együttmüködés keretében az Intézet két munkatársa hosszabb tanulmányut keretén belül tartózkodik intézetünkben, ahol a kubai fél által megadott terv szerint tanulmányozza Intézetünk tudományos és müszaki-fejlesztési eredményeit. A két akadémia között megkötött együttmüködés keretében megkezdtük egy pneumatikus méréspontváltó prototipusának kidolgozását.

Kapcsolatokat tartottunk fenn baráti országok más kutató intézményeivel is, igy a Varsói Müszaki Egyetem Automatika Intézetével - ahol egy munkatársunk levelező aspiranturát végez - szorosabb együttmüködés van kialakulóban a fluidika területén.

Több más baráti ország akadémiai kutatóintézetével van együttmüködési szerződésünk, amely sajnos eddig csak közös látogatásokra, információ-cserére és publikációk kicserélésére korlátozódott.

Kutatásaink realizációja kapcsán több nyugati cég kutató-fejlesztő szerveivel alakultak ki együttmüködési kapcsolatok. Itt elsősorban meg kell emlitenünk a dán Haldor Topsøe céget, amellyel együttmüködve dolgoztuk ki a Péti Nitrogénmüvek számitógépes irányitását. A szerszámgépek számitógépekkel történő tervezése és vezérlése területén, konkrét együttmüködésünk alakult ki az angol NEL állami gépipari laboratoriummal és az ICL számitógép trösztte1. Az általunk kezdeményezett Szerszámgép Programozási Egyesülésen keresztül változatlanul kapcsolatban állunk az NSzK-ban székelő Exapt Vereinnel.

A digitális berendezések számitógéppel segitett tervezése területén együttmüködünk a VEB Zentronik üzem fejlesztési részlegével és több más NDK-beli intézménnyel. Kooperációs együttmüködésünk van egy japán vállalattal.

Mind nemzetközi kapcsolataink szélesitése, mind saját orientáltságunk javitása érdekében elősegitettük munkatársaink részvételét különböző külföldi rendezvényeken, illetve látogatását külföldi intézményeknél. A tudományos célu külföldre történő utazások adatait a 6.sz. Táblázatban foglaltuk össze. Az utazásban résztvevők egyrészt közvetlenül saját munkájukban hasznositják az utazáskor szerzett tapasztalatokat, másrészt jelentések, illetve nagyobb plénum előtt tartott szóbeli beszámolókkal hozzájárulnak munkatársaink tájékoztatásához a területükön külföldön folyó munkákról és eredményekről. Ennek elősegitésére az Intézetünkben megjelenő AKI nyuzban rendszeresen szemelvényeket közlünk az érdekesebb utijelentésekből.

A Nemzetközi Automatika Szövetség /IFAC/ Nemzeti Bizottságának szervezési feladatait Intézetünk látja el. Az Intézet munkatársai közül hárman tagjai az IFAC nemzetközi müszaki bizottságainak, egy munkatársunk az IFIP /Nemzetközi Információfeldolgozási Szövetség/ bizottsági tagja. Ujra megnőtt sulyunk az IFAC vezető szerveiben. 1969-72-ig egy tagunk van a Végrehajtó Tanács mellett müködő Tanácsadó Bizottságban, az 1972-75 periódusra pedig a Végrehajtó Tanácsba ujra jelöltek magyar tagot.

Ugyancsak eredményes munkánk és nemzetközi kapcsolataink elismeréseként értékelhető, hogy Intézetünk rendszeresen kap megbizást különböző nemzetközi rendezvények megszervezésére. 1971 szeptemberében Győrben rendeztük meg a DISCOP - digitális szimulációval foglalkozó - IFAC szimpóziumot. A szimpózium két párhuzamos szekciójában összesen 70 előadás hangzott el. A nagyszámu külföldi neves előadók, illetve résztvevők között olyan neveket találunk, mint T.J.Williams, A.R.M.Noton, R.W.H.Sargent, H.Brusset.

Az IFAC és IFIP keretein belül Intézetünk szervezi 1973-ban Szerszámgépek számitógépes tervezésével és numerikus vezérlésével foglalkozó PROLAMAT II. konferenciát.

Folyamatosan részt veszünk a KGST Tudományos és Müszaki Kutatásokat Koordináló Állandó Kormánybizottság, az Intézet témáit érintő "Bonyolult irányitási rendszerek felépitésének elméleti kérdései" problémakörében. Ebben a témában az 1970 évi szakértői értekezletet Intézetünk szervezte. Az értekezleten elhangzott előadások keretében

több beszámolóban ismertettük az e témakörben Intézetünkben folyó munkákat. Az "Uj fizikai elvek keresése mérő és automatikai készülékek elemeinek épitésére" témában elsősorban a pneumatikus elemek és rendszerek témájával foglalkozó munkatársaink vettek részt. Az "Automaták általános elméletének kidolgozása" témában korábban csak megfigyelőként vettünk részt, de 1971 óta tagságunk rendeződött és e területen már elvállaltuk bizonyos konkrét feladatok megoldását.

Tevékenyen részt veszünk a szocialista országok akadémiáinak együttmüködési keretén belül müködő "A számitástechnika tudományos kérdései" bizottság munkájában.

6.Táblázat TUDOMÁNYOS CÉLU KÜLFÖLDI UTAZÁSOK

Év	Kiutazók száma *	Utazások száma	
		szocialista országokba	kapitalista országokba
1969	83	109	28
1970	97	107	46
1971	125	162	60

* Ebben a rovatban minden utazó munkatársunk csak egyszer szerepel, függetlenül attól, hogy a beszámolási év folyamán hány alkalommal járt külföldön.

5.6. KAPCSOLAT A HAZAI TUDOMÁNYOS INTÉZMÉNYEKKEL ÉS AZ IPARRAL

A hazai tudományos intézményekkel való különböző szintü együttmüködéseink rendkivül sokrétüek. Ezekre nincs módunk részletesen kitérni, itt elsősorban csak a legfontosabbakat emlitjük.

Szoros együttmüködési kapcsolatunk alakult ki az MTA Számitástechnikai Központtal és az MTA Központi Fizikai Kutató Intézettel. 1971 decemberében ezen kapcsolatait a három intézet együttmüködési szerződés keretében rögzitette.

A digitális technika területén jó kapcsolatot létesitettünk az MTA Izotóp Intézetével, amely keretén belül, közös kutatásaink eredményeként konkrét, realizált berendezés jött létre.

A szerszámgépek számjegyes vezérlésében, az OMFB és az Intézet által szervezett Szerszámgép Programozási Egyesülés keretében, - együttmüködünk a szerszámgépipar legnagyobb gyáraival és fejlesztő intézeteivel /Csepeli Szerszámgépgyár, SZIM, GTI, VILATI, stb./. Hivatásunkat betöltve és tevékenységünket nem csökkentve, az Egyesülést átadtuk a KGM felügyelete alá.

A vegyipari üzemek szimulációjára szolgáló SIMUL rendszer, a számitógépes folyamatirányitás kidolgozása során hosszas és értékes kapcsolat alakult ki a Magyar Vegyipari Egyesülés Mérnöki Irodájával, a Veszprémi Számitástechnikai Kutatócsoporttal, a MAFKI-val, MEVIKI-vel, továbbá az MTA Müszaki Kémiai Kutató Intézettel.

A kiskapacitásu számitógép /Videoton 1010 B/ honositásával kapcsolatban együttmüködünk a Videoton Fejlesztő Intézetével, az INFELOR Rendszertechnikai Vállalattal és más intézményekkel.

A mesterséges intelligencia és az adatátviteli problémák megoldása területén kapcsolat alakult ki a Távközlési Kutató Intézet munkatársaival.

Állandó együttmüködésben vagyunk az ország különböző egyetemeivel,

az oktatási munkán kivül /előadások tartása, diplomamunkák vezetése, elbirálása/ sok esetben konkrét kutatási együttmüködések alakultak ki. Itt elsősorban ki kell emelnünk a Budapesti Müszaki Egyetem Villamos Karával /Villamosgépek Tanszék, Folyamatszabályozási Tanszék/ már hagyományosnak mondható jó kapcsolatainkat.

Az emlitetteken kivül a tudományos eredményeink gyakorlati realizációja során szoros kapcsolatot tartottunk fenn a különböző gyárak /Videoton, Orion, Csepeli Szerszámgépgyár, VBKM, EVIG, MMG, Egyesült Izzó, Ganz Villamossági Müvek stb./ fejlesztő intézeteivel.

Intézetünk kutatási témáinak gyakorlatban, azaz az iparban való felhasználására a témák részletes ismertetésénél tértünk ki.

3.7. BELSŐ MUNKASZERVEZÉS

Az elmult időszakban az Intézet belső szervezettségére döntő hatással volt kutatási témáink, távlati elképzeléseink az országos számitástechnikai programba, illetve az Akadémia számitástechnika alkalmazásai c. kutatási főirányba való beillesztése. E szempontok figyelembevételével bizonyos szervezeti változásokra is sor került:

1/ A Szaterrit Számitógépek Alkalmazása Osztály, a Folyamatirányitás Elektronikus Eszközei Osztály és a Számitóközpont megszüntek.

2/ Számitógépek és Alkalmazásaik néven uj osztályt szerveztünk, melynek feladata

- az intézeti számitógépek és segédberendezéseik üzemeltetése és karbantartása;
- azok fejlesztése, hardware és software kapcsolatainak kialakitása az intézet aktuális és perspektiv tematikai szükségletei szerint;
- önálló kutatási-fejlesztési munkák a gépek felhasználására, melyek az előbb emlitett feladatokat egészitik ki az intézet szokásos témainditási és témaviteli rendjében.

Az Intézet előtt álló feladatok szükségessé tették a vezetés nagyobbmérvü demokratizálását, az elvi kérdések szélesebb körben való megvitatását és eldöntését. Erre elsősorban az Igazgatói Tanács létrehozása bizonyult hathatós eszköznek. Állandó tagjai az igazgató, az igazgatóhelyettesek, valamint az intézet párttitkára. További tagjait - az intézet tudományos osztályvezetői és főmunkatársai közül - az igazgató hivta meg. Az IT titkára az intézet tudományos titkára. Az igazgató egyszemélyi felelősségének változatlan fenntartása mellett, az intézetet érintő minden lényeges kérdésben az IT dönt. Az elmult időszakban az intézetben névtelenül kitöltött kérdőivek alapján különböző, az intézet életét, müködését érintő kérdésekről közvélemény-kutatást tartottunk. Az IT javasolt összetételére feltett kérdésekre adott válaszokból kitünt, hogy az intézet közvéleményének döntő többsége egyetért mostani összetételével.

Az IT mellett változatlanul müködött az intézetvezetés másik vezető fóruma, az Osztályvezetői Értekezlet, amelynek ülésein az IT tagjain kivül a többi tudományos osztályvezető, főmunkatárs, adminisztrativ osztályvezetők és a társadalmi szervezetek képviselői vettek részt.

Évente általában egyszer sor került a kutatói, illetve intézeti gyülésre, ahol az igazgató beszámolója alapján az intézet elvi-politikai kérdései kerültek megtárgyalásra. Az Intézetben fontos szerepe van az osztályok, témacsoportok, egyes kutatók munkabeszámoltatási rendszerének. Az osztályvezetők beszámoltatása mellett - évente legalább egyszer - az igazgatóság szóbeli beszámoltatás formájában ellenőrzi a munkatársak munkáját. Nagyobb időszakonként az Intézet munkatársai előtt témabeszámolókra került sor Intézeti Nap keretén belül.

Az Intézet ma is keresi a hatékony, gyors, kevés időt-rabló vezetés és a belső demokrácia helyes módszerét, a vezetők szervezeti, gazdasági-kereskedelmi-kapcsolati tevékenységének és tudományos munkájának, a tudományos munka és szolgáltatás helyes arányainak és munkamegosztásainak nehezen megközelithető optimumát.

1971. január 1-én az Intézet alapitó igazgatója, Dr.Benedikt Ottó akadémikus megvált a közvetlen igazgatási munkától, és a továbbiakban részben mint az IT tagja, részben tudományos csoportja irányitásával támogatja az Intézet tevékenységét.

A Főtitkár, pályázat alapján Dr.Vámos Tibort nevezte ki igazgatónak, főtitkárhelyettesi megbizással 1971.május 1-től Keresztély Sandor tudományos osztályvezető lett az igazgatóhelyettes.

3.8. KAPCSOLAT AZ IRÁNYITÓ SZERVEKKEL

Kapcsolataink az Akadémia Természettudományi I. Főosztályával és a Müszaki Tudományok Osztályával, valamint a hivatal egyéb szerveivel az elmult időszakban - főleg az Akadémia felügyeleti funkcióinak átszervezése után - nagyon jók. A Főosztály rendszeres segitséget nyujt az Intézetnek, alaposan foglalkozik problémáival. Az, hogy az átszervezéssel járó nehézségek nem okoztak komoly fennakadásokat Intézetünk munkájában, kizárólag a Természettudományi I. Főosztály rugalmas, bürokratikus ügyintézési módszerek kiküszöbölésére törekvő tevékenységének tekinthető.

Az Intézet kapcsolatai az Országos Müszaki Fejlesztési Bizottsággal az utóbbi időszakban tovább javultak. Miután az OMFB erőfeszitései és áldozatkészsége nyomán az Intézet létrejött, majd a felfutás időszaka befejeztével az Akadémia a közös irányitást megszüntette, az OMFB megvonta támogatását az Intézettől. Az Akadémia reformja nyomán a kapcsolatok ujra megjavultak, ma az OMFB ujra aktivan segiti az Intézetet.

PUBLIKÁCIÓK 1971-ben

Almásy Gedeon - Pallai Iván - Veress Gábor: Catalyst replacement problems in multireactor industrial process.
2nd Conference on Applical Physical Chemistry Konferencián előadás, Veszprém, 1971.

Almásy Gedeon: Összetett vegyipari rendszerek számitógépes modellezése és irányitása.
Mérnöktovábbképzőben előadás, 1971.

Almásy Gedeon - Veress Gábor - Farkas Zoltán - Pallai Iván: Strategies of optimizing complex steady-state decision systems.
IFAC DISCOP Szimpozium, Győr, 1971. Előadás.

Almásy Gedeon - Farkas Zoltán - Pallai Iván - Veress Gábor: Összetett döntési rendszerek optimalizálása.
Vegyipari Müveletek Munkabizottsági Ülés, Budapest, 1971. május.
Előadás.

Almásy Gedeon - Ser Vlagyimir - Vadnai Szabolcs - Veress Gábor: Igen sokkomponensü elegyek elválasztásának empirikus számitása mérleg egyenletek felhasználásával.
Vegyipari Müveleti Munkabizottság Ülés, Budapest, 1971. május.
Előadás.

Almásy Gedeon - Gertler János: Balance calculations through dynamic system modelling.
IFAC DISCOP Szimpozium, Győr, 1971. Előadás.

Almásy Gedeon: Standard, gyakorlatilag autokorrelálatlan és normális eloszlásu pseudovéletlen számsorozat generálása.
AKI Intézeti Közlemények 1971/2. pp. 23.

Almásy Gedeon: SIMUL programrendszer.
AKI Közlemények 1971/2. pp. 24.

Almásy Gedeon - Sztanő Tamás: BALANCE-3, GIER ALGOL 4 programok.
AKI Közlemények, 1971/2. pp.42.

Almásy Gedeon: DATRAN, DAVARAN, DAREG GIER ALGOL 4 programok.
AKI Közlemények, 1971/2. pp.32.

Ambrózy Denise: Dialógus, dialógusrendszer.
AKI Közlemények, 1971/7.

Ambrózy Denise: A VT 1010/B mint élettudományi kisérlet vezetője.
Számitástechnika, 1971. pp.12-27.
Neumann János Társaságban előadás.

Ambrózy Denise: On man machine dialoque
International Journal of Man-Machnine Communications, 1971.3. pp.3-12.

Ambrózy Denise: Kis számitógéppel vezetett élettudományi kisérlet, "Számitógép az orvostudományban".
Neumann János Társaság Kollokviuma, Szeged, 1971. december. Előadás.

Bach Iván: Calculation of the electrical energy exchange between cooperating systems.
Acta Technica Ac. Sc.Hung. Tom.70. 1971.

Bacsó Nándorné: Fluid logikai rendszer tervezésének egyes kérdései.
MATE-ban "Fluidika"c. előadássorozatból előadás. Budapest, 1971.

Bakonyi Péter - Kálmán Róbert: BOCS blokkorientációs programrendszer a MINSZK-22 digitális számitógépre.
AKI Közlemények, 1971/2. pp.133.

Bányász Csilla: Az ÅSTRÖM-féle off-line identifikáció programja.
AKI Közlemény, 1971/2 pp.16.

Benedikt Ottó: Az automatizálás hazai és nemzetközi helyzete.
Müszaki Tudomány, 44, 1971. pp.193-202.

Benedikt Ottó: Az automatizálás-kutatás helyzete és feladatai Magyarországon.
Automatizálás 1971. IV.évf. 10.sz. pp.5-11.

Bognár Gabriella - Singer Dénes - társszerző: A budapesti nagyközépnyomásu földgázhálózat számitógépes vizsgálata.
AKI Intézeti Jelentés, 1971. szept. 49.o.+ 45 melléklet.

Borka József: Félvezetők térhóditása az erősáramu iparban.
Automatizált villamos hajtások.
MEE Csepeli Szervezete, Budapest, 1971.

Borka József - társszerző: Áramirányitós kaszkád hajtásszabályozások tervezési tanulmánya.
Ganz Villamossági Müvek részére, Budapest, 1971. julius.

Borka József - társszerző: Háromfázisu félvezetős "antiduktor" kapcsolásu áramirányitóról táplált aszinkronmotoros hajtások tervezési tanulmánya.
Egyesült Villamos Gépgyár részére, 1971. nov.

Boros Andor - Szép Endre: Ciklikus folyamatok vezérlése pneumatikus logikai elemekkel.
Mérnöktovábbképzőben előadás, 1971 tavaszi tanfolyamok.

Boros Andor: A fluid technika néhány ipari és nem ipari alkalmazása.
MATE-ban a "Fluidika" előadássorozat befejező része, 1971.jun.

Boros Andor: Az MTA Automatizálási Kutató Intézetben kifejlesztett modulásris fluid logikai elemkészlet.
Ankét és Kiállitás, Kecskemét, 1971. aug. Előadás.

Boros Andor: MTA Automatizálási Kutató Intézetben kifejlesztett fluid logikai rendszer moduláris alapelemei és néhány perifériális eleme.
Mérés és Automatika XIX. évf. 1971.9.sz.

Endrődy Tamás - Krammer Gergely: interaktiv grafikus rendszerek software szerkezete.
Számitógéptechnika '71 Konferencián előadás,
Esztergom 1971. szeptember.

Erényi István: CII 10010 /1010/B/ füzetek.
Általános rendszerleirás. KFKI-VIDEOTON 1971. pp.160.

Erényi István: CII 10010 /1010/B/ jegyzet.
Operativ memória.
KFKI-VIDEOTON kiadásban, 1971.

Erényi István: CII 10010 /1010/B/ jegyzet.
A program kapcsolat.
KFKI-VIDEOTON kiadásban, 1971.

Erényi István: CII 1010 /1010/B/ jegyzet.
A közvetlen kapcsolat.
KFKI-VIDEOTON kiadásban 1971.

Ferenczy Jenő: Az NC technika alkalmazása a hiradástechnikai iparban, különös tekintettel a szerszámgépgyártásra.
Hiradástechnikai Ankét, 1971.

Ferenczy Jenő - Kovács Mihály - Simon Vera: A számjegyes szerzámgépvezérlés leg legujabb müszaki fejlesztési irányai.
OMFB 14-402/d jelü kiadványa/

Ferenczy Jenő - Kovács Mihály: Robot az iparban.
"t' 71." 1971.

Ferenczy Jenő: Sajtolószerszámok és sajtolási technológia .
Számitógépes interaktiv tervezés.
Tézisek. MTA 1971.

Forgács Tamás - Krammer Gergely - társszerzők: DISTAR-B általános dialógus rendszer. /Leirás/
Osztályközlemény, 1971.

Forgács Tamás: ORION-AKI alfanumerikus display és VIDEOTON 1010/B kisszámitógép software-illesztése.
Számitógéptechnika '71 Esztergom. 1971.okt.

Forgács Tamás - Vörös Gábor Jenő: Alfanumerikus display rendszerek.
Mérnöktovábbképző részére jegyzet. 1971. november.

Frey TAmás: Orvostudomány és kibernetika.
Magyar Tudomány 1971.11.sz.

Frey Tamás: Application of methods related to algorithm and automata theory for constructing general problem solving programs.
Artificial Intelligence; Lecture notes of the CAS Sem. 1971. Belgrade.

Frey Tamás: Vektorkardiogrammok számitógépes kiértékelésének modelljei.
Mérés és Automatika 1971. márc.

Frey Tamás: Kvantitativ célszámitógép a szivperctérfogat vétrelen meghatározására.
Mérés és Automatika, 1971. márc.

Gertler János - Hencsey Gusztáv - társszerző: Erőmüvi részfolyamat számitógépes zavarkompenzációjának szimulációs vizsgálata.
Mérés és Automatika 1971/6. pp.209-215.

Gertler János: Computer assessment control for power generating units.
IFAC Symp. 1971. Helsinki.

Hamar Károly: Péti ammoniagyár számitógépes irányitásának tapasztalatai.
AKI Tanulmány No.1. 1971.

Hatvany József - Nemes László: Az adaptiv szabályozás lehetőségei és jövőbeni szerepe a fémek alakitásában és megmunkálásában.
OMFB tanulmány s.a.

Hatvany József: Grafikus display alkalmazása
Neumann János Számitógéptudományi Társaságban előadás, 1971.

Hatvany József: Integrált anyag és adatfeldolgozás.
Élet és Tudomány 1971. III.19.

Hatvany József: Az elektronika térhóditása a japán gépiparban.
VIII. Ipari Elektronikus Mérés és Szabályozás Szimp. Balatonszéplak, 1971.

Hatvany József - Nemes László: Szerszámgépek számitógépes irányitása.
Szerszámfejlesztési Ankét, 1971. Csepel.

Hatvany József: A grafikus megjelenitő.
Élet és Tudomány 1971. XI.19.

Helm László - Marton József: Einführung in die Fluidik. Pneumatische logische Elemente und Systeme.
Verlag Oldenbourg, München - Wien, 1971. és
Akadémiai Kiadó, Budapest.

Helm László: Fluid érzékelők.
Mérés és Automatika, 1971. 9.sz.

Helm László - Szücs Attila: Control and computer in the medical field.
IFAC Automatizálási Szimp. Brüsszel, 1971.szept.

Hencsey Gusztáv: Nemlinearitást tartalmazó rendszer digitális szimulációjának hibaértékelése.
Mérés és Automatika 1971/8. pp.297-299.

Jedlovszky Pál - Ser Vlagyimir - társszerzők: Multicomponent distillation of continuous mixtures by representative components.
2nd Conference of the Hung. Chemical Society on some applications of physical chemistry, Veszprém, 1971. aug.

Jedlovszky Pál: Összetett vegyipari rendszerek számológépes modellezése és irányitsa.
Mérnöktovábbképzőben előadások 1971. tavaszán.

Kaszó Dezső - Kovács Attila: A time-sharing rendszerek áttekintése.
AKI Közlemények 1971/6.

Kovács Attila: Multijob használata adatvégállomásokról /ICL/.
Jegyzet intézeti belső használatra. 1971.

Kovács Attila: Korszerü számitógéphez kapcsolt adatvégállomás létesitésének szempontjai.
Számitógéptechnika '71 konferencián elhangzott előadás.

Kovács Béla Károly: PROCESS.
Moszkva-VIDEOTON szeminárium, 1971. nov.

Kovács György - Máté Levente - Uzsoky Miklós - Vörös Károly: XVI. Internationales Wissenschaftl. Kolloquium, Ilmenau 1971.szept.
Filmvetités, magyarázat, hozzászólások.

Kovács György - Máté Levente - Uzsoky Miklós - Vörös Károly: Zentronik, Zella-Mehlis, NDK cégnél tartott filmvetités, magyarázat. /Kammer der Technik/ 1971.okt.

Közce Endre - Ladányi Lajos - Vörös Gábor: Grafikus megjelenitő berendezés.
Számitógéptechnika '71 Esztergom.

Kötél Márta: GLOBMAX - LOCMAX. Indefinit kvadratikus programozás gradiens vetitéssel.
AKI Közlemények, 1971/2 pp.50.

Krammer Gergely: FLISP 0.5 - egy listakezelő FORTRAN szubrutinrendszer.
AKI Tanulmány 1971/1.

Krammer Gergely: Listakezelő programrendszerek.
Speciál kollégium, ELTE TTK.

Krisztinicz Pál: Cassatest, pneumatikus számjegyvezérlésü számbetápláló automata.
Pneu-hidro 71 konferencia és kiállitás, Kecskemét, 1971. aug.
Előadás.

Krisztinicz Pál: Pneumatikus automatika.
GTE TAnfolyam, 15 óra.

Krisztinicz Pál: A pneumatika, mint a kis és középsorozatgyártás automatizálásának eszköze.
Gyártástechnológia, Budapest, 1971.11. évf. 1.sz. pp. 29-34.

Legendi Tamás: Keresési algoritmus egy speciális metrikus térben.
Mérés és Automatika 1971. 6.szám. pp. 223-2235.

Legendi Tamás: On closure of classes of languages 0 and 1 under the operation of interaction.
CLODE 'KOnferencia, Debrecen, 1971. szept. Előadás.

Legendi Tamás: A MINSZK-22 számitógép CHANGE/1 forditóprogramja.
Számitástechnika '71 Konferencián előadás, Esztergom, okt.

Lovász Imre: Alfanumerikus display alkalmazások.
Esztergom, 1971. szept. Előadás.

Lovász Imre: Alfanumerikus megjelenitők alkalmazásai.
Tanulmány AKI-ORION szerződés

Löffler László - Nagy Péter: Hőmérséklet vezérelt önmüködő szellőzésszabályozó.
Mezőgazdasági Villamositási Konferencián előadás, 1971.jan.

Marton József: Beszámoló az Automatizálási Kutató Intézet 1970. évi tevékenységéről.
AKI Közlemények 1971/1.

Marton József: Párhuzamos sik lapokkal határolt turbulens sugaras áramlásokat leiró differenciálegyenletek megoldási lehetőségeinek értékelése.
Mérés és Automatika 1971/9.

Marton József - társszerző: Experiments on the effect of surface roughness on planar fluidic elements.
2nd IFAC Symposium on Fluidics, Prague, 1971.

Miskolczi János: CII 10010 /1010/B/ jegyzet.
A CII 10010 központi egysége.
KFKI-VIDEOTON kiadásában, 1971.

Miskolczi János: CII 10010 /1010/B/ jegyzet.
A standard csatorna és perifériális rendszere.
KFKI-VIDEOTON kiadásában, 1971.

Miskolczi János: CII 10010 /1010/B/ jegyzet.
A CII 10010 épitő elemei. Dokumentációs jelrendszer ismertetése.
KFKI-VIDEOTON kiadásában, 1971.

Móricz Péter: Analitikai kémiai számitások programozása.
Magyar Kémikusok Egyesülete "Számitógépek alkalmazása az analitikában" c. ankéton előadás, 1971. január.

Móricz Péter: Számitógépek vegyipari alkalmazása.
Magyar Kémikusok Egyesülete Nyugdijas Kémikusok Köre előadó ülésén, 1971. május.

Móricz Péter - Ser Vlagyimir - társszerzők: Predicting some physical properties of crude oils and petroleum fractions by means of representative components.
2nd Conference of the Hungarian Chemical Society on Some applications of physical chemistry, Veszprém, 1971. aug.

Móricz Péter: Függvények szélsőértékének meghatározása a módositott szimplex módszerrel. Az OPTSIMP eljárás.
AKI Közlemények, 1971/2. pp.2.

Móritz Péter: A JORDAN eljárás.
AKI Közlemények 1971/2. pp.9.

Móritz Péter: MÉrési adatrendszerek megközelitése.
$y=a_o+a_1x+b_1f_1(x,c_1)+b_2f_2(x,c_2)$ alaku függvényekkel.
AKI Közlemények, 1971/2. pp.13.

Móricz Péter: Függvénykapcsolat megállapitása lineáris esetre való visszavezetéssel.
AKI Közlemények, 1971/2. pp.14.

Nagy István: Block diagrams and torque-angle loop analysis of synchronous machines.
IEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 1971. July/August Vol.Pas-90, No.4. pp.1528-1536.

Nagy Judit: Az abszolut stabilitás frekvencia módszere.
AKI Közlemények, 1971/2. pp.131.

Pallai Iván: Összetett vegyipari rendszerek számológépes modellezése és irányitása.
Mérnöktovábbképzőben előadás, 1971.

Pallai Iván: A vegyipari számitógépes folyamatirányitás áttekintése és problémái az Automatizálási Kutató Intézetben.
Vegyipari Müveleti Munkabizottság ülésén előadás, Budapest, 1971.

Pallai Iván: Számitógépes adatgyüjtő és folyamatirányitási rendszerek.
Automatikaelem és számitógép ankéton előadás, Budapest, 1971.

Pallai Iván: Az optimális irányitás a vegyiparban.
Ipari Optimalizálási Ankét, Sopron, 1971. és
MKL 1971/9. Vol.26. pp.448.

Pikler Gyula: Párbeszédes APT rendszerü alkatrészprogram iró rendszer.
Osztályközlemény, 1971.

Polereczky Gábor: IX. Galvanotechnische Fachtagung /Kammer der Technik/
Elõadás, Suhl, NDK, 1971. május.

Rácz István: Tirisztornüe cepi kak impulsznóe szisztemü /tirisztoros
áramkörök, mint mintavételes rendszerek/.
III. Automatizált hajtási tudományos ülésszak /KGST, Prága/.1971.

Rácz István: Villamos hajtások.
Egyetemi tankönyv. Tankönyvkiadó.

Sebestyén Béla - társszerző: CII 10010 /1010/B/ füzetek.
A programozási rendszer.
KFKI-VIDEOTON kiadásában. 1971. pp.370.

Sebestyén Béla: A számitógépes ellenõrzés technikája és rendszerei a gép-
gyártásban.
Gépipari Tudományos Egyesületben elõadás, 1971. nov.

Sebestyén Béla: Számitógép-alapu ellenõrzõ rendszerek.
Mérnöktovábbképzõben elõadás, 1971.II.f.é.

Ser Vlagyimir: A DKV Számitóközpontja tevékenységének kidolgozása.
A modell üzemi korrekciója.
AKI Jelentés, 1971.

Singer Dénes: Hálózati módszer elosztott paraméterü rendszerek digitális
modellezéséhez.
MTA Müszaki Tudomány 44/1971/3/4, pp. 407-421.

Singer Dénes - Czoch Árpád - Rózsa Lajos: Gázhálózatok számitógépes irányi-
tásának hardware és software konfigurációja. Tervezet a budapesti
Fõvárosi Gázhálózat számitógépes irányitásának megvalósitásáról.
AKI Jelentés, 1971. december.

Singer Dénes: Network approach to the analysis of technological systems.
IFAC DISCOP Szimpozium, Győr, 1971.

Singer Dénes: Eine Netzwerkmethode zur Modellierung von Systemen mit verteilten Parametern.
Messen Steuern Regeln /NDK/ 14 1971.11. pp.425-430.

Singer Dénes - társszerző: NETWORK 1. Program anyaghálózatok számitására.
AKI Közlemények, 1971/2. pp.70.

Singer Dénes - társszerző: NETWORK 2. NETWORK 1 program továbbfejlesztése.
AKI Közlemények, 1971/2. pp.84.

Singer Dénes - társszerző: NETWORK 4 Elliott A 103 autokod.
Program táphálózatok nyomás és áramerősség viszonyainak vizsgálatára.
AKI Közlemények, 1971/2. pp. 88.

Singer Dénes: TRANSIENT 2. Technológiai hálózatok tranziens folyamatainak vizsgálata.
AKI Közlemények, 1971/2. pp.92.

Singer Dénes: TRANSIENT 4. Programhálózat csomópontjaiban létrejövő jel Laplace-transzformáltjának /a hálózati elemek adott átviteli függvényből történő/ előállitására.
AKI Közlemények, 1971/2. pp. 104.

Somló János: Általános nemlineáris szabályozási kör vizsgálat paraméter sikban /GIER ALGOL III/.
AKI Közlemények, 1971/2. pp.124.

Somló János - Szelke Erzsébet: PLMA /Piecewise Linear Harmonic Analysis/ program /ICT FORTRAN/.
AKI Közlemények, 1971/2. pp.129.

Szentai Endre - társszerzők: A müszaki és tudományos számitások felmérési tapasztalatai és néhány elvi kérdése.
AKI Közlemények 1971/8.

Szentai Endre: CII 10010 /1010/B/ IX. A lyukszalag perifériás egység és illesztése.
Jegyzet a KFKI kiadásában.

Szép Endre: Pneumatikus membrános logikai elemek egy jellemzõ szám tükrében.
Finommechanika, 1971.3. szám.

Szücs Attila: Pneumatikus mágnesszelep.
Mérés és Automatika, 1971. 9.sz.

Szücs Attila: Pneumatikus respirátor.
MTESZ, Szeged, 1971. Elõadás.

Vámos Tibor: Számitástechnika az Akadémián.
Magyar Tudomány, 1971/4. pp. 235-241.

Vámos Tibor: A számitógép-hardware probléma hazai alapnehézségei.
MTA III. Osztályának Közleményei, 1971.

VArga András: Antiparallel tirisztorokkal vezérlet aszinkrongép statikus üzemi jellemzõinek a számitása.
Magyar Elektronikai Egyesület, 1971. jan.

Veress Gábor: Interpretation of experiments and measurements from the viewpoint of the probability theora proceedings of the 2nd conference on applied physical chemistry, Vol.1. pp.159-164.
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1971.

Veress Gábor: Dinamikus programozás.
Mérnöktovábbképzõben elõadások 1971 õszén.

Veress Gábor: Összetett vegyipari rendszerek számológépes modellezése és irányitása.
Mérnöktovábbképzõben elõadások 1971. tavaszán.

Veress Gábor: Mérések elmélete és gyakorlata.
Mérnöktövábbképzõben elõadások 1971. tavaszán.

Veress Gábor: Számitógépek alkalmazása az analitikai kémiában.
Magyar Kémikusok Egyesülete által rendezett ankéton elõadás, 1971. január. Budapest.

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

VI.
2

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET

KÖZLEMÉNYEK

1972

7

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET
AUTOMATION RESEARCH INSTITUTE OF THE HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
FORSCHUNGSINSTITUT FÜR AUTOMATION DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
И ССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ВЕНГЕРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

BUDAPEST, XI., KENDE UTCA 13-17. HUNGARY • UNGARN • ВЕНГРИЯ

EGY UJ MÓDSZER NEMLINEÁRIS MINTAVÉTELEZŐ RENDSZEREK LENGÉSÉNEK VIZSGÁLATÁRA

A NEW METHOD FOR THE INVESTIGATION OF PERIODIC OSCILLATIONS OF NONLINEAR SAMPLED-DATA SYSTEMS

NGUYEN VAN QUY

Budapest
1972

A kiadásért felelős:
Dr. Vámos Tibor
az MTA Automatizálási Kutató Intézet
igazgatója

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

Készült az Országos Müszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ házi
sokszorositójában
F.v.:Janoch Gyula

Tartalomjegyzék

ÖSSZEFOGLALÁS 4
BEVEZETÉS 5
1. MEGJEGYZÉSEK NEMLINEÁRIS MINTAVÉTELEZŐ RENDSZEREKRŐL 7
2. KÜLSŐ HATÁS ESETE 9
2.1 Periodikus megoldás egyenlete 9
2.2 Periodikus megoldás meghatározása 17
Példa 22
3. KÜLSŐ HATÁS NÉLKÜLI ESET 28
3.1 Periodikus megoldás egyenlete 28
3.2 Periodikus megoldás meghatározása numerikus módszerrel 29
3.2.1 Telitődési jellegü nemlinearitás 31
3.2.2 Érzéketlenségi sáv alaku nemlinearitás 36
3.2.3 Előfeszitési nemlinearitás 38
3.2.4 Háromállásu relé érzéketlenségi sávval 40
3.2.5 Háromállásu relé hiszterezissel 43
3.2.6 Kétállásu relé érzéketlenségi sávval..... 43
Példa /1/ 46
Példa /2/ 51
FÜGGELÉK 57
IRODALOM 59

Összefoglalás

Folyamatos rendszerek nemlineáris lengéseinek vizsgálatára ujabban eredményesen alkalmazzák a frekvencia-impulzus karakterisztikák módszerét [3]. A jelen munka nemlineáris mintavételező rendszerek periódikus lengéseinek vizsgálatára javasol módszert a frekvencia-impulzus karakterisztikák felhasználásával. A periodikus lengésekre felirt véges összeg alaku összefüggések folyamatos rendszerek integrál egyenleteihez hasonlóak. A frekvencia-impulzus függvény véges alakját felhasználva, kiküszöbölhetők azok a számitási nehézségek, amelyek a differencia egyenlet, ortogonális függvények vagy Z-transzformáció felhasználásakor jelentkeznek. A jelen munka egy numerikus módszert javasol a pontos periodikus megoldás meghatározására külső hatás esetében és külső hatás nélküli esetben. A javasolt módszer szerint kapott eredmények összehasonlitásra kerülnek más módszerekkel kapott eredményekkel.

Summary

Recently, for the investigation of nonlinear oscillations of continuous systems the method of impulse-frequency characteristics /I.F.C./ was used successfully [3]. This paper presents a method for the investigation of nonlinear oscillations of sampled-data systems applying impulse-frequency characteristics. The periodic oscillations are characterised with finite sum which corresponds to the integral equation in continuous systems. Using the finite form of I.F.C. the numerical difficulties arousing at the use of difference equations, orthogonal functions or Z-transform can be avoided. This paper presents a numerical method for the calculation of the exact periodic solutions in the case of forced and self-sustained oscillations. The results obtained by this method are compared with the results obtained by others.

BEVEZETÉS

A gyakorlatban alkalmazott szabályozási rendszerek igen széles csoportja a nemlineáris mintavételező rendszerek osztályába tartozik. Ide sorolhatók a közönséges nem folyamatos müködésü szabályozások, a mindig feltétlenül jelenlevő, vagy átirányosan alkalmazott nemlineáritásokkal, vagy célirányosan alkalmazott nemlinearitásokkal, vagy a másik végponton az olyan irányitó berendezések, amelyek digitális számitóberendezéseket tartalmaznak, illetve számitógéppel együttmüködve üzemelnek.

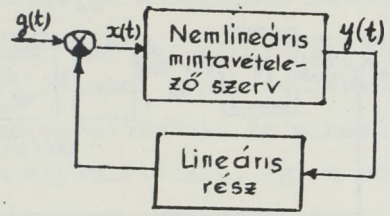
Nemlineáris mintavételező rendszerben folyamatos nemlineáris rendszerekhez hasonlóan periódikus jelenségek keletkezhetnek. Ezen lengések vizsgálata a rendszer müködése szempontjából nagy jelentőségü, hiszen sokszor éppen az a rendszer normális üzemmódja, más esetben a rendszer viselkedésének fontos jellemzője.

Nemlineáris problémák pontos megoldásának nincs általános analitikus módszere, ezért a lengési jelenségek vizsgálata meglehetősen bonyolult. Azonban digitális számitógép felhasználásával a vizsgálati módszerek hatásossága nagymértékben fokozható.

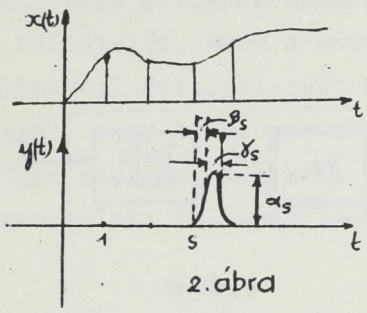
Az integrálegyenletekkel való rendszer leirást alkalmazva Гарбер és Розенваccер jelentős eredményeket értek el folyamatos nemlineáris rendszerek lengési jelenségeinek vizsgálatában [1,2,3]. A jelen dolgozatban kisérletet teszünk az általuk javasolt módszer nemlineáris mintavételező rendszerek esetében való alkalmazására. A javasolt módszer számitógép orientált.

§1. Megjegyzések nemlineáris mintavételező rendszerekről.

A nemlineáris mintavételező rendszerek a folyamatos nemlineáris rendszerektől lényegesen különböznek. Nemlineáris mintavételező rendszerekben a közönséges nemlinearitásokon kivül, /például telitődés, érzéketlenségi sáv stb./ u.n. mintavételező nemlinearitások is előfordulhatnak. Ilyen különleges nemlinearitás például maga, a nemlineáris mintavételező szerv. /1.ábra/

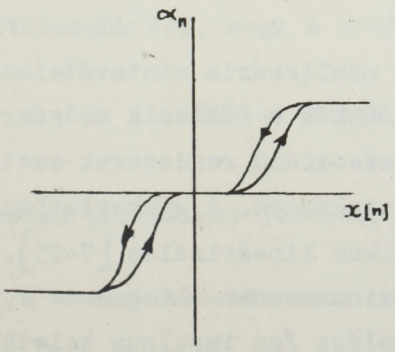


1.ábra



2.ábra

A mintavételező szerv más jellegü, mint a közönséges nemlinearitások. Igy például, nem statikus karakterisztikával, hanem a nemlineáris mintavételező szerv kimenetén jelentkező impulzusok paramétereinek /ezek amplitudója α_s, időtartama γ_s, helyzete β_s, formája /2.ábra/,stb./ és a bemenőjel mintavételezési időpontban felvett értékeinek kapcsolatával határozható meg [12], [32].

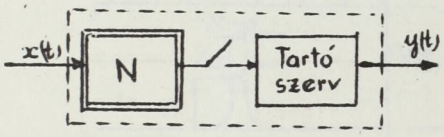


3.ábra

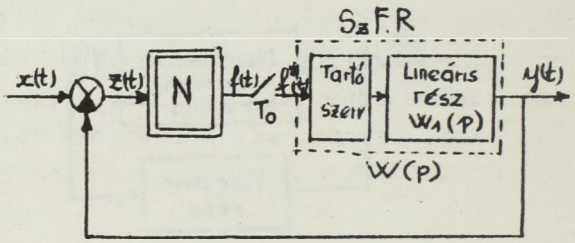
A 3. ábra az impulzus amplitudó karakterisztikát szemlélteti. Ez a karakterisztika nemlineáris.
Általános esetben az impulzussorozat y(t) alakja tetszőleges lehet. Zárt hurku rendszerben az ez által az impulzus által gerjesztett lineáris rész kimenőjele és az alapjel különbsége a nemlineáris mintavételező szerv

bemenőjele. Külső hatás nélküli esetben a nemlineáris mintavételező szerv hatására a rendszerben periódikus lengések keletkezhetnek. Ezek a lengések nem a közönséges jelentés szerinti sajátlengések.

Vizsgáljuk az impulzus amplitudó modulációs mintavételező rendszereket. Ebben az esetben a nemlineáris mintavételező szerv közönséges nemlineáris tag, ideális mintavételező szerv és megfelelő tartószerv soros kapcsolása gyanánt kezelhető /4.ábra/[12]. A rendszer egyszerüsitett



4. ábra



5. ábra

müködési vázlata az 5.ábrán látható.

Itt SzFR a származtatott folyamatos rész, amely a tartószervből és a lineáris részből áll. N a közönséges nemlinearitás: $f(t) = f[z(t)]$. Ilyen vázlattal az olyan rendszerek is jellemzhetők, amelyekben a mintavételező szerv lineáris és a szabályozási kör tartalmaz közönséges nemlinearitást. Az 5.ábrán látható rendszert a [11-15], [18-24] munkákban vizsgálták.

Periódikus megoldások meghatározására nemlineáris mintavételező rendszerekben több módszer ismeretes. A [4-6] munkák a fázissik módszer felhasználását tárgyalják. Ez a módszer csak másodfoku rendszerek esetében alkalmazható és a kiszámitási munkák hosszadalmasak. A gyakorlatban széleskörben elterjedt közelitő módszer a harmonikus linearizálás [7-25], három paraméter meghatározására vezet. Ezek: a szinuszosnak elfogadott közelitő megoldás amplitudója, frekvencia és fázistolása /az impulzus keletkezésének időpontjához viszonyitja/. A nemlineáris részt jellemző leiró függvény mindhárom fenti paraméter tartalmazza, ezért általános esetben a pe-

riódikus megoldás meghatározása ezzel a módszerrel igen nehéz feladat [24] - Az egyik legujabb munka [25] a z-transzformációt és különböző lehetséges lengésekre meghatározott leirófüggvényeket alkalmazza. A javasolt módszer igen bonyolult, a kapott eredmények pedig hibásak.

A periódikus megoldás meghatározásának problémáját más uton tárgyalták a [26-31] munkák. A nemlinearitás tag kimenőjele, illetve a mintavételező szerv kimenőjele konkrét alakját feltételezve meghatározták a lineáris rész kimenőjelét differencia egyenlettel, vagy z-transzformációval, ezután ellenőrizték a megoldás létezésének feltételét. Ezek a módszerek szintén bonyolultak. A nemlinearitás egy konkrét, feltételezett kimenőjelére meg kell keresni ennek z-transzformáltját, vagy trigonometrikus polinom-alakjának együtthatóit és minden számitási eljárást meg kell ismételni más alaku egyenletekkel. Igy a módszer gyakorlati felhasználása szintén nehéz.

A jelen cikkben egy numerikus módszert javasolunk, amely különösen alkalmas digitális számitógéppel végzett vizsgálatokra és a mérnöki gyakorlatban könnyen felhasználható.

§2. Külső hatás esete.

2.1. Periódikus megoldás egyenlete.

Vizsgáljuk azt az esetet, amikor a rendszerre periódikus külső jel hat. Tételezzük fel, hogy a rendszer bemenetén az

$$x(t) = x(t+T) \qquad /2.1.1./$$

T periódusu periódikus jel hat. Vezessük be a $\bar{t} = \frac{t}{T_o}$ viszonylagos időt, ahol T_o a mintavételező szerv periódus ideje./2.1.1./ átirható a következő alakba

$$x(\bar{t}) = x(\bar{t}+\bar{T})$$

ahol $\bar{T} = \frac{T}{T_o}$, viszonylagos periódus.

Vizsgáljuk először az egyik legegyszerűbb esetet, amikor T értéke, T_o egész számu többszöröse, vagyis $\bar{T} = N$ egész szám.
Ha a rendszerben /5.ábra/ a

$$z(\bar{t}) = z(\bar{t} + \bar{T})$$

$$y(\bar{t}) = y(\bar{t} + \bar{T})$$

lengések léteznek, akkor a mintavételező szerv kimenetén jelentkező impulzussorozat $f^*(\bar{t})$ szintén $\bar{T} = N$ periódussal periódikus és felirható

$$f^*(\bar{t}) = \sum_{m=0}^{N-1} f[z(m)]\ \delta^{\bar{T}}(\bar{t}-m) \qquad /2.1.2./$$

Ahol a [3] munkában meghatározott $\delta^{\bar{T}}(\bar{t})$ függvény Forier sora

$$\delta^{\bar{T}}(\bar{t}) = \frac{1}{N} \sum_{k=-\infty}^{\infty} e^{j\frac{2\pi}{N}k\bar{t}} \qquad /2.1.3./$$

Ha /2.1.3./-at behelyettesitjük /2.1.2./-ben és felcseréljük az összegezés sorrendjét, kapjuk

$$f^*(\bar{t}) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f^*_k\ e^{j\frac{2\pi}{N}k\bar{t}} \qquad /2.1.4./$$

ahol

$$f^*_k = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} f[z(m)]\, e^{-j\frac{2\pi}{N}km} \qquad /2.1.5./$$

A SzFR kimenőjele $f^*(\bar{t})$ hatására

$$y(\bar{t}) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} W\left[j\frac{2\pi}{N}k\right] f_k^* \, e^{j\frac{2\pi}{N}k\bar{t}} \qquad /2.1.6./$$

Figyelembe véve az /2.1.5./ összefüggést és felcserélve az összegezés sorrendjét kapjuk

$$y(\bar{t}) = \sum_{m=0}^{N-1} \varphi_1(\bar{t}-m)\, f[z(m)] \qquad /2.1.7./$$

Tehát

$$z(\bar{t}) = x(\bar{t}) - \sum_{m=0}^{N-1} \varphi_1(\bar{t}-m)\, f[z(m)] \qquad /2.1.8./$$

A /2.1.7./ vagy /2.1.8./ egyenlet a rendszer gerjesztett periódikus lengéseinek egyenlete. Ahol

$$\varphi_1(\bar{t}) = \frac{1}{N} \sum_{k=-\infty}^{\infty} W\left[j\frac{2\pi}{N}k\right] e^{j\frac{2\pi}{N}k\bar{t}}$$

a SzFR u.n. frekvencia impulzus karakterisztikája [3].

A félreértések elkerülése végett ezt a következőkben frekvencia impulzus függvénynek nevezzük és F.I.F-fel jelöljük. Ha W(p) nevezője számlálójánál magasabb foku, akkor $\varphi_1(\bar{t})$ nem általánositott, hanem közönséges függvény és véges alakban kifejezhető [3].

Legyen $W(p) = \dfrac{m(p)}{d(p)}$, ahol m(p) és d(p) polinomok.

Ekkor a $0 < \bar{t} < \bar{T}$ intervallumban

$$\varphi_1(\bar{t}-m) = \begin{cases} \bar{\varphi}_1(\bar{t}-m), & \text{ha } \bar{t}-m > 0 \\ \bar{\varphi}_1(\bar{t}-m+\bar{T}), & \text{ha } \bar{t}-m < 0 \end{cases} \qquad (m=0,1,\ldots,N-1)$$

Ahol

$$\varphi_1(\bar{t}) = \sum_{i=1}^{l} \sum_{k=1}^{\gamma_i} \frac{c_{ik} \; d^{k-1} \; e^{p_i \bar{t}}}{(k-1)! \; dp_i^{k-1} \; 1-e^{p_i \bar{T}}}$$

Itt $p_1, p_2, \ldots, p_l$; W(p) pólusai; $\gamma_1, \gamma_2 \ldots\ldots, \gamma_l$ megfelelő pólusok multiplicitása

$$c_{ik} = \frac{1 \qquad d^{\gamma_i - k}}{(\gamma_i - k)! \; d_p^{\gamma_i - k}} \left[W(p)(p-p_i)^{\gamma_i} \right]_{p=p_i}$$

Ha W(p)nevezőjének és számlálójának fokszámát n_1 illetve m_1- gyel jelöljük, akkor ha $n_1 - m_1 > 1$ $\varphi_1(\bar{t})$ folytonos, igy /2.1.7./ vagy /2.1.8./ szerint $y(\bar{t})$ vagy $z(\bar{t})$ folytonos, feltételezve, hogy $x(\bar{t})$folytonos /. Ha $n_1 - m_1 = 1$, akkor $\varphi_1(\bar{t})$ szakadásos, ezért $y(\bar{t})$ vagy $z(\bar{t})$is szakadásos. A gyakorlatban a fizikai rendszereknél az $n_1 - m_1 > 1$ feltétel általában teljesül, és ezért $y(\bar{t})$ folytonos.

A gyakorlatban gyakran előfordul, hogy $x(\bar{t})$ szimmetrikus. Vizsgáljuk azt az esetet, amikor $\bar{T}$ egész szám és páros, azaz

$$x(\bar{t}) = -x(\bar{t} + \bar{T}_{/2})$$

$$\bar{T}_{/2} = N.$$

ahol N egész szám.

Tételezzük fel, hogy a nemlinearitás szimmetrikus. Ebben az esetben, ha a rendszerben

$$z(\bar{t}) = - z(\bar{t} + \bar{T}_{/2})$$
$$y(\bar{t}) = - y(\bar{t} + \bar{T}_{/2})$$

szimmetrikus lengések léteznek, akkor a mintavételező szerv kimenetén jelentkező impulzus sorozat szintén szimmetrikus.

Ekkor

$$f[z(m)] = -f[z(m+N)] \qquad /2.1.9./$$

A /2.1.2./ összefüggés szerint

$$f^{*}(\bar{t}) = \sum_{m=0}^{2N-1} f[z(m)]\,\delta^{\bar{T}}(\bar{t}-m)$$

vagy

$$f^{*}(\bar{t}) = \sum_{m=0}^{N-1} f[z(m)]\,\delta^{\bar{T}}(\bar{t}-m) + \sum_{m=N}^{2N-1} f[z(m)]\,\delta^{\bar{T}}(\bar{t}-m)$$

A jobb oldalon álló második összegbe $m=m_1+N$ értéket helyettesitve és a /2.1.9./ összefüggést figyelembe véve kapjuk

$$f^{*}(\bar{t}) = \sum_{m=0}^{N-1} f[z(m)]\left\{\delta^{\bar{T}}(\bar{t}-m) - \delta^{\bar{T}}(\bar{t}-m+N)\right\}$$

Igy

$$f^{*}(\bar{t}) = \sum_{m=0}^{N-1} f[z(m)]\,\delta_2^{\bar{T}}(\bar{t}-m)$$

Ahol

$$\delta_2^{\bar{T}}(\bar{t}) = \delta^{\bar{T}}(\bar{t}) - \delta^{\bar{T}}(\bar{t}+N)$$

A /2.1.3./ alapján belátható, hogy

$$\delta_2^{\bar{T}} = \frac{1}{N} \sum_{k=-\infty}^{\infty} e^{j\frac{(2k+1)\pi}{N}\bar{t}} \qquad /2.1.10./$$

/2.1.10./ szerint $f^{*}(\bar{t})$ a következő sor alakjában irható fel

$$f^{*}(\bar{t}) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} f^{*}_{2k+1}\, e^{j\frac{(2k+1)\pi}{N}\bar{t}}$$

ahol

$$f^{*}_{2k+1} = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} f[z(m)] e^{j(2k+1)\frac{\pi}{N}m}$$

$f^{*}(\bar{t})$ hatására ebben az esetben a rendszer kimenőjele

$$y(\bar{t}) = \sum_{m=0}^{N-1} \varphi_2(\bar{t}-m) f[z(m)] \qquad /2.1.11./$$

$$z(\bar{t}) = x(\bar{t}) - \sum_{m=0}^{N-1} \varphi_2(\bar{t}-m) f[z(m)] \qquad /2.1.12/$$

Ahol

$$\varphi_2(\bar{t}) = \frac{1}{N} \sum_{k=-\infty}^{\infty} W\left[j(2k+1)\frac{\pi}{N}\right] e^{j(2k+1)\frac{\pi}{N}\bar{t}}$$

Innen belátható, hogy a SzFR frekvencia impulzus karakterisztikája szimmetrikus. Ha W(p) nevezője számlálójánál magasabb foku, akkor $\varphi_2(\bar{t})$ nem általánositott függvény, hanem közönséges és véges alakban kifejezhető. A korábbi feltevés mellett a $o < \bar{t} < \bar{T}/2$ intervallumban

$$\varphi_2(\bar{t}-m) = \begin{cases} \bar{\varphi}_2(\bar{t}-m) & \text{ha } o < \bar{t}-m \\ & (m=o,1,\ldots,N-1) \\ -\bar{\varphi}_2(\bar{t}-m+\bar{T}/2) & \text{ha } \bar{t}-m < o \end{cases}$$

Ahol

$$\bar{\varphi}_2(\bar{t}) = \sum_{i=1}^{l} \sum_{k=1}^{\gamma_i} \frac{c_{ik}}{(k-1)!} \frac{d^{k-1}}{dp_i^{k-1}} \frac{e^{p_i\bar{t}}}{1+e^{p_i\bar{T}/2}}$$

Ha $n_1-m_1 > 1$; $\varphi_2(\bar{t})$ folytonos és /2.1.11./ vagy /2.1.12./ szerint $y(\bar{t})$, vagy $z(\bar{t})$ s folytonos. Ha $n_1-m_1 = 1$; $\varphi_2(\bar{t})$ szakadásos, ezért $y(\bar{t})$, vagy $z(\bar{t})$ szakadásos.

Mivel $f^*(\bar{t})$ csak a $\bar{t}$=n időpontokban meghatározott,/2.1.9./ szerint szimmetrikus csak akkor lehet, ha $\overline{T}/_2$ értéke egész szám, ezért ha $x(\bar{t})$ szimmetrikus,de $\overline{T}$ páratlan akkor az $y(\bar{t})$és $z(\bar{t})$jelek/aszimmetrikusak.

Rétérünk arra az esetre, amikor $\overline{T} = \frac{T}{T_o}$ nem egész szám, tehát a gerjesztő jel periódusa nem egész számu többszöröse a mintavételező szerv periódusidejének. Tételezzük fel, hogy

$$\overline{T} = \frac{N}{M}$$

racionális szám, ahol $M<N$; M,N relativ primszámok. Mivel ha $x(\bar{t})$, $\overline{T}$ periódusu jel, akkor $\overline{T}^* = M.\overline{T} = N$ szintén periódusa $x(\bar{t})$-nek. Tehát ez az eset visszavezethető a $\overline{T}$ egész periódusu esetre.

$y(\bar{t})$ vagy $z(\bar{t})$ akkor szimmetrikus, ha $x(\bar{t})$ szimmetrikus és N értéke páros.

Abban az esetben ha $\overline{T}$ irracionális szám, $y(\bar{t})$ és $z(\bar{t})$ aperiódikusok.

A fentiekben kapott összefüggések csak akkor igazak, amikor a SzFR átviteli függvényének nincs képzetes pólusa /$p = j\frac{2\pi}{N}k$ aszimmetrikus és $p = j(2k+1)\frac{\pi}{N}$ szimmetrikus esetben/, vagyis a SzFR nem rezonanciás. Ha a SzFR $W(p)= \frac{m(p)}{d(p)}$ átviteli függvényének olyan képzetes pólusa van, hogy

$$d\left(j\frac{2\pi}{N}k\right)= o\ , \qquad m\left(j\frac{2\pi}{N}k\right) \neq o$$

a /2.1.6./ összefüggés szerint

$$y_k = W\left[j\frac{2\pi}{N}k\right] f_k^*$$

Ahol y_k az $y(\bar{t})$ Fourier-sorának k-adik együtthatója.

Igy

$$d\left(j\frac{2\pi}{N}k\right) y_k = m\left(j\frac{2}{N}k\right) f_k^{*} = 0$$

Innen

$$f_k^{*} = 0$$

Ez azt jelenti, hogy $f^{*}(\bar{t})$ a k-adik harmonikus összetevőt nem tartalmazza.

A /2.1.5./ képlet alapján kapjuk

$$\sum_{m=0}^{N-1} f\left[z(m)\right] e^{-j\frac{2\pi}{N}km} = 0 \qquad /2.1.13./$$

A /2.1.13./ összefüggés a gerjesztett jel viszonylagos frekvenciájától (N) és a nemlinearitás alakjától függ. A /2.1.13./ összefüggés az a feltétel, amelyet a gerjesztett jelnek és nemlinearitásnak ki kell elégitenie ahhoz, hogy a rendszerben gerjesztett lengések létezzenek, amikor a SzFR átviteli függvényének $p = j\frac{2\pi}{N}k$ képzetes pólusa van.

A gyakorlati rendszerekben gyakran előfordul, hogy a SzFR átviteli függvények képzetes pólusai nincsenek, de nulla értékü pólusa van. Ekkor a /2.1.13./ feltétel k=o értékre a következő összefüggést eredményezi.

$$\sum_{m=0}^{N-1} f\left[z\,(m)\right] = 0 \qquad /2.1.14./$$

Szimmetrikus esetben, ha W/p/-nek $p = j\frac{\pi}{N}(2k+1)$ képzetes pólusa van hasonló módon kapjuk a következő összefüggést

$$\sum_{m=0}^{N-1} f\left[z(m)\right] e^{-j(2k+1)\frac{\pi}{N}m} = 0 \qquad /2.1.15./$$

A /2.1.13./,/2.1.14./ és /2.1.15./ feltételek bizonyos nemlinearitásokra /relés, telitődéses, stb./ ellenőrizhetők ismert N értékekkel.

A következőkben tételezzük fel, hogy a SzFR átviteli függvényének nincsen a fentiekben tárgyalt alaku képzetes pólusa, de nulla értékü pólusa lehet /azaz W(p) lehet integráló jellegü is/. Ha a /2.1.14./ feltétel teljesül, akkor $f^*(\bar{t})$- Fourier-sora állandó összetevőt nem tartalmaz és

$$\varphi_1(\bar{t}) = \frac{1}{N} \sum_{\substack{k=-\infty \\ k\neq o}}^{\infty} W\left[j \frac{2\pi}{N} k\right] e^{j\frac{2\pi}{N}k\bar{t}}$$

Ha W(p) nevezője számlálójánál magasabb fokszámu $\varphi_1(\bar{t})$ közönséges függvény és véges alakban is felirható [3].

2.2. Periódikus megoldás meghatározása.

Rátérünk az $y(\bar{t})$, vagy $z(\bar{t})$, az időtartományban való numerikus módszerrel való meghatározásra.

Ha $\bar{t} = n+\varepsilon$ $(o < \varepsilon < 1)$ értéket a /2.1.7./, vagy /2.1.8./,/2.1.11./ /2.1.12/ egyenletekbe helyettesitjük, akkor

$$y(n+\varepsilon) = \sum_{m=o}^{N-1} \varphi[n-m+\varepsilon]\ f[z(m)] \qquad /2.2.1./$$

$$z(n+\varepsilon) = x(n) - \sum_{m=o}^{N-1} \varphi[n-m+\varepsilon]\ f[z(m)] \qquad /2.2.2./$$

Ahol $\varphi(\bar{t})$ függvényen a $\varphi_1(\bar{t})$ vagy $\varphi_2(\bar{t})$ függvényt értjük.

Mátrix alakban

$$\underline{y}_\varepsilon = \underline{\underline{\Phi}}_\varepsilon \underline{f}[\underline{z}] \qquad /2.2.3./$$

$$\underline{z}_\varepsilon = \underline{x}_\varepsilon - \underline{\underline{\Phi}}_\varepsilon \underline{f}\,[\underline{z}] \qquad /2.2.4./$$

$$\underline{z} = \underline{x} - \underline{\underline{\Phi}}_o \underline{f}\,[\underline{z}] \qquad /2.2.5./$$

Ahol

$$\underline{y}_\varepsilon^T = \left[y(\varepsilon),\ y(1+\varepsilon),\ldots,y(N-1+\varepsilon)\right],\quad \underline{z}_\varepsilon^T = \left[z(\varepsilon), z(1+\varepsilon),\ldots,z(N-1+\varepsilon)\right]$$

$$\underline{x}_\varepsilon^T = \left[x(\varepsilon),\ x(1+\varepsilon),\ldots,x(N-1+\varepsilon)\right],\quad f^T[z] = \left[f[z(o), f[z(1)],\ldots,f[z(N-1)\right]$$

N-koordinátáju vektorok /T-vel a transzponálást jelöljük/.
/ $\underline{z}$ és $\underline{x}$ a megfelelő vektorok amikor $\varepsilon = o$./

$$\underline{\underline{\Phi}}_\varepsilon = \begin{bmatrix} \varphi_1(\varepsilon) & \varphi_1(N-1+\varepsilon) & \ldots\ldots & \varphi_1(1+\varepsilon) \\ \varphi_1(1+\varepsilon) & \varphi_1(\varepsilon) & \ldots\ldots & \varphi_1(2+\varepsilon) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \varphi_1(N-1+\varepsilon) & \varphi_1(N-2+\varepsilon) & \ldots\ldots & \varphi_1(\varepsilon) \end{bmatrix}$$

nemszimmetrikus esetben, és

$$\underline{\underline{\Phi}}_\varepsilon = \begin{bmatrix} \varphi_2(\varepsilon) & -\varphi_2(N-1+\varepsilon) & \ldots\ldots & -\varphi_2(1+\varepsilon) \\ \varphi_2(1+\varepsilon) & \varphi_2(\varepsilon) & \ldots\ldots & -\varphi_2(2+\varepsilon) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \varphi_2(N-1+\varepsilon) & \varphi_2(N-2+\varepsilon) & \ldots\ldots & \varphi_2(\varepsilon) \end{bmatrix}$$

szimmetrikus esetben. A $\underline{\underline{\Phi}}_o$ mátrix a $\underline{\underline{\Phi}}_\varepsilon$ matrix, amikor $\varepsilon = o$.
A $\underline{\underline{\Phi}}_\varepsilon$ mátrix N-ed rendü ciklikus mátrix. Szimmetrikus esetben a fő átló felett levő elemek $\varphi_2(\bar{t})$-vel azonos értéküek, de ellenkező előjelüek.

Az $\underline{y}_\varepsilon$ vagy $\underline{z}_\varepsilon$ meghatározása előtt a /2.2.5./ egyenlet szerint meg kell határozni $\underline{z}$ értékét. A /2.2.5./ egyenlet a fokozatos közelités módszerével oldható meg.

Jelöljük $\underline{z}_i$-vel az i-edik lépésben számitott értéket. Ekkor

$$\underline{z}_{i+1} = \underline{x} - \underline{\underline{\Phi}}_o \underline{f}[\underline{z}_i]$$

Ha a fokozatos közelitéssel kapott $\{\underline{z}_i\}$ sorozat egy $\underline{\xi}$ vektorhoz konvergál, akkor $\underline{\xi}$ a /2.2.5./ egyenlet megoldása. Első közelitésképp választhatjuk a

$$\underline{z}_1 = \underline{x}$$

értéket. A következőkben megadjuk a $\{\underline{z}_i\}$ sorozat konvergenciájának elégséges feltételét.

<u>Tétel:</u> Ha $f[z]$ nemlineáris függvény Lipschitz feltételt elégiti k_i

$$|f(z_1) - f(z_2)| \leqslant \alpha |z_1 - z_2|$$

és

$$\sum_{m=o}^{N-1} |\varphi(m)| < \frac{1}{\alpha}$$

ekkor a $\{\underline{z}_i\}$ sorozat konvergens.

A tétel bebizonyitására következő normákat használjuk fel

$$\|\underline{x}\| = \max_i |x_i| \; ; \quad \|\underline{\underline{A}}\| = \max_k \sum_{j=1}^{N} |a_{kj}|$$

Látható hogy

$$\| \underline{\xi} - \underline{z}_{i+1} \| < \alpha^i \| \underline{\underline{\Phi}}_o \|^i \| \underline{\xi} - \underline{x} \|$$

Másrészt

$$\| \underline{\underline{\Phi}}_o \| = \sum_{m=o}^{N-1} | \varphi (m) |$$

ami bizonyitja a fenti tételt.

/Mivel a fenti tétel csak elégséges feltételt ad, ezért a $\{ \underline{z}_i \}$ sorozat konvergálhat /sőt gyakran konvergál/ akkor is, amikor a fenti tétel nem teljesül./

A fokozatos közelités módszerénél az (i+1)-edik lépésben kapott megoldás hibája a következő képlettel értékelhető

$$\| \underline{\xi} - \underline{z}_{i+1} \| \leqslant \frac{\alpha \| \underline{\underline{\Phi}}_o \| \| \underline{z}_{i+1} - \underline{z}_i \|}{1 - \alpha \| \underline{\underline{\Phi}}_o \|}$$

Ha azt akarjuk, hogy a hiba normájának értéke kisebb legyen mint valamely ε pozitiv szám, ekkor mindig választható egy olyan δ pozitiv szám, hogy

$$\delta = \frac{1 - \| \underline{\underline{\Phi}}_o \| \varepsilon}{\alpha \| \underline{\underline{\Phi}}_o \|}$$

A számitás közben az (i+1)-edik lépésnél, ha

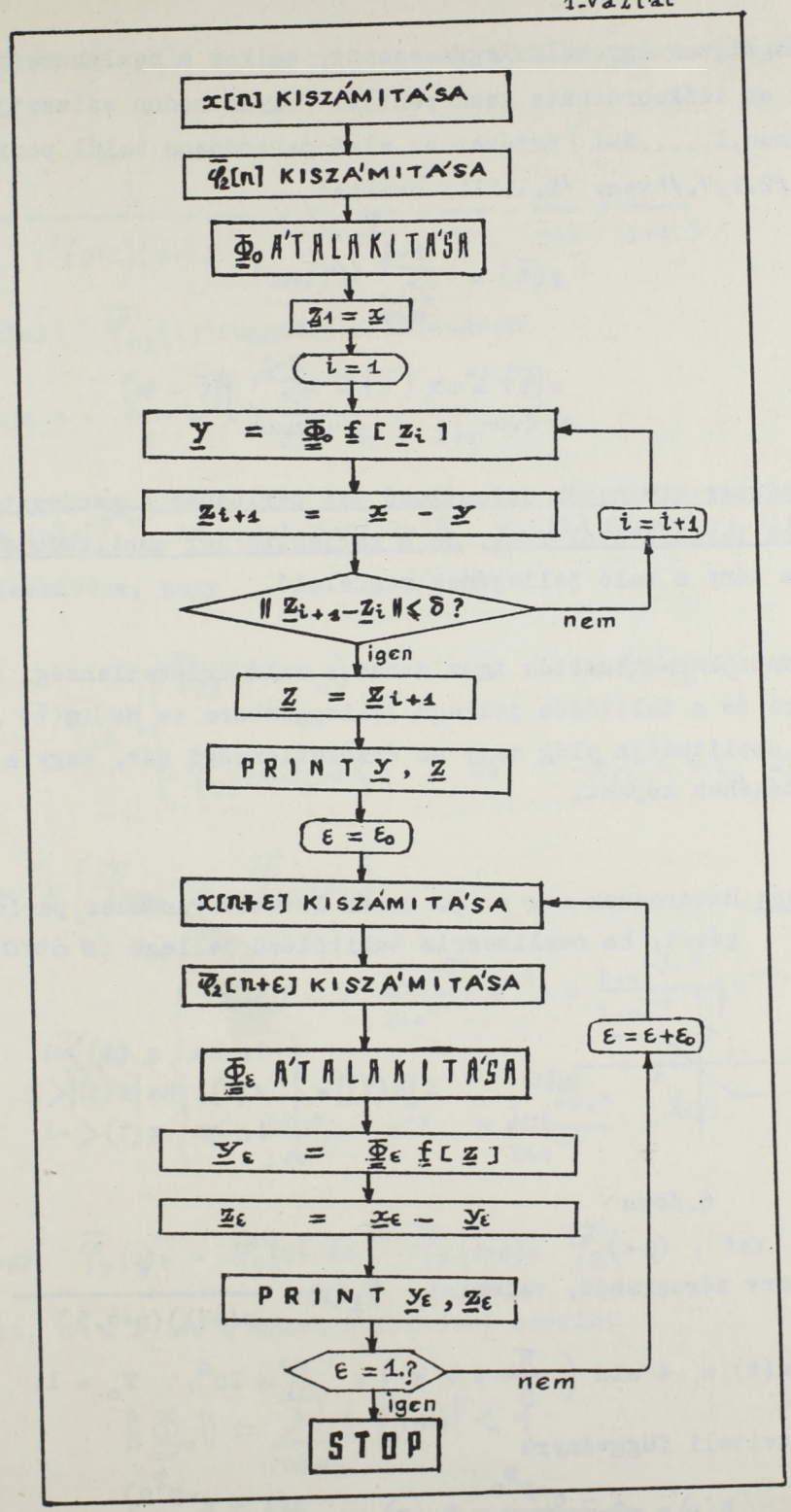
$$\| \underline{z}_{i+1} - \underline{z}_i \| < \delta$$

akkor

$$\| \underline{\xi} - \underline{z}_{i+1} \| < \varepsilon$$

A számitások sorrendjét az 1-blokkvázlat mutatja.

1.vázlat


x[n] KISZÁMITA'SA
$\bar{\Phi}_2[n]$ KISZÁ'MITA'SA
$\underline{\Phi}_0$ A'TALAKITA'SA
$\underline{z}_1 = \underline{x}$
i = 1
$\underline{y} = \underline{\Phi}_0 \underline{f}[\underline{z}_i]$
$\underline{z}_{i+1} = \underline{x} - \underline{y}$
i = i+1
$\| \underline{z}_{i+1} - \underline{z}_i \| \leq \delta$?
nem
igen
$\underline{z} = \underline{z}_{i+1}$
PRINT $\underline{y}$, $\underline{z}$
$\varepsilon = \varepsilon_0$
x[n+ε] KISZÁMITA'SA
$\bar{\Phi}_2[n+\varepsilon]$ KISZÁ'MITA'SA
$\underline{\Phi}_\varepsilon$ A'TALAKITA'SA
$\underline{y}_\varepsilon = \underline{\Phi}_\varepsilon \underline{f}[\underline{z}]$
$\underline{z}_\varepsilon = \underline{x}_\varepsilon - \underline{y}_\varepsilon$
PRINT $\underline{y}_\varepsilon$, $\underline{z}_\varepsilon$
$\varepsilon = \varepsilon + \varepsilon_0$
ε = 1.?
nem
igen
STOP

Vizsgáljunk egy különleges esetet, amikor a nemlinearitás ideális relé. Ha az időkoordináta kezdőpontját olyan módon választjuk, hogy $\underline{f}[z(m)]$ $(m=o,1,\ldots,N-1)$ értéket az első perióduson belül pozitiv legyenek, akkor a /2.1.7./ vagy /2.1.11./ szerint

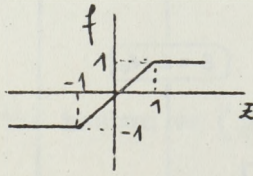
$$y(\bar{t}) = \sum_{m=o}^{N-1} \varphi(\bar{t}-m) \qquad /2.2.6./$$

$$z(\bar{t}) = x(\bar{t}) - \sum_{m=o}^{N-1} \varphi(\bar{t}-m) \qquad /2.2.7/$$

Igy a rendszer kimenetén jelentkező jel periódusa a gerjesztő jel viszonylagos periódusától függ, de a gerjesztő jel amplitudojától független. Ez a tény a relé jellegének megfelelő.

A fenti következtetés igaz marad a relé érzéketlenségi sávval jelleggörbére és a telitődés jellegü jelleggörbére is ha $z(\bar{t})$, illetve $x(\bar{t})$ jel amplitudója elég nagy az érzéketlenségi sáv, vagy a telitődési határ értékéhez képest.

Példa: Határozzuk meg a 5. ábrán látható rendszer periódikus lengését, ha nemlineáris telitődésü jellegü (6 ábra)



$$f[z(\bar{t})] = \begin{cases} 1, \text{ ha } z(t) > 1 \\ z(t), \text{ ha } |z(t)| < 1 \\ -1, \text{ ha } z(t) < -1 \end{cases}$$

6.ábra

A tartószerv zérusrendü, valamint $W_1(p) = \dfrac{k}{p(p+1)(p+o.5)}$

Legyen $x(t) = 4 \sin\left(\dfrac{\pi}{8} t + \varphi\right)$, $\varphi = 1o^o$, $T_o = 1.$

Az SzFR átviteli függvényre

$$W(p) = \frac{1 - e^{-pT_o}}{p} W_1(p) = \frac{k(1 - e^{-pT_o})}{p^2(p+1)(p+o.5)}$$

Itt $T_{/2} = 8$ páros és $x(\bar{t})$ szimmetrikus, ezért szimmetrikus lengést határozunk meg.

Legyen

$$W_I(p) = \frac{1}{p^2(p+1)(p+0.5)} = 2\left(\frac{1}{p^2} - \frac{3}{p} - \frac{1}{p+1} + \frac{4}{p+0.5}\right)$$

Az ennek megfelelő $\overline{\varphi}_{2I}(t)$ függvény a következő

$$\overline{\varphi}_{2I}(t) = t - \frac{T}{4} - 3 - \frac{2e^{-t}}{1+e^{-T/2}} + \frac{8e^{-0.5t}}{1+e^{-0.5\,T/2}}$$

Ekkor $W_H(p) = W_I(p)e^{-pT_o}$. Az ennek megfelelő $\overline{\varphi}_{2H}(t)$ függvényt kiszámithatjuk, figyelembevéve, hogy

$$\overline{\varphi}_{2H}(t) = \begin{cases} \overline{\varphi}_{2I}(t - t_o) & \text{ha} \quad o < t-T_o < T/2 \\ -\overline{\varphi}_{2I}(t-T_o+T/2) & \text{ha} \quad -T/2 < t-T_o < o \end{cases}$$

Végül $\overline{\varphi}_2(t) = k\left[\overline{\varphi}_{2I}(t) - \overline{\varphi}_{2H}(t)\right]$

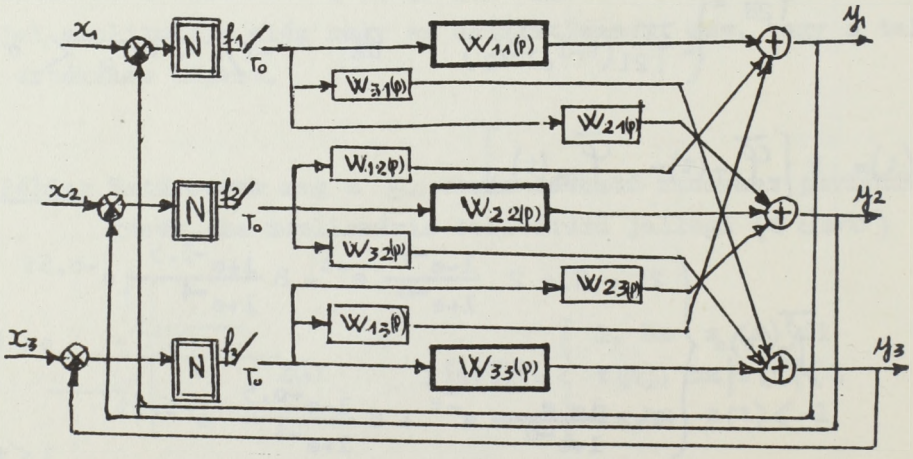
$$\overline{\varphi}_2(t) = \begin{cases} 2t - 7 - 2\,\frac{1-e^{-7}}{1+e^{-8}}\,e^{-t} + 8\,\frac{1+e^{-3.5}}{1+e^{-4}}\,e^{-0.5t} & o < t < 1 \\ 1 - 2\,\frac{1-e}{1+e^{-8}}\,e^{-t} + 8\,\frac{1-e^{-0.5}}{1+e^{-4}}\,e^{-0.5t} & 1 < t < 8 \end{cases}$$

Belátható, hogy $\overline{\varphi}_2(o) = -\overline{\varphi}_2(8)$ és $\overline{\varphi}_2(1+0) = \overline{\varphi}_2(1-0)$, igy $\varphi_2(t)$ folytonos. Itt $\alpha = 1$ és a második feltétel szerint

$$\|\underline{\underline{\Phi}}_o\| = \sum_{m=o}^{7} |\overline{\varphi}_2(m)| < 1$$

A feladat megoldására, különböző k értékek esetén, az 1. blokkvázlatnak megfelelően kidolgozott FORTRAN nyelvü programot alkalmaztuk. Néhány eredményt a 8. ábra, illetve az 1. táblázat mutat be. A táblázatból látható, hogy a $\{\underline{z}_i\}$ sorozat $\|\underline{\Phi}_o\| > 1$ értékekre is konvergens. Ha $\|\underline{\Phi}_o\|$ értéke megnő akkor az ugyanolyan δ értéknek / δ=o.ooool/ megfelelő iterációs lépések száma (j) szintén nő. A k $\geqslant$ o.9 esetben bár $\|\underline{\Phi}_o\|$ értéke tovább nő, j értéke hirtelen csökkenés után nem sokat változik. j = j^* érték után $\min|z_j^*(n)|$, (n=o,1,...,N-1) értéke nagyobb, mint 1.o. Igy a nemlinearitás mindig a telidőtési tartományban müködik. Ekkor az $y(\bar{t})$ és $z(\bar{t})$ jelek a /2.2.6./ és /2.2.7./ képletek alapján határozhatók meg.

A fenti eredmények kiterjeszthetők több változós szabályozási rendszerekre is. Példaképpen egy háromváltozós rendszert a 7. ábra mutat. Tételezzük fel, hogy a mintavételező szervek szinkron müködnek.



7.ábra

Ekkor

$$y_k(\bar{t}) = = -\sum_{i=1}^{\ell} \sum_{m=o}^{N-1} \varphi_{ki}(\bar{t}-m)\, f_k[z_i(m)]$$

$$z_k(\bar{t}) = x_k(\bar{t}) - \sum_{i=1}^{\ell} \sum_{m=o}^{N-1} \varphi_{ki}(\bar{t}-m)\, f_k[z_i(m)]$$

Ahol ℓ a bemenő, vagy kimenőjelek száma, φ_{ij} a $W_{ij}(p)$-nek megfelelő FIF függvény.

Mátrix alakban:

$$\underline{\underline{Y}}_{\varepsilon} = \underline{\underline{\mathcal{J}}}_{\varepsilon}\underline{F}\,[\underline{Z}]$$

$$\underline{Z}_{\varepsilon} = \underline{X}_{\varepsilon} - \underline{\underline{\mathcal{J}}}_{\varepsilon}\underline{F}[\underline{Z}]$$

$$\underline{Z} = \underline{X} - \underline{\underline{\mathcal{J}}}_{o}\underline{F}[\underline{Z}]$$

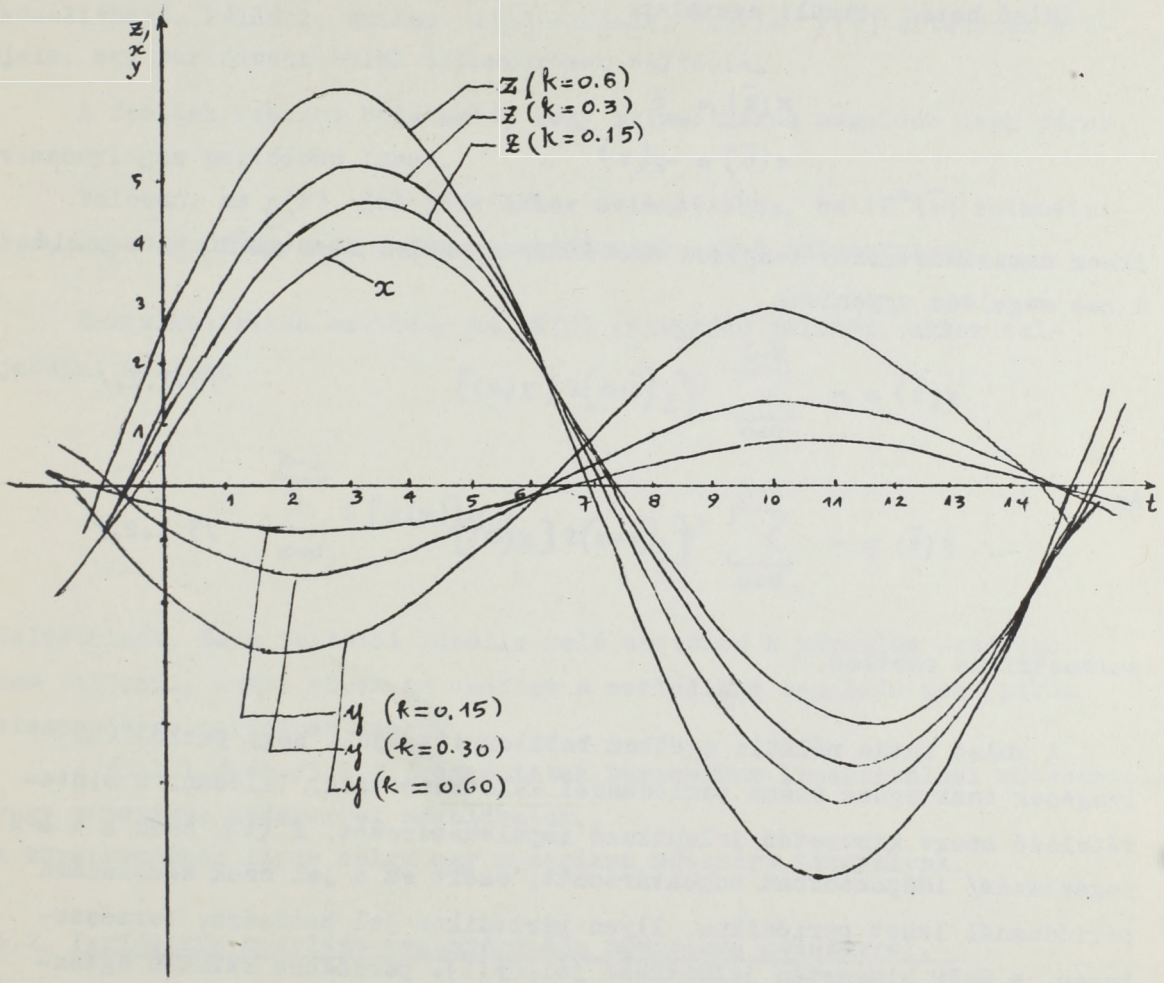
Ahol $\underline{\underline{\mathcal{J}}}_{\varepsilon}$, $\underline{\underline{\mathcal{J}}}_{o}$ periódikus $\ell \times N$ rendü mátrixok, amelynek elemei a korábban tárgyalt mátrixok.

1. táblázat

k	$\|\underline{\Phi}_0\|$	j	z(o)	z(1)	z(2)	z(3)	z(4)	z(5)	z(6)	z(7)
o.15	o.71413	7	1.o67o3	2.75495	3.98953	4.59586	4.5o97o	3.75725	2.4482o	o.76279
o.3o	1.42826	1o	1.47459	3.3781o	4.7o1o2	5.27o69	5.o545o	4.1o89o	2.566o4	o.62129
o.45	2.14239	13	1.9415o	4.o3o67	5.41oo7	5.91874	5.55589	4.4o638	2.62294	o.41465
o.6o	2.85652	19	2.521o5	4.739o4	6.1145o	6.51598	5.97493	4.6o11o	2.56421	o.o844o
o.75	3.57o65	3o	3.35741	5.57466	6.8o84o	6.99734	6.2o62o	4.56147	2.24181	-o.5277o
o.9o	4.28478	8	4.2416o	6.43398	7.5oo35	7.45713	6.4o25o	4.47821	1.87o32	-1.19228
1.o5	4.99891	6	4.83277	7.14811	8.2o43o	8.o4912	6.813o4	4.66232	1.79966	-1.53529
1.2o	5.713o4	5	5.42394	7.86224	8.9o826	8.64111	7.22358	4.84643	1.72899	-1.87829
1.35	6.42717	5	6.o1511	8.57637	9.61221	9.2331o	7.63413	5.o3o54	1.65833	-2.2213o
1.5o	7.1413o	5	6.6o628	9.29o5o	1o.31617	9.825o9	8.o4467	5.21464	1.58767	-2.5643o

j: az iterációs lépések száma, amellyel $\delta < o.ooool, \|\underline{\Phi}_0\| = \sum_{m=0}^{N-1} |\overline{\varphi}_2[m].|$

$j^* = 8$.


z, x, y
z (k=0.6)
z (k=0.3)
z (k=0.15)
x
y (k=0.15)
y (k=0.30)
y (k=0.60)
t
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

8 ábra.

§3. Külső hatás nélküli eset.

3.1. Periódikus megoldás egyenlete

Külső hatás nélküli esetelem

$$x(\bar{t}) = o$$
$$z(\bar{t}) = -y(\bar{t})$$

Ekkor nemszimmetrikus lengések esetében, az előző rész szerint, a periódikus megoldás egyenlete

$$y(\bar{t}) = - \sum_{m=o}^{N-1} \varphi_1(\bar{t}-m) f[y(m)] \qquad /3.1.1./$$

és

$$y(\bar{t}) = - \sum_{m=o}^{N-1} \varphi_2(\bar{t}-m) f[y(m)] \qquad /3.1.2./$$

szimmetrikus esetben.

A külső hatás nélküli esetben bebizonyithatjuk, hogy periódikus lengések csak egész számu periódussal keletkezhetnek. Valóban, a mintavételező szerv kimenetén jelentkező impulzussorozat, $f^*(\bar{t})$, csak a $\bar{t} = n$ /egészszám/ időpontokban meghatározott, ezért ez a jel csak egészszámu periódusnál lehet periódikus. Ilyen periódikus jel hatására, természetesen, a SzFR kimenetén jelentkező jel, $y(\bar{t})$, periódusa szintén egészszámu. A visszacsatoláson keresztül az $y(\bar{t})$ jel előjele megváltozik, de periódusa változatlan marad, vagyis a rendszerben csak egészszámu periódusu lengések létezhetnek.

Ennek ellenére tételezzük fel, hogy a rendszerben létezik $\overline{T} = \frac{N}{M}$ racionális szám periódusu lengés - $z(\bar{t})$- a nemlinearitás bemenetén. Az előző részben már láttuk, hogy ekkor $f^*(\bar{t})$. $M.\overline{T} = N$ /egészszám/ periódusu és ezért $y(\bar{t})$ is $M.\overline{T} = N$ periódusu. Igy $y(\bar{t})$és $z(\bar{t})$ periódusa nem azonos. Ez az ellentmondás mutatja, hogy a fenti feltételezés nem igaz.

A [15] munka a racionális periódusu megoldást vizsgálta, harmonikus módszerrel. Természetesen a fentiek alapján ez a módszer nem szigoru. Ez a közelitő módszer olyankor használható, esetenként alkalmazható, amikor a pontos megoldás nem az alapharmonikus összetevővel, hanem bizonyos M-edik harmonikus összetevővel, /u.n. elhatalmasodó összetevővel/ jól közelithető. Például, amikor f[n] előjele, vagyis $y(\bar{t})$ értékének előjele, egy periódusón belül többszörösen változik.

A fentiek szerint belátható, hogy szimmetrikus megoldás csak páros viszonylagos periódusu lehet.

Valóban, az $y(\bar{t})$ jel csak akkor szimmetrikus, ha $f^{*}(\bar{t})$ szimmetrikus. Azonban $f^{*}(\bar{t})$ csak a páros periódussal lehet szimmetrikus.

Nemszimmetrikus esetben, ha W(p) integráló jellegü, akkor teljesülni kell az

$$\sum_{m=o}^{N-1} f\left[y(m)\right] = o$$

feltételnek. Ez a feltétel ideális relé esetében N páratlan értékére nem teljesül, ezért ebben az esetben a periódikus megoldás csak páros viszonylagos periódusu lehet.

A /3.1.1./ és /3.1.2./ egyenletek harmonikus linearizálási módszerrel, vagy numerikus módszerrel megoldhatók.
A következőkben ilyen célra egy numerikus módszert tárgyalunk.

3.2. Periódikus megoldás meghatározása numerikus módszerrel.

A /3.1.1./, vagy /3.1.2./ egyenletből az $y(\bar{t})$ jel numerikus meghatározására, a $\bar{t}=n$ mintavételezési, illetve a $\bar{t}=n+\varepsilon$ /n=o,1....,N-1 , $o < \varepsilon < 1$ / időpontokban, a következő összefüggéseket kapjuk:

$$y(n+\varepsilon) = - \sum_{m=o}^{N-1} \varphi(n - m + \varepsilon) f\left[y(m)\right] \qquad /3.2.1./$$

/ahol a $\varphi(\bar{t})$ $\varphi_1(\bar{t})$ vagy $\varphi_2(\bar{t})$ függvényt jelöli a megfelelő esetekben/
Mátrix alakban

$$\underline{y}_\varepsilon = -\underline{\underline{\Phi}}_\varepsilon \underline{f}\,[\underline{y}] \qquad /3.2.2./$$

$$\underline{y} = -\underline{\underline{\Phi}}_o \underline{f}\,[\underline{y}] \qquad /3.2.3./$$

Ahol $\underline{y}_\varepsilon$, $\underline{\underline{\Phi}}_\varepsilon$, $\underline{\underline{\Phi}}_o$ a korábban tárgyalt mátrixok.

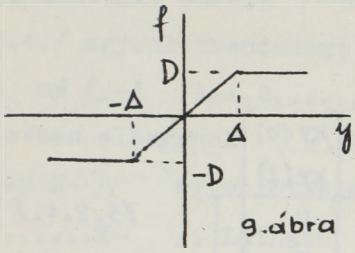
$\underline{y}_\varepsilon$ meghatározása előtt a /3.2.3./ egyenletet meg kell oldanunk $\underline{y}$ értékre. A /3.2.3./ egyenlet megoldásakor ennek u.n. "fixpontjait" keressük, vagyis olyan $\underline{y}$ értéket, amelyet behelyettesitve a $\underline{f}\,[\underline{y}]$ függvénybe a /3.2.3./ összefüggés szerint szintén az $\underline{y}$ értéket kapjuk.
Az alkalmazott módszer szerint valamely konkrét N érték esetében posztuláljuk a nemlinearitás $\underline{f}[\underline{y}]$ kimenőjelét és /3.2.3./ szerint kiszámitjuk az $\underline{y}$ értékét. Ha az eljárás konvergál, akkor a rendszerben létezhet a T = 2N periódusu periódikus megoldás.

A módszer a fizikai jelentése a következő.
Ha a rendszerben periódikus megoldás létezik, akkor a nemlineáris tag kimenőjelnek a mintavételezési időpontokban meghatározott értékei $f[y(n)]$ periódikusan ismétlődnek egy idő után. A nemlineáris tag kimenőjelének hatására a SzFR résznek olyan kimenőjele keletkezik, amely a visszacsatoláson keresztül a nemlineáris tagra hat. Ez a hatás olyan, hogy $f[y(n)]$ ismételi a korábbi értékeket.

A következőkben részletesen tárgyaljuk a módszert konkrét nemlinearitásokra és gyakorlati számitási eljárást javasolunk. Tételezzük fel, hogy a nemlinearitás szimmetrikus, SzFR integráló jellegü és vizsgálatainkat korlátozzuk a szimmetrikus megoldásokra, amelyek (előjele) egy perióduson belül csak egyszer változik, valamint olyan lengésekre, amikor egy-egy lineáris szakaszt nem futnak be többször a rendszer jelei /vagyis a csuszó átkapcsolások esetét kizárjuk./

3.2.1. Telitődési jellegü nemlinearitás:

Telitődési jellegü nemlinearitás jelleggörbéjét a 9.ábra mutatja.



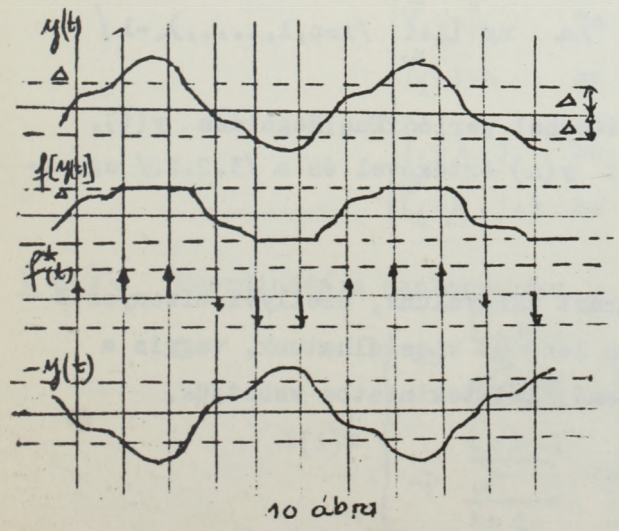
9.ábra

$$f[y(\bar{t})] = \begin{cases} -D & \text{ha} \quad y(\bar{t}) < -\Delta \\ k\, y(\bar{t}) & \text{ha} \quad |y(\bar{t})| < \Delta \\ +D & \text{ha} \quad y(\bar{t}) > \Delta \end{cases}$$

Tételezzük fel, hogy a rendszerben létezik szimmetrikus periódikus megoldás, amelynek periódusa $\bar{T}=2N$.

$$y(\bar{t}) = -y\left(\bar{t} + \bar{T}/2\right)$$

Válasszuk meg az idő koordináta kezdő pontját olyan módon, hogy az $y(n)\,(n=o,1....,N-1)$ érték az első félperióduson belül pozitiv legyen. Nem folytonos $y(\bar{t})$ esetén /ha $n_1-m_1=1$, n_1 és m_1 a SzFR átviteli függvénynek nevezőjének és számlálójának fokszáma/ az $y(n)$értéke alatt az $y(n+o)$ értéket értjük. A rendszer periódikus megoldásának menetét a lo. ábra szemlélteti.



10 ábra

A periódikus jel az u.n. λ-paraméterrel jellemzhető, amely megmutatja, hogy a nemlineáris tag bemenetén ható $y(\bar{t})$ jel a félperióduson belül hány mintavételezési pontban nagyobb mint Δ . λ értéke lehet $1,2,....,N$. /a lo.ábrán látható $y(\bar{t})$ jelnél $N=3$, $\lambda=2$/. Ez az érték az $y(\bar{t})$ -jel amplitudójának és Δ nagyságának viszonyától függ. L-lel jelöljük a mintavételezési időpontok közül annak

a sorszámát, amelyre $y(\bar{t})$ amplitudója először nagyobb min Δ .
L értéke lehet 1,2,....,N- λ +1. A 1o.ábra szerint $L=2$.

Igy konkrét N, λ , L értékre a /3.2.3./ nemlineáris egyenlet alapján lineáris egyenletrendszer irható fel. Szemléltetés kedvéért legyen N=5, λ =2, L =2. Ekkor

$$\begin{bmatrix} y(o) \\ y(1) \\ y(2) \\ y(3) \\ y(4) \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \varphi_{13} & \varphi_{14} & \varphi_{15} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \varphi_{23} & \varphi_{24} & \varphi_{25} \\ \varphi_{31} & \varphi_{32} & \varphi_{33} & \varphi_{34} & \varphi_{35} \\ \varphi_{41} & \varphi_{42} & \varphi_{43} & \varphi_{44} & \varphi_{45} \\ \varphi_{51} & \varphi_{52} & \varphi_{53} & \varphi_{54} & \varphi_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} ky(o) \\ ky(1) \\ D \\ D \\ ky(4) \end{bmatrix} \qquad /3.2.4./$$

Ahol

$$\varphi_{ij} = \begin{cases} \bar{\varphi}_2(i-j) & \text{ha} \quad i > j \\ -\bar{\varphi}_2(i-j+N) & \text{ha} \quad i < j \\ \bar{\varphi}_2(o) & \text{ha} \quad i = j \end{cases} \qquad /3.2.5./$$

Ha /3.2.4./ egyenlet által meghatározott y(n) értékek kielégitik az

$$y(n) > o$$
$$y(n) \begin{cases} > \Delta & \text{ha} \quad n = L+i \\ < \Delta & \text{ha} \quad n \neq L+i \end{cases} \qquad /i=o,1,....,\lambda-1/ \qquad /3.2.6./$$

feltételeket, ekkor a rendszerben létezhet periódikus megoldás $y(\bar{t})$, amelyet a /3.2.4./ által kiszámitott y(n) értékével és a /3.2.2./ egyenlettel határozhatjuk meg.

A következőkben egy olyan eljárást tárgyalunk, amellyel bizonyos N értékre minden lehetséges periódikus lengést vizsgálhatunk, vagyis a nemlinearitás minden lehetséges kimenőjelét tekintetbe vehetjük.

Számitási eljárás: Nevezzük a /3.2.3./ egyenletben szereplő mátrixot periódikus átviteli mátrixnak. A periódikus átviteli mátrixot részekre osztjuk a következő módon. A mátrix L -sorrendü oszlopától kezdődően λ oszlopot, illetve a főátlóra nézve ezzel szimmetrikus sort különválasztunk. Ezeket λ -oszlopoknak, illetve λ -sornak nevezzük. A /3.2.4./ egyenletrendszert ugy oldhatjuk meg, hogy első lépésként $y(n)$-t $n \neq L+i$ /i=1,2,...., λ -1/ értékkel megoldjuk, azaz a /3.2.4./ egyenletben elhagyunk λ -sort és megoldjuk a N-λ többi egyenletet. Ennek az N-λ egyenleteknek az ismeretlenjét $u(m)$-mel jelöljük /m=1,2,....,N- /. Látható, hogy

$$u(m) = \begin{cases} y(m-1) & \text{ha} \quad m < L \\ y(m+\lambda-1) & \text{ha} \quad m \geqslant L \end{cases} \qquad /3.2.7./$$

Az $u(m)$-ekre felirt egyenletrendszer mátrix alakban

$$\left[\underline{\underline{E}} + k\underline{\underline{A}}\right] \underline{u} = \underline{b}$$

Ahol $\underline{\underline{E}}$ egységmátrix. $\underline{\underline{A}} = [a_{ij}]$ N-λ rendü mátrix, amely olyan módon alakul ki, hogy az $\underline{\underline{\Phi}}_o$ mátrixban elhagyunk λ -sort és λ-oszlopot. $\underline{\underline{A}}$ elemei a következők:

$$a_{ij} = \begin{cases} \varphi_{ij} & \text{ha} \quad i < L \quad j < L \\ \varphi_{i,j+\lambda} & \text{ha} \quad i < L \quad j \geqslant L \\ \varphi_{i+\lambda,j} & \text{ha} \quad i \geqslant L \quad j < L \\ \varphi_{i+\lambda,j+\lambda} & \text{ha} \quad i \geqslant L \quad j \geqslant L \end{cases}$$

$\underline{b}$ N-λ koordinátáju oszlopvektor

$$b(i) = \begin{cases} -D \sum_{k=L}^{L+\lambda-1} \varphi_{ik} & \text{ha } i < k \\ -D \sum_{k=L}^{L+\lambda-1} \varphi_{i+\lambda,k} & \text{ha } i \geqslant k \end{cases}$$

a $\underline{b}$ vektor ugy alakul, hogy a λ-sorhoz tartozó elemeinek elhagyásával a λ-oszlop elemeit összegezzük és ezután -D-vel szorozzuk.

A második lépés a többi y[n] érték meghatározása, n= L+i /i=o,1,2,..., λ-1/ /y(n) a λ-sorhoz tartozik/.
Jelöljük v(n)-nel ezeket az ismeretlen y(n) értékeket.
Belátható, hogy

$$v(n) = y(n + L - 1) \qquad /3.2.8./$$

Innen

$$\underline{v} = k \underline{\underline{B}}\, \underline{u} + \underline{c}$$

Ahol $\underline{\underline{B}} = [b_{ij}]$ λ-ed rendü mátrix, amely olyan módon alakul ki, hogy a $\underline{\underline{\Phi}}_o$ mátrixban a λ-sort kiválasztjuk, majd a λ-oszlophoz tartozó elemeit elhagyjuk.

$\underline{\underline{B}}$ elemei

$$b_{ij} = \begin{cases} -\varphi_{L+i-1,j} & \text{ha } j < L \\ -\varphi_{L+i-1,j+\lambda} & \text{ha } j \geq L \end{cases}$$

$\underline{c}$ λ méretü oszlopvektor

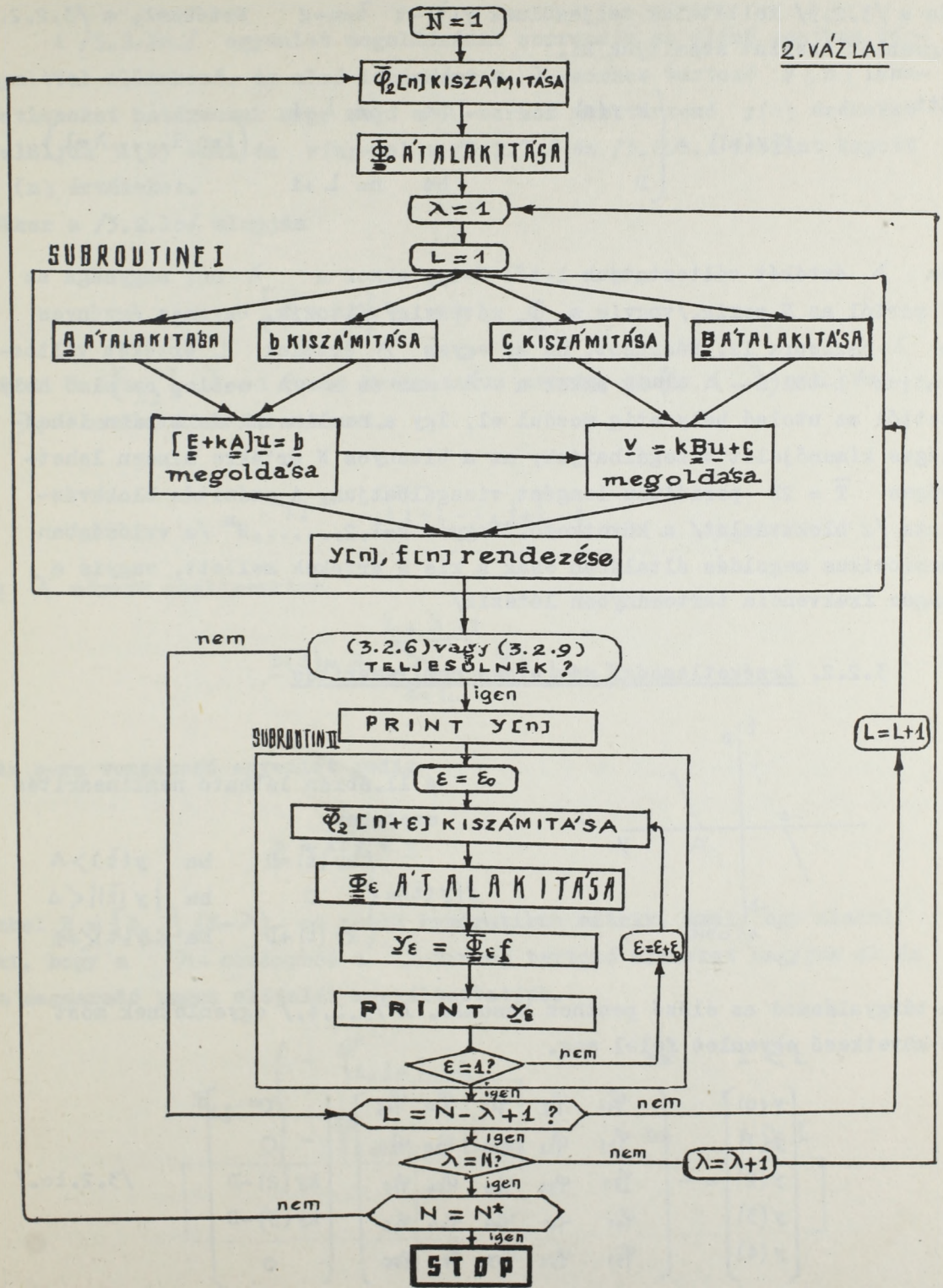
$$c(i) = -D \sum_{k=L}^{L+\lambda-1} \varphi_{i+L-1,k}$$

A $\underline{c}$ vektor ugy alakul ki, hogy a λ srohoz tartozó elemek elhagyásával a λ-oszlop elemeit összegezzük, ezután -D-vel szorozzuk.

A /3.2.6/ feltételek a következők lesznek

$$\left.\begin{array}{l} v(n) > o, \quad u(k) > o \\ v(n) > \Delta \\ u(k) < \Delta \end{array}\right\} \quad \begin{array}{l} n=1,2,\ldots,\lambda \\ k=1,2,\ldots,N-\lambda \end{array} \qquad /3.2.9./$$

2. VÁZLAT


N = 1
$\bar{\Phi}_2[n]$ KISZÁMITÁSA
$\underline{\underline{\Phi}}_0$ ÁTALAKITÁSA
λ = 1
SUBROUTINE I
L = 1
$\underline{\underline{A}}$ ÁTALAKITÁSA
$\underline{b}$ KISZÁMITÁSA
$\underline{c}$ KISZÁMITÁSA
$\underline{\underline{B}}$ ÁTALAKITÁSA
$[\underline{\underline{E}}+k\underline{\underline{A}}]\underline{u}=\underline{b}$ megoldása
$\underline{v} = k\underline{\underline{B}}\underline{u}+\underline{c}$ megoldása
y[n], f[n] rendezése
nem
(3.2.6) vagy (3.2.9) TELJESÜLNEK ?
igen
SUBROUTINE II
PRINT y[n]
L = L+1
ε = ε₀
$\bar{\Phi}_2[n+\varepsilon]$ KISZÁMITÁSA
$\underline{\underline{\Phi}}_\varepsilon$ ÁTALAKITÁSA
$\underline{y}_\varepsilon = \underline{\underline{\Phi}}_\varepsilon \underline{f}$
ε = ε+ε₀
PRINT $\underline{y}_\varepsilon$
ε = 1?
nem
igen
L = N − λ + 1 ?
nem
igen
λ = N?
nem
λ = λ+1
igen
N = N*
nem
igen
STOP

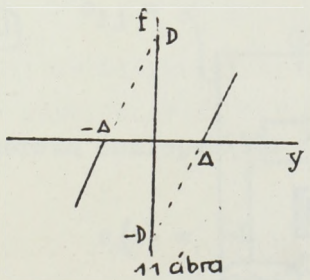
Ha a /3.2.9/ feltételek teljesülnek $y(\bar{t})$-t $\bar{t}=n+\varepsilon$ értékkel, a /3.2.2./ egyenlet szerint számitjuk ki.

Itt

$$f[y(n)] = \begin{cases} k\,y(n) & \text{ha} \quad n \neq L+i \\ D & \text{ha} \quad n = L+i \end{cases} \qquad (i=0,1\ldots,\lambda-1)$$

Ha λ értékét változtatjuk 1-től N-ig, akkor a λ-sor nagysága az 1 sortól az N sorig,/vagyis a $\underline{\underline{\Phi}}_o$ mátrixig/változik. Ugyanez érvényes a λ-oszlopra is. Másrészt, ha az egyes λ értékek L értékét változtatjuk 1-től$(N-\lambda+1)$-ig akkor a λ-sor és a λ-oszlop az első helyzettől az utolsó helyzetig mozdul el. Igy a nemlinearitás minden lehetséges kimenőjelét vizsgálhatjuk, az a bizonyos N értékre minden lehetséges $\bar{T} = 2N$ periódusu lengést vizsgálhatjuk. A számitás blokkvázlata /2 blokkvázlat/ a következő. Legyen $N=1,2,\ldots\ldots,N^*$ /a valóságban periódikus megoldás általában csak a kis N értékek mellett, vagyis a magas frekvencia tartományban létezik/

3.2.2. Érzéketlenségi sáv alaku nemlinearitás



11 ábra

A 11.ábrán látható nemlinearitás esetében

$$f[y(\bar{t})] = \begin{cases} k y(\bar{t}) - D & \text{ha} \quad y(\bar{t}) > \Delta \\ 0 & \text{ha} \quad |y(\bar{t})| < \Delta \\ k y(\bar{t}) + D & \text{ha} \quad y(\bar{t}) < -D \end{cases}$$

a tárgyalásmód az előző ponthoz hasonló. A /3.2.4./ egyenletnek most a következő egyenlet felel meg.

$$\begin{bmatrix} y(0) \\ y(1) \\ y(2) \\ y(3) \\ y(4) \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \varphi_{13} & \varphi_{14} & \varphi_{15} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \varphi_{23} & \varphi_{24} & \varphi_{25} \\ \varphi_{31} & \varphi_{32} & \varphi_{33} & \varphi_{34} & \varphi_{35} \\ \varphi_{41} & \varphi_{42} & \varphi_{43} & \varphi_{44} & \varphi_{45} \\ \varphi_{51} & \varphi_{52} & \varphi_{53} & \varphi_{54} & \varphi_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ k y(2) - D \\ k y(3) - D \\ 0 \end{bmatrix} \qquad /3.2.10./$$

A /3.2.lo./ egyenlet megoldásának sorrendje az előző pontban tárgyalttal ellenkező. Az első lépésként a λ-sorhoz tartozó y(n) ismeretleneket határozzuk meg, majd a λ-sorhoz nem tartozó y(n) érékeket Jelöljük U(m) -mel és v(n)-nel a /3.2.7./ és /3.2.8./ szerint kapott y (n) értékeket.
Ekkor a /3.2.lo/ alapján

$$\left[\underline{\underline{E}} + k\underline{\underline{A}}\right] \underline{v} = \underline{b}$$

Ahol $A = [a_{ij}]$ λ-ed rendü kvadratikus mátrix, amely a λ-sor és λ- oszlop közötti metszet.

$$a_{ij} = \varphi_{i+L-1,\, j+L-1}$$

$\underline{b}$ λ- méretü oszlopvektor

$$\underline{b}(i) = D \sum_{k=L}^{L+\lambda-1} \varphi_{i+L-1,k}$$

Az $\underline{u}$-ra vonatkozó egyenlet pedig

$$\underline{u} = k\underline{\underline{B}}\underline{v} + \underline{c}$$

ahol $\underline{\underline{B}} = [b_{ij}]$ $(N-\lambda)$- ed rendü kvadratikus mátrix, amely ugy alakul ki, hogy a λ- oszlopbóé a λ-sorhoz tartozó elemeket hagyjuk el és a megmaradó tagok előjelét megváltoztatjuk.

$$b_{ij} = \begin{cases} -\varphi_{i,\, j+L-1} & \text{ha} \quad i < L \\ -\varphi_{i+\lambda,\, j+L-1} & \text{ha} \quad i \geqslant L \end{cases}$$

$\underline{c}$ N- λ méretü oszlopvektor

$$c(i)=\begin{cases} -D \sum_{j=L}^{L+\lambda-1} \varphi_{ij} & \text{ha } i < L \\ -D \sum_{j=L}^{L+\lambda-1} \varphi_{i+\lambda,j} & \text{ha } i \geqslant L \end{cases}$$

A periódikus megoldás létezésének feltétele /3.2.6./ vagy /3.2.9./-hez hasonló. Ha a feltétel teljesül, ekkor $y(\bar{t})$ kiszámitható

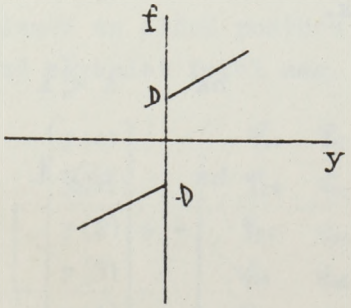
$$\underline{y} = -\underline{\underline{\Phi}}_{\epsilon}\,\underline{f}$$

ahol $\underline{f}$ N-méretü oszlopvektor, ennek elemei

$$f(n)=\begin{cases} ky(n)-D & \text{ha } n=L+i \\ & /i=0,1\ldots,\lambda-1/ \\ 0 & \text{ha } n\neq L+i \end{cases}$$

A számitás blokkvázlata az előző blokkvázlathoz teljesen hasonló, figyelembe véve, hogy az $\underline{\underline{A}},\underline{b},\underline{c},\underline{\underline{B}}$ mátrixokat, illetve más képletek határozzák meg.

3.2.3. Előfeszitési nemlinearitás



12. ábra

$$f[y(\bar{t})]=\begin{cases} ky(\bar{t})+D & \text{ha } y(\bar{t})>0 \\ ky(\bar{t})-D & \text{ha } y(\bar{t})<0 \end{cases}$$

A 12.ábrán látható előfeszitési nemlinearitás esetében a /3.2.4./ egyenletnek a következő egyenlet felel meg;

$$\begin{bmatrix} y(0) \\ y(1) \\ y(2) \\ y(3) \\ y(4) \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \varphi_{13} & \varphi_{14} & \varphi_{15} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \varphi_{23} & \varphi_{24} & \varphi_{25} \\ \varphi_{31} & \varphi_{32} & \varphi_{33} & \varphi_{34} & \varphi_{35} \\ \varphi_{41} & \varphi_{42} & \varphi_{43} & \varphi_{44} & \varphi_{45} \\ \varphi_{51} & \varphi_{52} & \varphi_{53} & \varphi_{54} & \varphi_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} ky(0)+D \\ ky(1)+D \\ ky(2)+D \\ ky(3)+D \\ ky(4)+D \end{bmatrix}$$

ezért felirható

$$\left[\underline{\underline{E}} + k\underline{\underline{\Phi}} \right] \underline{y} = \underline{b}$$

Ahol $\underline{b}$ N-méretü oszlopvektor

$$b(i) = - D \sum_{k=1}^{N}{}' \varphi_{ik}$$

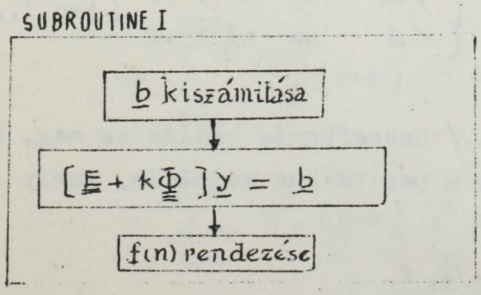
A /3.2.6./ feltétel most a következő összefüggésnek felel meg

$$y(n) > o$$

a /3.2.2./ egyenletben

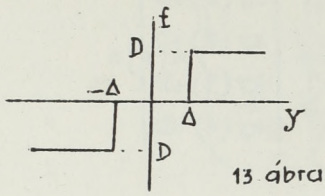
$$f(n) = ky(n)+D \qquad /n=o,1....,N-1/$$

A számitás blokkvázlata ugyan olyan mint az előző pontnál, de SUBROUTINE I most egyszerübb



3.2.4. Háromállásu relé érzéketlenségi sávval

A 13. ábrán látható háromállásu relé érzéketlenségi sávval nemlinearitás



13 ábra

$$f[y(\bar{t})] = \begin{cases} D & \text{ha } y(\bar{t}) > \Delta \\ 0 & \text{ha } |y(\bar{t})| < \Delta \\ -D & \text{ha } y(\bar{t}) < -\Delta \end{cases}$$

A /3.2.4./ egyenlet ebben az esetben a következő

$$\begin{bmatrix} y(0) \\ y(1) \\ y(2) \\ y(3) \\ y(4) \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \varphi_{13} & \varphi_{14} & \varphi_{15} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \varphi_{23} & \varphi_{24} & \varphi_{25} \\ \varphi_{31} & \varphi_{32} & \varphi_{33} & \varphi_{34} & \varphi_{35} \\ \varphi_{41} & \varphi_{42} & \varphi_{43} & \varphi_{44} & \varphi_{45} \\ \varphi_{51} & \varphi_{52} & \varphi_{53} & \varphi_{54} & \varphi_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ D \\ D \\ 0 \end{bmatrix}$$

Látható, hogy $y(n)$ $(n=0, 1\ldots, N-1)$ értéke nem más, mint a λ-oszlop elemeinek összege $-D$-vel szorozva.

$$y(n) = -D \sum_{k=L}^{L+\lambda-1} \varphi_{n+1,k} \qquad /3.2.11./$$

A periódikus megoldás létezésének feltétele

$$y(n) > 0$$

$$y(n) \begin{cases} > \Delta & \text{ha } n = L + i \\ < \Delta & \text{ha } n \neq L + i \end{cases} \quad (i = 0, 1, \ldots, \lambda - 1) \qquad /3.2.12./$$

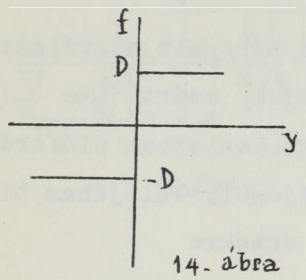
Ahol $y(n)$-t a /3.2.11./ összefüggés határozza meg. Ha a /3.2.12./ feltétel teljesül létezhet a periódikus megoldás, amely

$$\underline{y}_\varepsilon = - \underline{\underline{\Phi}}_\varepsilon \underline{f}$$

Ahol $\underline{f}$ vektor elemeinek értéke

$$f(n) = \begin{cases} D & \text{ha } n = \lfloor + i \\ & \\ o & \text{ha } n \neq \lfloor + i \end{cases} \qquad (i=o,1,\ldots,\lambda-1) \qquad /3.2.13./$$

Ideális relé



14. ábra

Ha érzéketlenségi sáv nagysága nullával egyenlő /14.ábra/ $\Delta = o$, vagy $\Delta \neq o$, de $y(n)$elég nagy a Δ értékhez képest, akkor $\lambda = N$ és $\lfloor = 1$. A /3.2.11./ egyenlet most

$$y(n) = -D \sum_{k=1}^{N} \varphi_{n+1,k} \qquad /3.2.14./$$

$$(n=o,1\ldots,N-1)$$

A /3.2.12./ feltétel most

$$y(n) > o \quad (n=o,\ldots,N-1) \qquad /3.2.15./$$

A /3.2.13./ összefüggés helyett a következőt kapjuk

$$f(n) = D \quad (n=o,1\ldots,N-1) \qquad /3.2.16./$$

A /3.2. 15/,/3.2.16./ és /3.1.2./ szerint a relés nemlinearitás esetben a periódikus megoldás létezésének szükséges feltétele a következő

$$-D \sum_{m=o}^{N-1} \varphi_2(n-m) > o$$

vagyis

$$\sum_{m=o}^{N-1} \varphi_2(n-m) < o \qquad /3.2.17./$$

Igy a következő következtetésre jutunk:

Ideális relé esetén $\bar{T}=2N$ periódusu periódikus megoldás létezhet ha a SzFR frekvencia-impulzus függvénye kielégiti a /3.2.17./ feltételt.

Nevezetesen N=1 esetre a/3.2.17/feltétel a következő

$$\varphi_2(o) < o \qquad /3.2.18./$$

Az időkoordináta kezdőpontjának az előző részben tárgyalt megválasztása szerint az $\varphi_2(o)$ értéken $\varphi_2(+o)$ értéket értjük, ezért $\varphi_2(o)=\overline{\varphi}_2(o)$, igy a fenti feltételt könnyen ellenőrizhető. A gyakorlatban előforduló rendszereknél a /3.2.18./ feltétel általában teljesül. Valójában bizonyitható(lásd.függelék), hogy ebben az esetben N=1 értékre

$$\varphi_2(o) = W^*(j\pi)$$

$W^*(j\pi)$ általában negativ valós szám. A[13,14] munkákban Cüpkin kimutatotta, hogy relés mintavételező rendszerekben periódikus lengés N=1 esetben mindig létezhet, ami a fent foglaltakkal összhangban van. Ebben az esetben a periódikus megoldás a /3.1.2./ egyenlettel pontosan meghatározható

$$y(\bar{t}) = -D\,\varphi_2(\bar{t}) \qquad /3.2.19./$$

ahol $\varphi_2(\bar{t})$ periódusa $\bar{T}=2$.

Hasonló következtetésre jutunk a relé érzéketlenségi sávval nemlinearitás esetében N=1 értékre.
Azonban ekkor

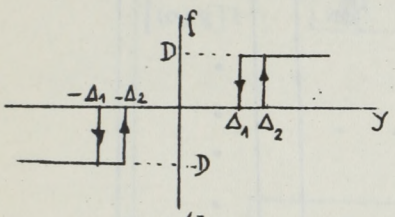
$$y(o) = -D\,\varphi_2(o) > \Delta$$

vagyis

$$\varphi_2(o) < -\frac{\Delta}{D} \qquad /3.2.20./$$

3.2.5. A háromállású relé hiszterézissel

A fentebb, háromállású relé esetére, a háromállású relé hiszterézissel esetben is alkalmazható /15.ábra/. Ebben az esetben a λ paraméter azt mutatja, hogy a nemlinearitás kimenőjelének félperióduson belül hány mintavételezési pontban nullától különböző az értéke.
Ekkor a periódikus megoldás létezésének feltétele



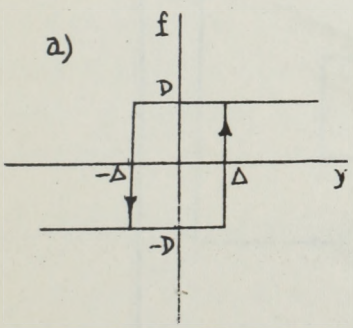
15 ábra

$$y(n) \neq 0 \quad (n = 0, 1, \ldots, N-1)$$

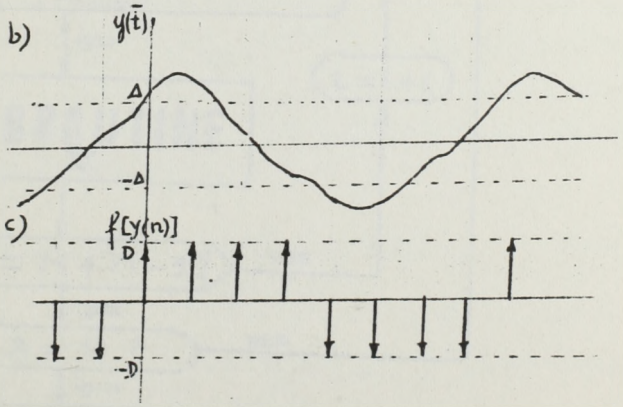
$$y(n) \begin{cases} < \Delta_2 & \text{ha } n < L-1 \\ > \Delta_1 & \text{ha } L \leqslant n \leqslant L+\lambda-1 \\ < \Delta_1 & \text{ha } n \geqslant L+\lambda \end{cases}$$

3.2.6. Kétállásu relé érzéketlenségi sávval.

Az ideális relé esetben foglaltak kétállásu relé érzéketlenségi sávval /16.ábra/ esetben is alkalmazhatók.



16 ábra



Ebben az esetben azonban az időkoordináta kezdőpontját olyan módon választjuk meg, hogy $f[y(n)]$ értéke $(n=0,1,\ldots,N-1)$ az első félperióduson belül pozitiv legyen /16.b.c.ábra/. Ekkor periódikus megoldás létezésének feltétele a következő

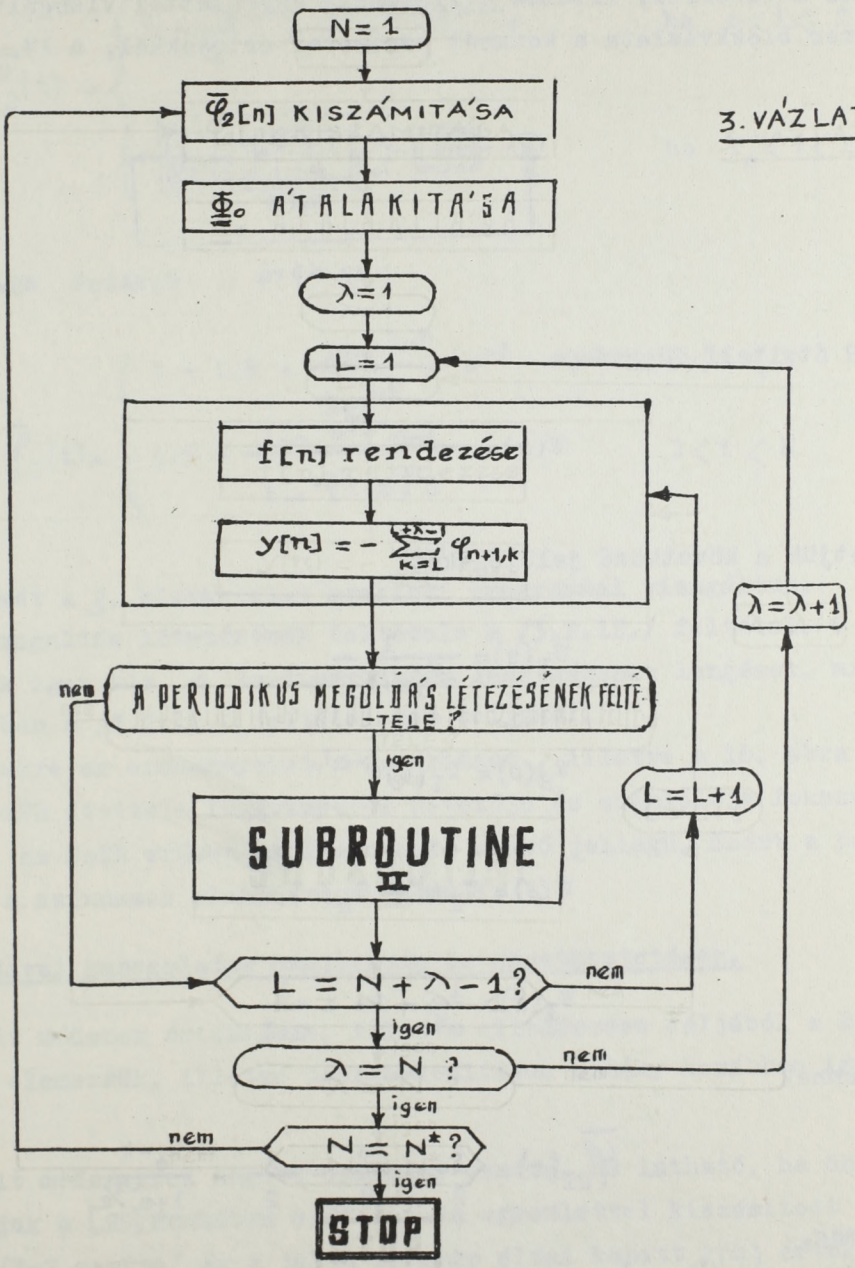
$$\begin{cases} y(o) > \Delta \\ y(n) > -\Delta \end{cases} \qquad (n=1,2,\ldots,N-1)$$

Itt meg kell jegyeznünk, hogy $y(n)$, $\varphi(n)$ és $f(n)$ periódikusak, ezért az időkoordináta kezdőpontjának eltolása nem más, mint a

$$\begin{bmatrix} y(o) \\ y(1) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y(N-1) \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \cdots & \varphi_{1N} \\ & & & \\ & \cdots & & \\ & & & \\ \varphi_{N1} & \varphi_{N2} & \cdots & \varphi_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f[y(o)] \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ f[y(N-1)] \end{bmatrix}$$

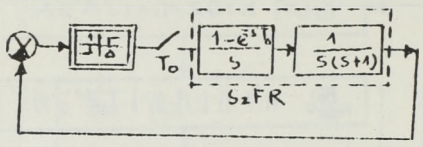
egyenlet ciklikus permutációja. Igy a periódikus megoldás nem változik. A számitás menetét relé nemlinearitás esetében a 3. blokkvázlat mutatja.

3. VÁZLAT


N=1
$\varphi_2[n]$ KISZÁMITÁSA
Φ_0 ÁTALAKITÁSA
λ=1
L=1
f[n] rendezése
$y[n] = -\sum_{k=L}^{\lambda+L-1} \varphi_{n+1,k}$
A PERIODIKUS MEGOLDÁS LÉTEZÉSÉNEK FELTÉTELE ?
nem
igen
SUBROUTINE II
L = N + λ - 1 ?
nem
igen
λ = N ?
nem
igen
N = N* ?
nem
igen
STOP
λ=λ+1
L=L+1

1., Példa

Vizsgáljuk meg a javasolt módszerrel relés müködésü szervomechanizmusok lengési jelenségeit. Ilyen rendszert a [7,25,29] munkák a harmonikus linearizálás módszerrel, illetve differencia egyenlettel vizsgáltak. A vizsgált rendszer blokkvázlata a konkrét paraméter értékekkel, a 17. ábrán látható.



17. ábra

A SzFR átviteli függvénye

$$W(s)= \frac{1-e^{-sT_o}}{s^2(s+1)}$$

Bevezetjük a következő jelöléseket

$$W_I(s)= \frac{1}{s^2(s+1)}$$

és

$$W_H(s)= W_I(s)e^{-sT_o}$$

Ekkor

$$W(s)= W_I(s)- W_H(s)$$

Mivel

$$W_I(s)= \frac{1}{s^2} - \frac{1}{s} + \frac{1}{s+1}$$

ezért ennek

$$\overline{\varphi}_{2I}(t)= \frac{t}{2} - \frac{T}{8} - \frac{1}{2} + \frac{e^{-t}}{1+e^{-T/2}}$$

felel meg.

Figyelembe véve, hogy

$$\overline{\varphi}_{2H}(t) = \begin{cases} \overline{\varphi}_{2I}(t-T_o) & \text{ha} \quad o < t - t_o < T/2 \\ -\overline{\varphi}_{2I}(t-T_o+T/2) & \text{ha} \quad -T/2 < t-T_o < o \end{cases} \qquad \left(o < t < T/2 \right)$$

és $\overline{\varphi}_2(t) = \overline{\varphi}_{2I}(t) - \overline{\varphi}_{2H}(t)$

akkor

$$\overline{\varphi}_2(t) = \begin{cases} t - \frac{T_o}{2} - 1 + \frac{1+e^{(T_o-1/2)}}{1+e^{-1/2}} e^{-t} & \text{ha } o < t < T_o \\ \frac{T_o}{2} + \frac{1-e^{T_o}}{1+e^{-1/2}} e^{-t} & \text{ha } T_o < t < T/2 \end{cases}$$

A $T_o=1$ és $T=2N$ értékek

$$\overline{\varphi}_2(t) = \begin{cases} t - 1.5 + \frac{1+e^{1-N}}{1+e^{-N}} e^{-t} & o < t < 1 \\ o.5 + \frac{1-e}{1+e^{-N}} e^{-t} & 1 < t < N \end{cases}$$

A problémát a 3. blokkvázlat szerinti programmal vizsgáltuk. A periódikus megoldás létezésének feltétele a /3.2.12./ feltétel. $4 < N \leq 8$ értékekre csak igen kis Δ tartományokban lehetségesek lengések, mig $N > 8$ értékek esetében a /3.2.12./ feltétel nem teljesül.
N=1,2,3,4 esetekre az eredményeket a 2. táblázat , illetve a 18. ábra mutatja be. Mivel a SzFR átviteli függvényének nevezője és számlálója fokszámának különbsége 3, az SzFR erősen aluláteresztő szürő jellegü. Ezért a periódikus megoldás a szinuszos alakhoz igen közeli.

Néhány,a példával kapcsolatos megjegyzés és következtetések.

A javasolt módszer értékelése, illetve ellenőrzése céljából a kapott eredményeket elemezzük, illetve összehasonlitjuk néhány korábban ismert eredménnyel.

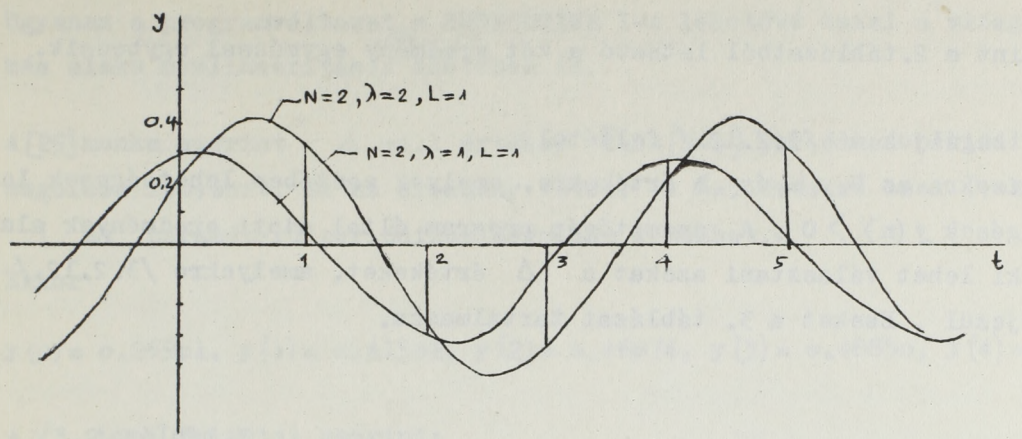
1., A javasolt módszerrel kapott eredmény pontos. Ez látható, ha összehasonlitjuk a [29] munkában differencia egyenlettel kiszámitott y(n) értékét /N=2 esetre/ és a jelen program által kapott y(n) értékeket. A [29] munka szerint N=2 értékre

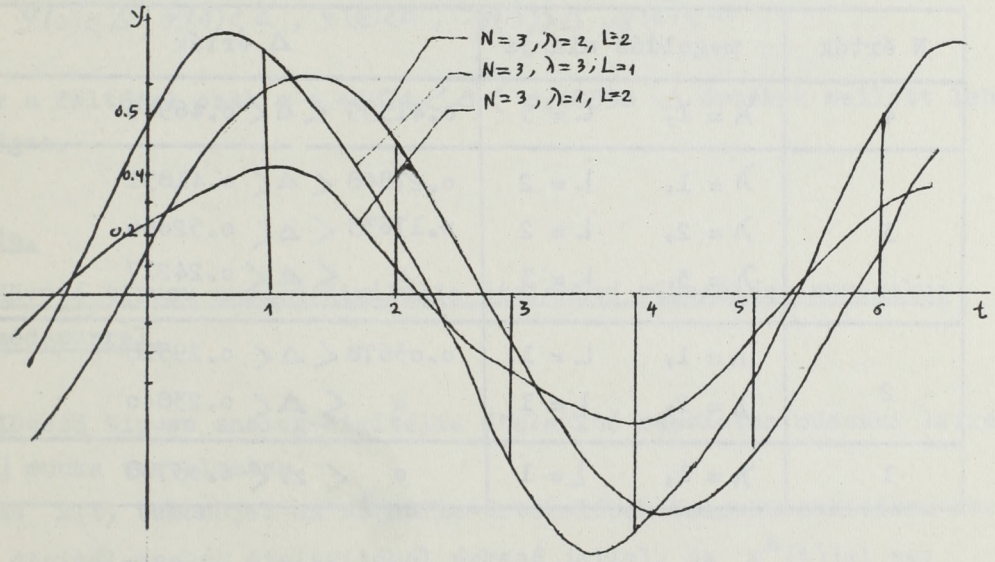
$$y(1) = o.238$$
$$y(2) = o.352$$

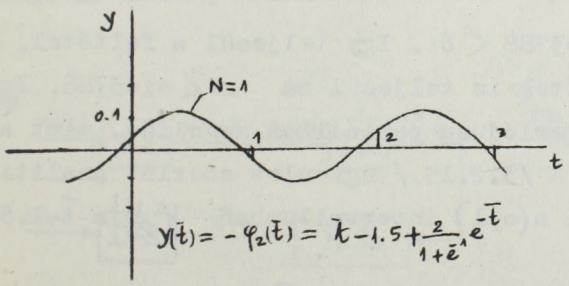
2. táblázat

ε	N=3 λ=1 L=2			N=3 λ=2 L=2			N=3 λ=3 L=1		
	y(0+ε)	y(1+ε)	y(2+ε)	y(0+ε)	y(1+ε)	y(2+ε)	y(0+ε)	y(1+ε)	y(2+ε)
0.0	0.27848	0.41851	0.10215	0.17633	0.69699	0.52066	0.59484	0.79914	0.24217
0.1	0.29956	0.42143	0.04485	0.25472	0.72099	0.46627	0.67614	0.76583	0.16671
0.2	0.31864	0.41455	-0.00700	0.32564	0.73319	0.40755	0.74019	0.72618	0.08891
0.3	0.33590	0.39881	-0.05392	0.38981	0.73471	0.34489	0.78863	0.68079	0.00900
0.4	0.35151	0.37305	-0.09637	0.44788	0.72657	0.27869	0.82294	0.63020	-0.07283
0.5	0.36564	0.34404	-0.13478	0.50042	0.70969	0.20926	0.84446	0.57491	-0.15638
0.6	0.37843	0.30647	-0.16953	0.54796	0.68489	0.13693	0.85443	0.51536	-0.24150
0.7	0.39000	0.26295	-0.20098	0.59098	0.65294	0.06197	0.85393	0.45196	-0.32803
0.8	0.40047	0.21405	-0.22944	0.62990	0.61452	-0.01538	0.84396	0.38508	-0.41585
0.9	0.40994	0.16030	-0.25518	0.66512	0.57024	-0.09489	0.82542	0.31505	-0.50482
1.0	0.41851	0.10214	-0.27848	0.69699	0.52065	-0.17634	0.79913	0.24217	-0.59485

ε	N=2 λ=1 L=1		N=2 λ=2 L=1		N=1,λ=1, L=1	N=4 λ=1 L=3			
	y(0+ε)	y(1+ε)	y(0+ε)	y(1+ε)	y(0+ε)	y(0+ε)	y(1+ε)	y(2+ε)	y(3+ε)
0.0	0.29518	0.05678	0.23840	0.35195	0.03788	0.27164	0.41599	0.46909	0.12076
0.1	0.30983	0.00379	0.30604	0.31362	0.07702	0.29337	0.42398	0.46720	0.06168
0.2	0.31357	-0.04415	0.35772	0.26942	0.10292	0.31303	0.43122	0.45597	0.00823
0.3	0.30744	-0.08753	0.39497	0.21991	0.11684	0.33082	0.43776	0.43629	-0.04013
0.4	0.29238	-0.12678	0.41916	0.16560	0.11992	0.34692	0.44396	0.40896	-0.08389
0.5	0.26924	-0.16230	0.43154	0.10694	0.11318	0.36149	0.44905	0.37472	-0.12349
0.6	0.23878	-0.19443	0.43321	0.04434	0.09758	0.37467	0.45389	0.33423	-0.15932
0.7	0.20170	-0.22351	0.42522	-0.02181	0.07394	0.38660	0.45828	0.28807	-0.19174
0.8	0.15864	-0.24982	0.40846	-0.09119	0.04302	0.39739	0.46225	0.23678	-0.22108
0.9	0.11016	-0.27363	0.38379	-0.16348	0.00554	0.40715	0.46584	0.18087	-0.24762
1.0	0.05677	-0.29517	0.35194	-0.23840	-0.03788	0.41599	0.46909	0.12075	-0.27164







$$y(\bar{t}) = -\varphi_2(\bar{t}) = \bar{t} - 1.5 + \frac{2}{1+e^{-1}} e^{-\bar{t}}$$

18 ábra

Mint a 2.táblázatból látható a két eredmény egymással egybeesik.

2., Vizsgáljuk a /3.2.12./ feltételt azokra az N, L és λ értékekre, amelyek esetében lehetségesek lengések $y(n) > 0$. A számitógép program által adott eredmények alapján ki lehet választani azokat a Δ értékeket, amelyekre /3.2.12./ teljesül . Ezeket a 3. táblázat tartalmazza.

3.táblázat

N érték	megoldás alakja	Δ érték
4	$\lambda = 1, \quad L = 3$	$0.41599 < \Delta < 0.46909$
3	$\lambda = 1, \quad L = 2$	$0.27848 < \Delta < 0.41851$
	$\lambda = 2, \quad L = 2$	$0.17633 < \Delta < 0.52066$
	$\lambda = 3, \quad L = 3$	$0 < \Delta < 0.24217$
2	$\lambda = 1, \quad L = 1$	$0.05678 < \Delta < 0.29518$
	$\lambda = 2, \quad L = 1$	$0 < \Delta < 0.23840$
1	$\lambda = 1, \quad L = 1$	$0 < \Delta < 0.03788$

3., N=1 esetben $\overline{\varphi}_2(0) = -0.03788 < 0$. Igy teljesül a feltétel. Mivel D=1 ezért a /3.2.20./ feltétel is teljesül ha $\Delta < 0.03788$. Igy a rendszerben létezik a $\bar{T}=2$ periódusu periódikus megoldás, mint a program által kapott megoldás. A /3.2.19./ egyenlet szerint analitikus alakban $y(\bar{t}) = -\varphi_2(\bar{t})$, ahol $a(0,1)$ intervallumban $\varphi_2(\bar{t}) = \bar{t} - 1.5 + \frac{2}{1+e^{-1}} e^{-\bar{t}}$

4., A kidolgozott számitógép programmal minden $\bar{T}=2N$ periódusu lengés egyszerüen vizsgálható. A [7,25] és [29] munkákban javasolt módszerek minden N és Δ értékre szükségessé teszik a megoldás konkrét alakjának vizsgálatát, igy ezek a módszerek igen bonyolultak. /Ezenkivül a [7] munka csak közelitő amplitudó és fázistolás értékeket ad./

5., Ugyanaz a programváltozat a SUBROUTINE I-t lehetővé teszi a vizsgálatot más alaku nemlinearitások esetében is.

6., A [25] munka szerint Δ =o.1 értékre $\overline{T}$=1o (N=5) periódusu periódikus megoldás létezhet. Ez az eredmény téves. A N=5 értékre csak λ=1, L =4 paraméterü periódikus megoldás létezhet.

Ekkor

$y(o) = o.269o1$, $y(1) = o.415o2$, $y(2) = o.46874$, $y(3) = o.4885o$, $y(4) = o.1279o$

A /3.2.2o/ feltétel szerint:

$$y(o) < \Delta \; , \; y(1) < \Delta \; , \; y(2) < \Delta \; , \; y(3) > \Delta \; , \; y(4) < \Delta$$

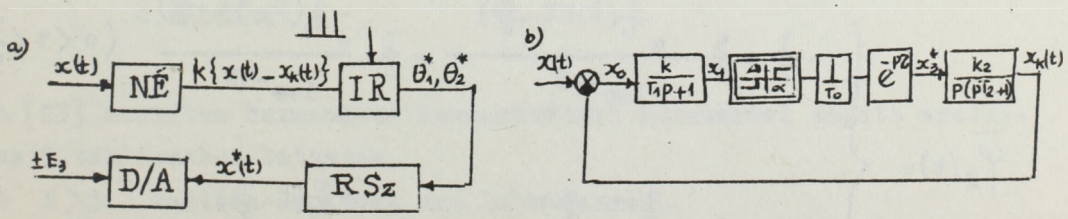
Ez a feltétel csak a $o.46874 < \Delta < o.4885o$ Δ értékek mellett lehetséges.

2. Példa.

Követő tipusu analog-digitális átalakitó vizsgálása numerikus módszerrel.

Követő tipusu analog-digitális átalakitó részletes müszaki leirását a [23] munka tartalmazza.

Az x(t) bemenőjel az NÉ nulla-értékelőben összehasonlitásra kerül a D/A digitál-analóg átalakitóból érkező jellel. Az $x^*(t)$jel egy



19 ábra

reverzibilis számláló kimenő jele. /19.ábra/.

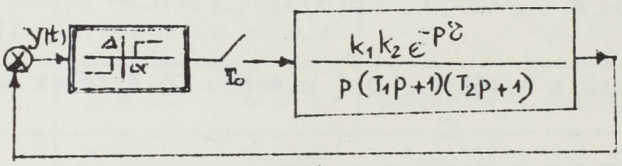
Az IR irányitó rész kimenő jelei θ_1^* és θ_2^* ; 0 vagy 1 értéküek az $x(t) - x_k(t)$ különbség értékétől és előjelétől függően az ütemimpulzusok

időpontjaiban. Ha $\theta_1^* = 1$ akkor a számláló legkisebb helyértékéhez hozzáadunk, ha $\theta_2^* = 1$, kivonunk egyet. A reverzibilis számláló tartalma mindaddig változik, ameddig

$$| x(t) - x_k(t) | < \alpha\Delta$$

Az átalakitó lengési jelenségei a 19 b. blokkvázlat alapján vizsgálhatók.

A numerikus vizsgálatokhoz a rendszert a 2o.ábrán látható egyenértékü alakba alakitjuk át.



2o ábra

A rendszert a következő megadott paraméterekkel vizsgáljuk

$$T_1 = \frac{T_o}{2}, \quad T_2 = \frac{T_o}{5}, \quad k_1 k_2 = 1, \quad \tau = \frac{T_o}{5}$$

Ezek az adatok a [23] munkában vizsgált rendszer paraméterei.

Ekkor $T = 2NT_o$

$$\overline{\varphi}_2(t) = \begin{cases} -\frac{1}{2} + \frac{5}{3}\,\frac{e^{-\frac{2}{T_o}\left(t+NT_o-\frac{T_o}{5}\right)}}{1+e^{-2N}} - \frac{2}{3}\,\frac{e^{-\frac{5}{T_o}\left(t+NT_o-\frac{T_o}{5}\right)}}{1+e^{-5N}} & \left(o < t < \frac{T_o}{5}\right) \\ \frac{1}{2} - \frac{5}{3}\,\frac{e^{-\frac{2}{T_o}\left(t-\frac{T_o}{5}\right)}}{1+e^{-2N}} + \frac{2}{3}\,\frac{e^{-\frac{5}{T_o}\left(t-\frac{T_o}{5}\right)}}{1+e^{-5N}} & \left(\frac{T_o}{5} < t < NT_o\right) \end{cases}$$

Vezessük be a $\bar{t} = \frac{t}{T_o}$ viszonylagos időt. Ekkor

$$\bar{\varphi}_2(\bar{t}) = \begin{cases} -\frac{1}{2} + \frac{5}{3}\frac{e^{-2(\bar{t}-0.2+N)}}{1+e^{-2N}} - \frac{2}{3}\frac{e^{-5(\bar{t}-0.2+N)}}{1+e^{-5N}} & (0 < \bar{t} < 0.2) \\ \frac{1}{2} - \frac{5}{3}\frac{e^{-2(\bar{t}-0.2)}}{1+e^{-2N}} + \frac{2}{3}\frac{e^{-5(\bar{t}-0.2)}}{1+e^{-5N}} & (0.2 < \bar{t} < N) \end{cases}$$

A vizsgálatokhoz az 1-példánál felhasznált programot alkalmaztuk.
A feltétel szerint $N>3$ esetben $T=2NT_o$ periódusu lengések nem létezhetnek.

Az $N=1$, $N=2$, $N=3$ esetekre azok az α értékek, amelyeknél lengések létezhetnek a 4. táblázaton láthatók.

N	megoldás alakja	α
1	$\lambda=1, L=1$	$0<\alpha<0.21575$
2	$\lambda=1, L=2$	$0.18177<\alpha<0.45536$
	$\lambda=2, L=1$	$0<\alpha<0.27359$
3	$\lambda=1, L=3$	$0.45466<\alpha<0.49385$

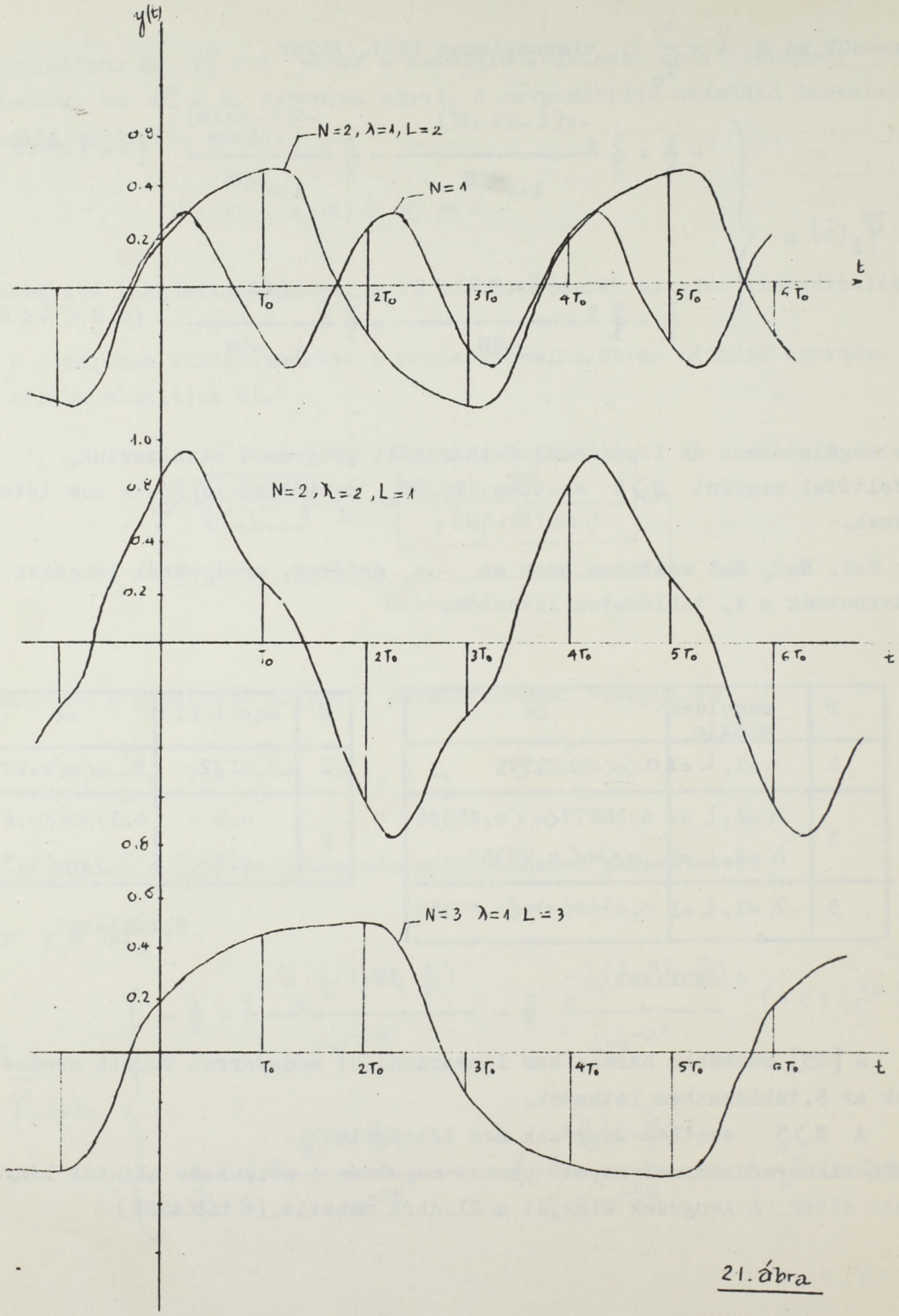
4.táblázat

N	amplitudó	α
1	0.22	$0<\alpha<0.22$
2	0.5	$0.17<\alpha<0.47$
	0.7	$0<\alpha<0.3$

5.táblázat

A [23] munkában harmonikus linearizálási módszerrel kapott eredmények az 5.táblázatban láthatók.

A $N>3$ esetben lengések nem létezhetnek.
A numerikus módszerrel kapott pontos megoldás a szinuszos alaktól lényegesen eltér. A lengések alakját a 21.ábra mutatja.(6 táblázat).


y(t)
N=2, λ=1, L=2
N=1
0.8
0.4
0.2
T₀
2T₀
3T₀
4T₀
5T₀
6T₀
t
1.0
0.8
0.4
0.2
N=2, λ=2, L=1
T₀
2T₀
3T₀
4T₀
5T₀
6T₀
t
0.8
0.6
0.4
0.2
N=3 λ=1 L=3
T₀
2T₀
3T₀
4T₀
5T₀
6T₀
t

21. ábra

6.táblázat

y / ε	N=2, λ=1, L=2		N=2, λ=2, L=2		N=1, λ=1, L=1
	y(o +ε)	y(1 +ε)	y(o +ε)	y(1 +ε)	y(o +ε)
o.o	o.18177	o.45536	o.63713	o.27359	o.21575
o.1	o.23686	o.46344	o.7oo3o	o.22657	o.2647o
o.2	o.28299	o.47oo5	o.754o3	o.187o6	o.3o579
o.3	o.32137	o.43567	o.757o5	o.1143o	o.3oo25
o.4	o.35318	o.35186	o.7o5o4	-o.oo131	o.24o42
o.5	o.37944	o.24949	o.62893	-o.12995	o.15789
o.6	o.4o1o8	o.14519	o.54627	-o.25589	o.o6999
o.7	o.41888	o.o4738	o.46627	-o.3715o	-o.o1431
o.8	o.43351	-o.o4o23	o.39328	-o.47374	-o.o9o82
o.9	o.44551	-o.11653	o.32899	-o.562o4	-o.15799
1.o	o.45536	-o.18177	o.27359	-o.63713	-o.21575

y / ε	N=3, λ=1, L=3		
	y(o+ε)	y(1+ε)	y(2+ε)
o.o	o.17655	o.45466	o.49385
o.1	o.23259	o.46286	o.49497
o.2	o.27949	o.46958	o.49588
o.3	o.31851	o.475o9	o.45682
o.4	o.35o83	o.4796o	o.36918
o.5	o.37752	o.4833o	o.26367
o.6	o.39951	o.48632	o.15681
o.7	o.4176o	o.4888o	o.o5689
o.8	o.43245	o.49o83	-o.o3244
o.9	o.44465	o.49249	-o.11o15
1.o	o.45466	o.49385	-o.17655

A szerző ezuton mond köszönetet Dr.Frey Tamás professzornak és dr.Somló János tudományos főmunkatársnak e cikk megirásához nyujtott segitségért, valamint dr.Somló Jánosnak külön köszöni értékes észrevételeit és hasznos tanácsait.

Függelék

A SzFR átviteli függvényét $W(p)$-vel és az ennek megfelelő mintavételező tag átviteli függvényét $W^{*}(p,\varepsilon)$ -vel jelöljük.
Az általánosság megszoritása nélkül tételezzük fel, hogy a mintavételező idő egységnyi $T_0=1$.

Mint ismeretes a két átviteli függvény közötti kapcsolat a következő összefüggés jellemzi [32,33]

$$W^{*}(p,\varepsilon) = \sum_{r=-\infty}^{\infty} e^{j(p+j2r\pi)\varepsilon} \; W(p+2j\pi r)$$

ahol ε pozitiv valós szám $o < \varepsilon \leqslant 1$.
Ha behelyettesitjük a $p=j(2k+1)\frac{\pi}{N}$ értéket a fenti összefüggésbe, akkor

$$W^{*}\left[j(2k+1)\frac{\pi}{N}\,,\varepsilon\right] = \sum_{r=-\infty}^{\infty} e^{(2k+1+2rN)j\frac{\pi}{N}} \; W\left[j(2k+1+2rN)\frac{\pi}{N}\right]$$

Ez felirható a következő alakban

$$W^{*}\left[j(2k+1)\frac{\pi}{N}\,,\varepsilon\right] = \sum_{g=-\infty}^{\infty}\left\{W\left[j(2g+1)\frac{\pi}{N}\right]e^{(2g+1)j\frac{\pi}{N}\varepsilon} \; \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} e^{j\frac{2\pi}{N}(g-k)n}\right\}$$

mivel

$$\frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} e^{j\frac{2\pi}{N}(g-k)n} = \begin{cases} o & \text{ha} \quad g \neq k+rN \\ 1 & \text{ha} \quad g=k+rN \end{cases}$$

az összefüggés sorrendjének felcserélésével

$$W^{*}\left[j(2k+1)\frac{\pi}{N}\,,\varepsilon\right] = \sum_{n=0}^{N-1}\left\{\frac{1}{N}\sum_{g=-\infty}^{\infty} W\left[j(2g+1)\frac{\pi}{N}\right] e^{j(2k+1)\frac{\pi}{N}(n+\varepsilon)}\right\} e^{-j\frac{\pi}{N}(2k+1)n}$$

vagyis

$$W^{*}\left[j(2k+1)\frac{\pi}{N},\varepsilon\right] = \sum_{n=0}^{N-1} \varphi_2(n+\varepsilon)\, e^{-j\frac{\pi}{N}(2k+1)n}$$

A fenti összefüggés alapján

$$\varphi_2(n+\varepsilon) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} W^{*}\left[j(2k+1)\frac{\pi}{N},\varepsilon\right] e^{j(2k+1)\frac{\pi}{N}n} \qquad (F)$$

figyelembe véve, hogy

$$\frac{1}{N} \sum_{g=0}^{N-1} e^{j\frac{\pi}{N}(2g+1)n} = e^{j\frac{\pi}{N}n}\, \frac{1}{N} \sum_{g=0}^{N-1} e^{j\frac{2\pi}{N}gn} = \begin{cases} 0 \text{ ha } n \neq 0 \\ n \quad N \\ 1 \text{ ha } n=0 \end{cases}$$

az (F) kifejezés nem más mint $\varphi_2(t)$ rácsos függvénye.
Különleges esetben N=1 és n=0 értékre kapjuk.

$$\varphi_2(\varepsilon) = W^{*}[j\pi,\varepsilon]$$

$\varepsilon \to +0$ esetén $\varphi_2(0) = W^{*}[j\pi]$

Irodalom

[1] Габер Е.Д., Розенвассер Е.Н.: Об исследовании периодических режимов нелинейных систем на основе гипотезы фильтра. Автоматика и Телемеханика, 1965. №2.

[2] Габер Е.Д., Шифрин М.Ш.: Нелинейные задачи автоматического регулирования судовых энергетических установок. Судостроение, Ленинград 1967

[3] Розенвассер Е.Н.: Колебания нелинейных систем. Наука, 1969.

[4] H.E.Kalman: Phase-place analysis of Nonlinear Sample data servomechanisms. M.S.Thesis,Mass.Inst.Tech.,Cambridge. Mass; June.1954.

[5] K.Izawa,L.E.Weaver: Relay-type feedback control systems with dead time and sampling. Trans. AIEE.Vol 78, pt II. May 1959.

[6] F.J.Mulin, E.I.Jury: A phase-plane approach to relay sampled data feedback systems. Trans AIEE /applications and Industry/ no.4o, pp 517-523, January,1959.

[7] C.K.Chow: Contactor servomechanisms Employing Sampled-data. Trans.AIEE, pt II. March 1954, pp 51-64.

[8] C.A. Russel, discussion following reference [7]

[9] Казаков В.П.: Исследование динамики релейно-импульсных систем автоматического регулирования. Автоматика и телемеханика, 1957. №1.

[10] Пышкин И.В.: Автоколебания в системах с щиротно-импульсной модуляцией. в. кн. Теория и применение дискретных автоматических систем. Издателство АН СССР, 1960.

[11] Симкин М.М.: Метод гармонического баланса в нелинейных импульсных системах. Автоматика и Телемеханика №II, I96I. ТОМ XXII.

[12] Симкин М.М.: Распространение матода Гольдфарба на нелинейные импульсные и цифровые системы. Госэнергоиздат, сб. метод Гольдфарба в теории регулирования, I962.

[13] Цыпкин Я.З.: Периодические режим в нелинейных импульсных системах. Конференция по теории и расчёту нелинейных электрических целей. Ташкент, I960.

[14] Цыпкин Я.З.: Метод Гольдфарба и его применение для анализа периодических режимов и НИАС. в кн. Метод Гольдфарба и теории регулирования Госэнергоиздат I962.

[15] Симкин М.М.: Сложные установившиеся движение в нелинейных импульсных системах. Докл. АН СССР, TI49, №3, I963.

[16] B.C.Kuo: Design of Relay-Type Sampled-Data Control Systems by use of dicrete describing function. RIE Convention Records, pt IV.1962.

[17] A.Lepsehy, A.Ruberti: The describing function for the study of sampled-data control systems with a piece-wise non linearity. Acta Frequenza, V.32.No.5,1963.

[18] Косякин А.А.: К вопросы об определении параметров автоколебаний в цифровых системах автоматического регулирования. Энергетика и Автоматика, I96I. №3.

[19] Коршумов Ю.М. Анализ периодических режимов, вызванных квантованием сигнала по уровню в цифровых автоматических системах. Автоматика и телемеханика I962. №5.

[20] Коршумов Ю.М.: О построении эквивалентного комплексного коэффициента усиления нелинейного элемента. Автоматика и телемеханика I962, №5.

[21] Коршумов Ю.М.: Периодические режимы в импульсных системах с насыщением и заной чувствительности. Техническая кибернетика 1964. №4.

[22] Лондер М.И.:Об определении периодических режимов в цифровых автоматических системах. Техническая кибернетика 1964, №4.

[23] Сабаев Г.Н.: Исследование аналого-цифрового преобразователя следящего типа методом гармонического баланса. Автоматика и телемеханика, 1971, №2.

[24] Вавилов А.А.: Частотные методы расчета нелинейных систем. Энергия, 1970.

[25] M.V.C.Rao,P.Venkata Rao: Lymit cycles in relay-type third oder sampled-data. Int. J.Control 1971,Vol 13, No.4.

[26] H.C.Torng and W.E.Meserve: Determination of periodic modes in relay Servomechanisms Employing sampled-data. I.R.E. Trans. on Automatic Control AC-5, No.4. 196o.

[27] A.R.Bergen: discussion following reference [26]

[28] M.A.Pai: Oscillations in Nonlinear Sampled-data systems. Trans. AIEE. V.81. pt II.1962.

[29] Hc.Torng: Complete and exact Identification of self-sustained oscillations in Relay sampled-Data systems. AIEEE Trans. Vol 81, pt II.January 1963.

[30] Денисов Р.Н.: Анализ периодических режимов в релейно-импульсной системе методом модифицированного Z-преобразования. Автоматика и телемеханика 1970, №1.

[31] Денисов Р.Н.: Анализ периодических режимов в импульсных системах с квантованием сигнала по уровню методами Z-преобразования. Автоматика и телемеханика 1970, №1.

[32] Цыпкин Я.З.: Теория линейных импульсных систем. Физматгиз, 1958.

[33] Csáki Frigyes: Szabályozások dinamikája, Budapest, 1966.

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET

KÖZLEMÉNYEK

1972

8

ALFANUMERIKUS MEGJELENITŐ

ALKALMAZÁSAI

Irta: Lovász Imre tudományos munkatárs

Közremüködött: Ferenczy Jenő tudományos munkatárs
Forgács Tamás tudományos munkatárs

Osztályvezető: Dr. Hatvany József
A müszaki tudományok kandidátusa

A kiadásért felelős:

Dr. Vámos Tibor

az MTA Automatizálási Kutató Intézet

igazgatója

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

Készült az Országos Müszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ házi
sokszorositójában
F.v.:Janoch Gyula

B E V E Z E T É S

A tanulmány tárgyalja az alfanumerikus megjelenitők - irodalomban ismertetett - polgári felhasználásait, ezekben mutatkozó irányzatokat, valamint a felmerülő müszaki szervezési, gazdasági és ergonómiai kérdéseket.

Az Automatizálási Kutató Intézetben kifejlesztett alfanumerikus display hardware rendszerét az "Alfanumerikus megjelenitő készülék részletes rendszervázlata" cimü tanulmány, alapsoftware-rendszerét pedig az "ORION DATAVISOR III. CII 10010 alapsoftware" /1970. X./ cimü tanulmány ismerteti.

TARTALOMJEGYZÉK

	Oldal
Bevezetés	3
Tartalomjegyzék	4
1. Az alfanumerikus display rendszerekről általában	5
1.1. A display, mint az ember-gép kapcsolat eszköze	5
1.2. Display - rendszerek alapkonfigurációi	8
1.3. Alfanumerikus display rendszerek software igénye	20
2. Alfanumerikus display alkalmazási területek és azok felosztása	28
2.1. Müszaki tudományos és tervező rendszerek	28
2.2. Információs rendszerek	29
2.3. Kijelző rendszerek	32
2.4. Hirközlő és hirösszeköttető rendszerek	32
3. Főbb megvalósitott alkalmazások	33
3.1. Müszaki tervezés /CAD/	33
3.2. Management rendszerek	44
3.3. Helyfoglaló rendszerek	50
3.4. Kórházi rendszerek	55
3.5. Számitógépes oktatás /CAI/	65
3.6. Programozástechnika	69
4. Hazai lehetőségek, valamint az alfanumerikus display rendszerekkel kapcsolatos egyéb kérdések	76
4.1. Az alfanumerikus display hazai felhasználási lehetőségeiről	76
4.2. Szervezéstechnikai kérdések	78
4.3. Gazdasági kihatások	83
4.4. Ember-gép rendszer illesztés	83
I r o d a l o m	87

1. fejezet
Alfanumerikus display-rendszerekről általában

1.1. A display, mint az ember-gép kapcsolat eszköze

Az ember és a számitógép közötti információcsere a különböző input-output perifériákon keresztül valósul meg, amely az operátor felé a számitógép-rendszer utolsó eleme, ezért megszabja az ember-gép kapcsolat hatékonyságának mértékét.

Az ideális I/O /input-output/ perifériától megkivánjuk, hogy

- közvetlenül használható legyen az ember által megszokott kifejezési formák valamelyikén /beszéd, irás vagy rajz/,
- legyen gyors,
- biztositsa a megjelenitett információ gyors és könnyü ellenőrzését,
- az információtartalom manipulálhatóságát /szövegtörlés, módositás, átrendezés/,
- feleljen meg az irodai igényeknek,

E kivánalmaknak leginkább a katódsugárcsöves megjelnitő berendezés /az angol nyelvü szakirodalomban használt szóval: display/ tesz eleget. Az alfanumerikus display gyors elterjedését több tényező együttes hatása idézte elő.

Az egyik, hogy a display kiválóan alkalmas a közvetlen ember-számitógép kapcsolat kialakitására és fenntartására.

A másik tényező a nagyteljesitményü számitógépek - valamint a time-sharing üzemmód - elterjedése, amely lehetővé tette több I/O periféria egyidejü használatát.

A harmadik, de nem jelentéktelenebb - az adatátviteli hálózatok kialakulása, amelyen keresztül távoli perifériák kapcsolatot tarthatnak fenn a számitógéppel.

1.1.1. Alfanumerikus display üzemmódjai

Az alfanumerikus display; betük, számok vagy egyéb speciális jelek vizuális megjelenitésére alkalmas I/O periféria. Az Automatizálási Kutató Intézet által kifejlesztett 1024 karakteres alfanumerikus display hardware leirását egy korábbi /112/ intézeti tanulmány tartalmazza.
A készülék használhatósága jól áttekinthető a különböző üzemmódokon keresztül.

Autonóm üzemmód

Autonóm üzemmódban a display nincsen közvetlen kapcsolatban a számitógéppel, hanem csakis a saját memóriájában tárolt információs anyagot jeleniti meg a képernyőn, amelynek tartalma a billentyüzetről változtatható.

Ezt az üzemmódot használják a számitógépbe irandó információk előkészitésére, módositására, ellenőrzésére, valamint megfelelő perifériákkal összekötve, lyukszalag, vagy mágnesszalag készitésére.

Egyirányu információforgalom - passziv üzemmód

Az információforgalom ebben az üzemmódban, a számitógéptől a display felé áramlik. Ez azt jelenti, hogy a számitógép memóriájában tárolt információ a display - képernyőn megjelenik. Passziv üzemmódra épülnek az u.n. kijelző rendszerek, ahol az operátornak nem áll módjában a megjelenitett információn változtatni. Ilyen rendszereknél legtöbb esetben a tasztatura hiányzik, helyette egy-két nyomógomb áll a kezelőszemély rendelkezésére a display aktivizálására és a kivánt információs anyag kiválasztására.

A passziv üzemmódban dolgozó display rendszer nagy jelentőségre tehet szert erősen zajos környezetben dolgozók irányitásában, tájékoztatásában. Ilyen jellegü felhasználási lehetőség adódik például az acélhengermüvekben, ahol a hegersort irányitó kezelő személy számára - zajos környezetben - a diszpécserközponttól vagy a laboratóriumból utasitás adható alfanumerikus display segitségével.
Napjainkban már különleges szerepet játszik az alfanumerikus display passziv változata, mint a grafikus jelzés kiegészitője. A megjelenő képi információt a kezelő - a számitógép memóriájából - kiegészitheti számszerü adatokkal, vagy szöveggel.

Reaktorok, bonyolult kémiai, fizikai és gyártási folyamatok irányitásához gyakran használnak nagyteljesitményü számitógépet. Az összefüggések képi ábrázolása mellett lényeges lehet - a kivánt részekre vonatkozó - számszerü vagy szöveges adatok kijelzése is. A kezelő a grafikus ábrán megjelöli azt a szükebb környezetet, amelyről pontos adatokat kér. A megfelelő objektum kiválasztásán tul más módon nem avatkozhat be az adatcserébe. A kezelőnek a folyamatba való avatkozását - a kijelzett információk alapján - a kijelző rendszertől független eszközök teszik lehetővé.

Kétirányu információcsere - aktiv üzemmód

A képernyőn kijelzett adatok hivásán, illetve visszaküldésén kivül - aktiv üzemmódban - a kezelőnek arra is módja nyilik, hogy a képernyő információtartalmát - a billentyüzet, vagy fényceruza segitségével - megváltoztassa, s ezt a megváltoztatott képernyőtartalmat juttassa vissza a számitógépbe.
Tehát az információforgalom részint
- a display-számitógép, részint
- számitógép-display irányban áramlik.

Az aktiv és a passziv üzemmód között nehéz éles vá-

lasztóvonalat huzni. Határterületet képeznek az u.n. lekérdező rendszerek. Ezek lényege, hogy az egymástól nagyobb távolságra telepitett, különböző munkaterületeket kiszolgáló berendezések egyetlen közös adatbankból meritik az információt.

A lekérdező rendszer jól használható személyi, vagy leltári nyilvántartások gyors kezelésére /pl. könyvtárszolgálat/.
A lekérdező rendszer müködhet interaktiv üzemmódban, ha a kijelzett anyag alapján olyan döntés vagy intézkedés lehetséges, amelynek eredménye azonnal visszajelezhető a számitógépközpontban tárolt adatbanknak.

Biztositó, társaságok, pénzintézetek számitógéppel koordinált adminisztrációja már nem csupán az adatbank anyagának módositására használja az alfanumerikus display-t, hanem a visszajelzett adatok alapján számitások, bonyolultabb nyilvántartási munkák elvégzésére is. Az ilyen rendszerekhez azonban nagyteljesitményü számitógép kell, amely nélkül e rendszerek gazdaságosan nem valósithatók meg.

1.2. Display-rendszerek alapkonfigurációi

A display-rendszer hardware konfigurációját alapvetően két tényező határozza meg:

- a felhasználás helyén alkalmazott display-k száma,
- a display-készülékeket a számitóközponthoz közel, vagy tőle távol kell-e üzemeltetni.

Az első tényező szerint megkülönböztetünk

- egyedülálló display-t,
- közös vezérlőegységgel ellátott, csoportos display-t.

1.2.1. Egyedülálló display

Az egyedülálló display /1. ábra/ tartalmazza mindazokat az elemeket, amelyek szükségesek ahhoz, hogy önálló perifériaként csatolható legyen a számitógéphez . Az egyedülálló display alkalmazása ott előnyös, ahol egy munkahelyen belül egy, vagy csak néhány display alkalmazása szükséges. Az európai alfanumerikus display-gyártó cégek legtöbbje ezt a tipust fejlesztette ki /ORION, SE, Philips, stb./

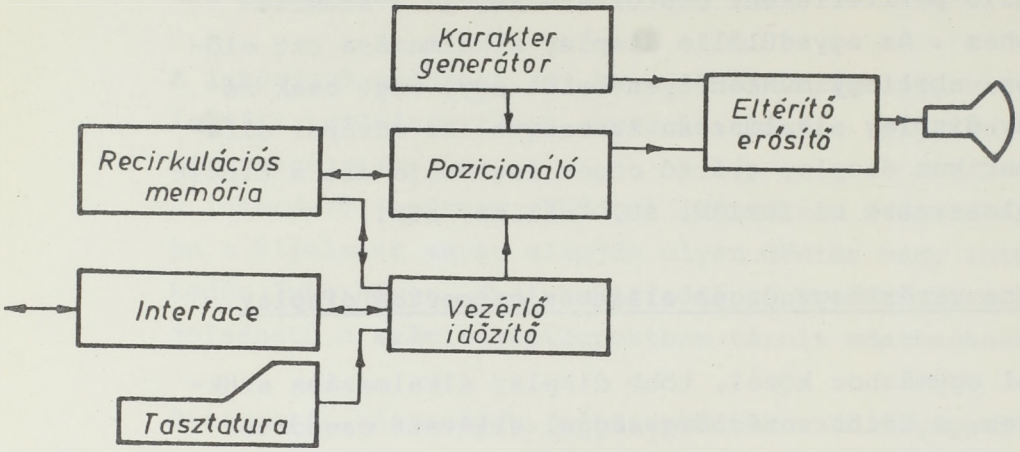
1.2.2. Közös vezérlőegységgel ellátott csoportos display

Ahol egymáshoz közel, több display alkalmazása szükséges, a közös vezérlőegységgel ellátott csoportos display használata gazdaságosabb. /2. ábra/ Ez esetben a karaktergenerálást, a recirkulálást és a vezérlést egy közös egységben helyezik el, s a megjelenitő egységben csak a katódsugárcső és az eltéritő-erősitő van. A megjelenitőhöz tartozó tasztatura a közös vezérlőegységhez csatlakozik. A közös vezérlőegységben lévő koncentrátor feladata, hogy a számitógéppel folytatott I/O forgalomban az egyes megjelenitő egységeket kiszolgálja.
Az Egyesült Államokban lévő display-gyártó cégek többsége közös vezérlőegységgel ellátott displayket fejlesztett ki /I.B.M., Bunker-Ramo, Philco, stb/. Ennek magyarázata; a szélesebb körben elterjedt számitógép kultura, amely az alfanumerikus display-k tömeges és csoportos használatát vonja maga után.

A display-rendszer alaptipusai:

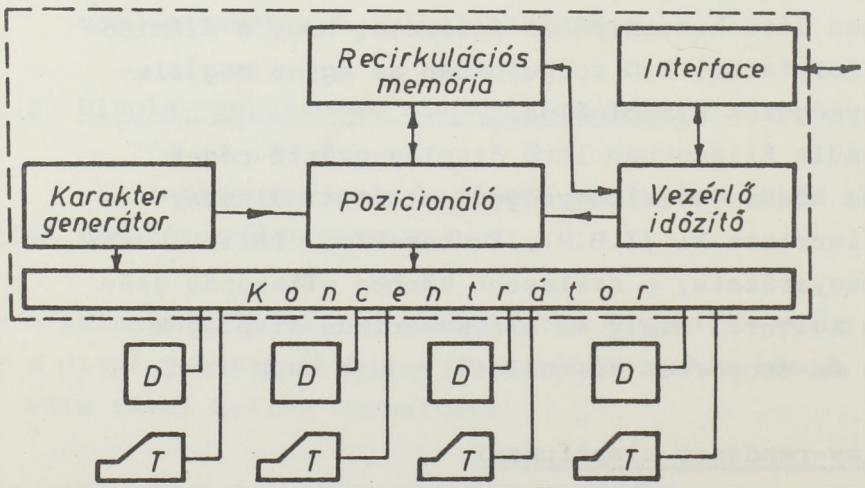
A display-rendszerek a display-számitógép közötti távolság szerint is csoportosithatók.

Egyedülálló display blokkvázlata



1. ábra

Közös vezérlésü csoportos display blokkvázlata



2. ábra

Eszerint megkülönböztetünk:

- helyi display-rendszert,
- távoli display-rendszert,
- távolsági információs hálózatot.

1.2.3. Helyi display-rendszer

Helyi az a display-rendszer, amelynél a display készülék /vagy készülékek/ a számitógép közelében van és- interface-en keresztül - közvetlenül kapcsolódik a központi egységhez. E távolság általában 2-300 méter, de egyes tipusoknál /pl. SE/ 1200 méterig is terjedhet.

A display - helyi rendszerben - kétféleképpen csatlakozhat a számitógéphez:

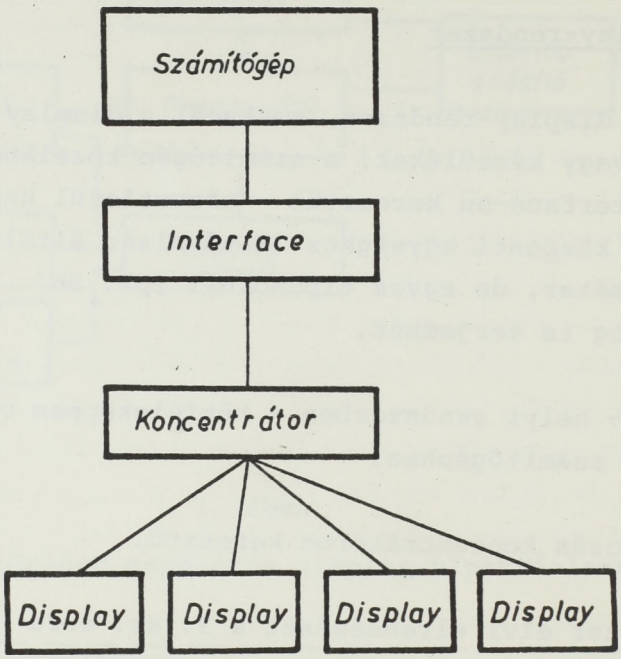
a/ Csatlakozás koncentrátoron keresztül.

A rendszer elvi elrendezését a 3. sz. ábra mutatja. Ez esetben minden egyes perifériának van egy külső és egy belső /koncentrátorbeli/ száma. Az ilyen rendszerek müködéséhez egy szervezőprogram szükséges /executiv, supervisor/, amely a perifériák megszakitáskérését kezeli, a prioritásvizsgálatot elvégzi és vezérli az I/O forgalmat. Igy müködnek pl. a közös vezérlésü csoportos display készülékek.

b/ Csatornák mentén elhelyezett perifériák.

A perifériák - ez esetben - egy-egy I/O csatorna mentén helyezkednek el, ahol a csatornáknak meghatározott prioritásuk van egymással szemben.
A perifériáknak saját cimük van, amelynek segitségével történik az éppen bejelentkezett periféria kiválasztása
Blokkvázlatát a 4. sz. bára mutatja.

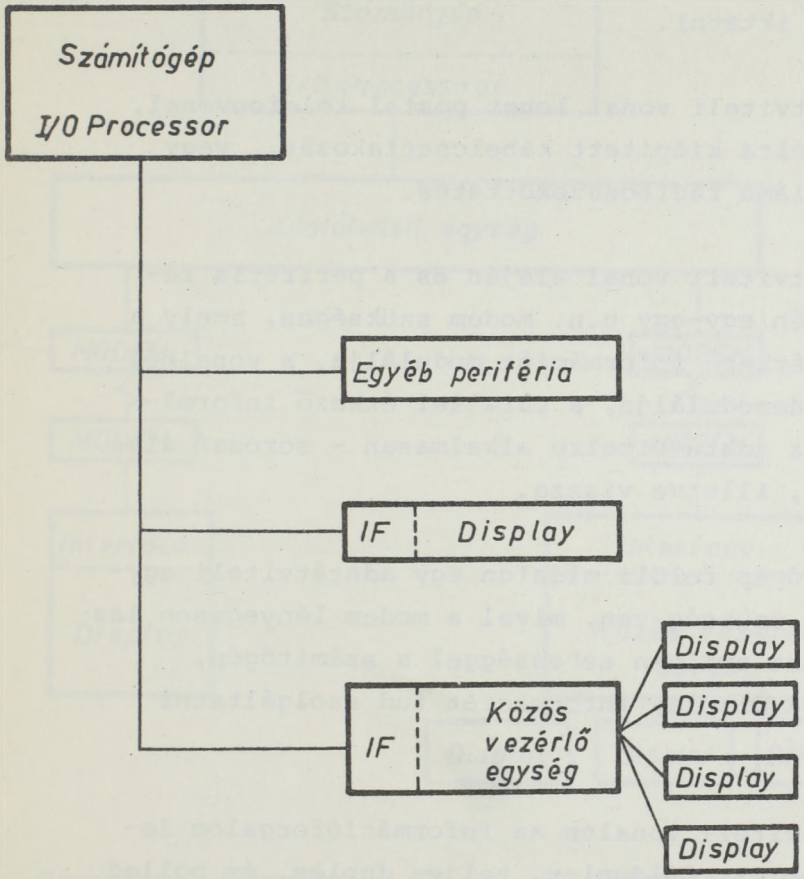
Helyi üzemű display



3. ábra

Csatorna mentén elhelyezkedő display

állomások



IF=Interface

4. ábra

1.2.4. Távoli display-rendszer

Ha a számitógéptől távoli helyen kell display állomást üzembe helyezni, akkor a kettő közé adatátviteli berendezést és adatátviteli vonalat kell iktatni.

Az adatátviteli vonal lehet postai telefonvonal, vagy e célra kiépitett kábelcsatlakozás, vagy mikrohullámu rádióösszeköttetés.

Az adatátviteli vonal elején és a periféria felöli végén egy-egy u.n. modem szükséges, amely a vonalra érkező információt modulálja, a vonalból kilépőt demodulálja, a parallel érkező információt - az adatátvitelre alkalmasan - sorossá alakitja át, illetve vissza.

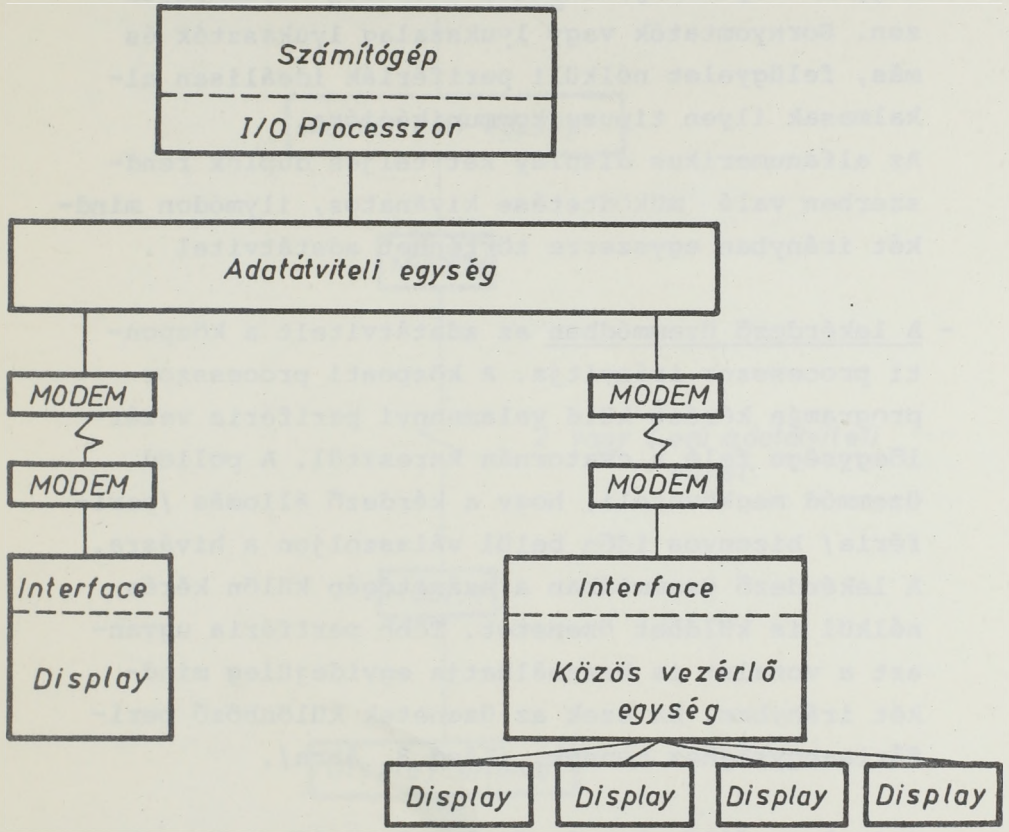
A számitógép felöli oldalon egy adatátviteli egységre is szükség van, mivel a modem lényegesen lassubb, mint amilyen sebességgel a számitógép, illetve a display információt tud szolgáltatni /5. ábra/.

Az adatáviteli vonalon az információforgalom lehet szimplex, félduplex, teljes duplex, és polled üzemü.

- Szimplex üzemben az információforgalom csak egyirányu, a kapcsolat kezdeményezését a periféria végzi.

- Félduplex üzem: megkivánja, hogy minden üzenetkezdeményezés a perifériától induljon ki. A központi egység csak a periféria kezdeményezésére tud üzenetet átvinni. Félduplex üzemmódban mindegyik periféria közvetlenül csatlakozik egy-egy csatornához. Mégis az egyidejü adatátvitel mind-

Távoli display-állomány



5. ábra

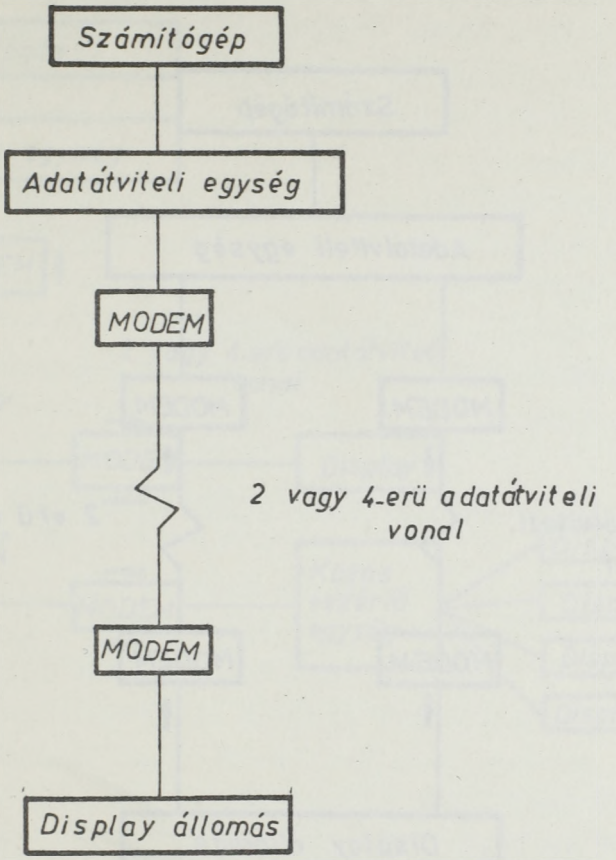
két irányban nem lehetséges. A félduplex kapcsolását a 6. ábra mutatja.

- A teljes duplex rendszernél /7. ábra/ lehetséges, hogy a központi processzor üzenetet kezdeményezzen. Sornyomtatók vagy lyukszalag lyukasztók és más, felügyelet nélküli perifériák ideálisan alkalmasak ilyen tipusu kommunikációra.
  Az alfanumerikus display két teljes duplex rendszerben való működtetése kivánatos, ilymódon mindkét irányban egyszerre történhet adatátvitel .

- A lekérdező üzemmódban az adatátvitelt a központi processzor irányitja. A központi processzor programja kérést küld valamennyi periféria vezérlőegysége felé a csatornán keresztül. A polled üzemmód megköveteli, hogy a kérdező állomás /periféria/ bizonyos időn belül válaszoljon a hivásra. A lekérdező üzemmódban a számitógép külön kérés nélkül is küldhet üzenetet. Több periféria ugyanazt a vonalat is használhatja egyidejüleg mindkét irányban, ha ezek az üzenetek különböző periféria-egységhez mennek. /Lásd 8. ábra/.

Szimplex, félduplex és duplex üzemmódban a perifériák egy-egy csatornán keresztül csatlakoznak a számitógéphez, mig polled üzemben a perifériák csatorna mentén helyezkednek el.

Távoli display állomás félduplex üzem-
módban

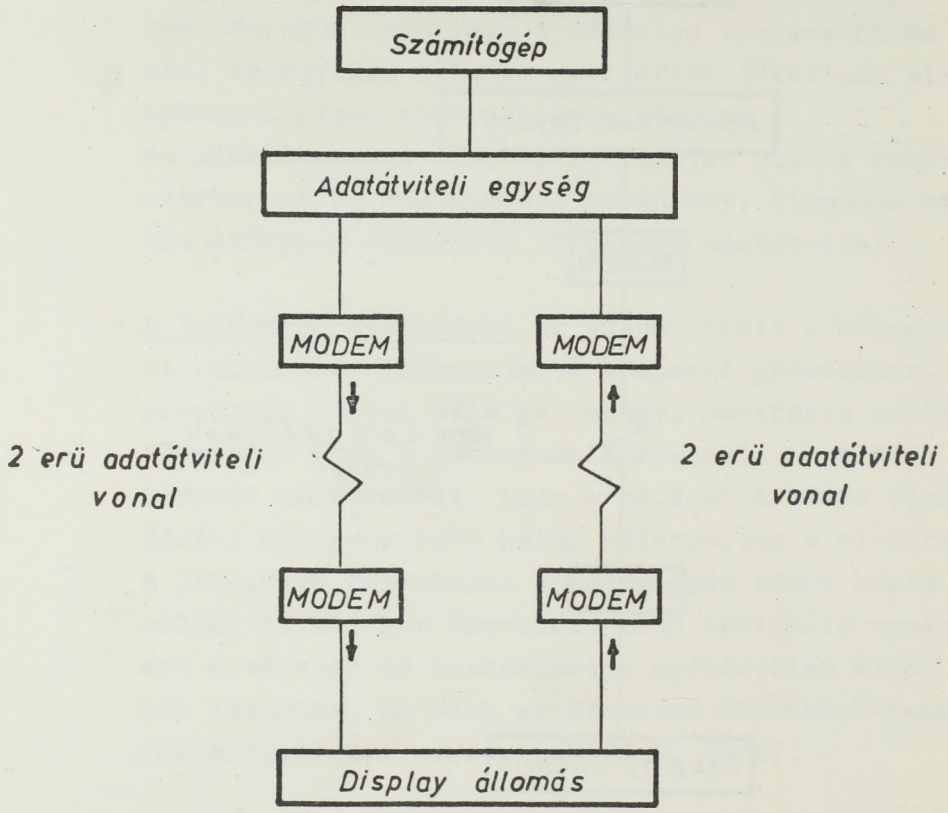


A számítógép-periféria kapcsolat kialakulása:

1. A display-állomás bejelentkezik a központi processzorhoz
2. A vonalon az üzenetirány megfordul /csak két ér esetén/
3. A központi processzor válaszol a display bejelentkezésére

6. ábra

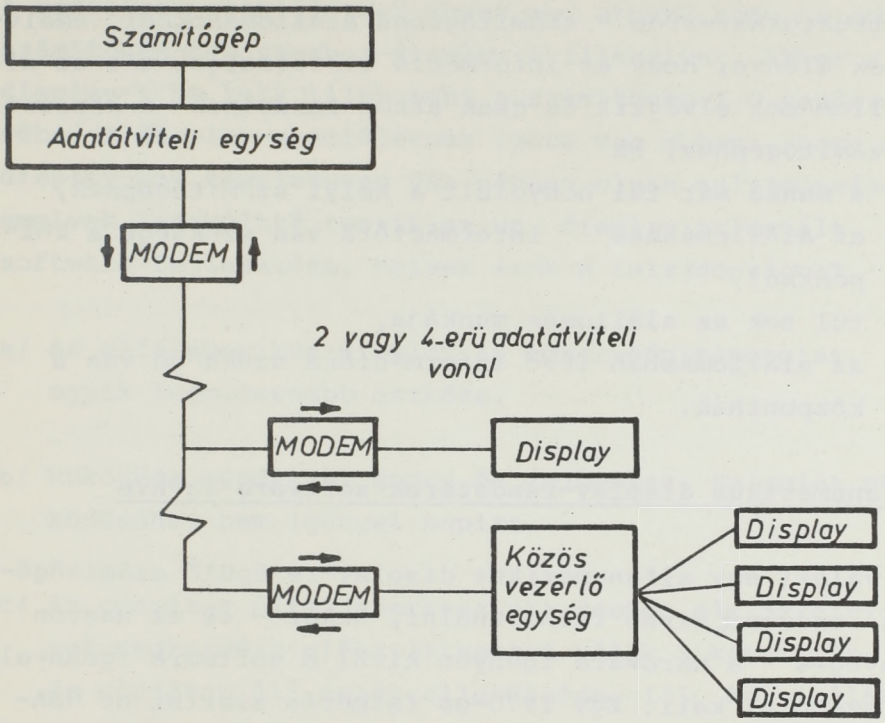
Távoli display állomás duplex üzemmódban



A duplex üzemmódban mind a periféria, mind a központi processzor kezdeményezheti a csatornakapcsolat kialakulását.

7. ábra

Távoli display állomás lekérdező üzemmódban



A számitógép-periféria kapcsolat kialakulása:

1. A központi processzor ismétlődő lekérdezést vagy üzenetet küld.
2. A vonalon az üzenetirány megfordul /csak kéterü kábel esetén/
3. Az egyik periféria válaszol a lekérdezésre vagy üzenetre.
4. A vonalon az üzenetirány megfordul /csak kéterü kábel esetén/
5. A központi processzornak válaszolnia kell az időosztáson belül.

8. ábra

1.2.5. Távolsági információs hálózat

Távolsági információs hálózat alakitható ki egy központi számitógép körül - csillagalakzat vagy fa - strukturaszerüen - számitógépes alállomásokból, amelynek előnye, hogy az információ előfeldolgozását az alállomások elvégzik és csak akkor fordulnak a központi számitógéphez, ha

- a munka már tul bonyolult a helyi számitógépnek,
- az alállomásnak információra van szüksége a központból,
- tul sok az alállomás munkája,
- az alállomásban lévő információra szüksége van a központnak.

1.3. Alfanumerikus display-rendszerek software igénye

Ha valaki egy alfanumerikus display-re épülő számitógépes rendszert kiván felhasználni, akkor - és ez nagyon lényeges - a hardware igényén kivül a software igénnyel is számolni kell. Egy 1970-es felmérés szerint az USA-ban egy átlagos számitóközpont összköltsége 20-80 % arányban oszlik meg a hardware és a software között /a software javára/. J. Knox /Computer Information Centre, London/ szerint egy számitógépes rendszer sem jobb, mint a software-je. Fenti megállapitások természetesen általában és nagy software-rendszerre érvényesek, de - ha nem is a fentiekben leirt mértékben -igazak az alfanumerikus display-el kapcsolatos speciális területekre is.

Az alfanumerikus display software-rel kapcsolatban két fő irányzat figyelhető meg a szakirodalomban. Az egyik irányzat szerint a display éppugy perifériája a számitógépes rendszernek, mint bármely más periféria, pl. a konzol irógép /ezt nevezhetnénk periféria-szemléletnek/, csak van néhány olyan tulajdonsága /gyors, zajmentes, stb./ ami kényelmesebb használatot biztosit.

A másik irányzat szerint a display egy különleges periféria, /ami speciális programrendszereket igényel/, ezt display-szemléletnek nevezhetnénk.
Véleményünk szerint az igazság a középuton van.
A periféria-szemléletnek igaza van abban, hogy ha egy számitógép-rendszerhez displav-t illesztünk, akkor a display-t be kell illeszteni a számitógép I/O rendszerébe. A display-szemléletnek igaza van abban , hogy a display-nek ténylegesen van néhány olyan tulajdonsága, amelyek indokolttá teszik az un. displav orientált software-fejlesztést. Melyek ezek a tulajdonságok?

a/ Az alfanumerikus display az ember-gép kapcsolat egyik legmodernebb eszköze.

b/ Müködése rendkivül gyors és zajmentes, valamint müködéséhez nem igényel papirt.

c/ Az operátor által szerkesztett üzenet már az átvitel megkezdése előtt láthatóvá válik a képernyőn, és módjában áll annak ellenőrzése, ill. korrigálása.

d/ Az operátor számára minden displav biztosit un. szövegszerkesztői lehetőséget, ami az üzenetek megszerkesztésében nagy segitséget nyujt.

e/ A displav képernyőjén megjelenitett adatok kettős információt tartalmaznak. A megjelenitett adaton kivül, annak helye is információt hordoz, ami különféle alkalmazásokrál nagyon jól használható.

Az alfanumerikus display-re épülő programrendszerek közös tulajdonsága, hogy az ember és a számitógép közös munkáját igénylik. Egy interaktiv programrendszer létrehozásakor bonyolult és sokrétü softwarefeladatokat kell megoldani, vagyis egy adott felhasználói célra létrehozott programrendszer több - egymástól többé-kevésbé független - programcsomagból,

alrendszerből áll. Az interaktiv rendszerekben általában alkalmazott programrendszerek a következők:

1. Az alfanumerikus display alapsoftware-je
2. Általános I/O programcsomag és executiv programrendszer
3. Dialógus vezérlő programok
4. Fizikai file-kezelés
5. Logikai file-kezelés
6. Matematikai operációk programcsomagja
7. Nem-matematikai operációk programcsomagja
8. Speciális célnyelvek compiler-ei és interpreterei.

A fenti felsorolásban az 1.és 2. programcsomag valamilyen formában minden alkalmazásnál jelentkezik és gyakorlatilag független a konkrét alkalmazástól. Tulajdonképpen az adott számitógép és display software-illesztését végzik, és igy elsősorban az alkalmazott hardware-konfigurációt határozza meg jellemzőit. A 3. és 4. és 5. programcsomag általában minden interaktiv rendszerben megtalálható, de bonyolultságuk, alkalmazásuk mértéke, valamint jelentőségük a teljes rendszerre nézve az egyes felhasználói területeken nagyon különböző.
A 6., 7. és 8. programcsomagok jelenléte nem szükségszerü minden alkalmazási rendszerben. Bizonyos területeken alapvető jelentőségüek /matematikai programcsomag a CAD-nál/, más esetben teljes egészében hiányozhatnak.
Nézzük most részleteiben az egyes programrendszereket:

1.3.1. Az alfanumerikus display alapsoftware-je

Egy alfanumerikus display alapsoftware-rendszerén egy input-output programcsomagot és az u.n. hardware-kiegészitő software-t értünk. Az I/O programcsomag olyan szubrutinokat tartalmaz, amelyek a display és a számitógép kétirányu információforgalmát vezérlik. Gondoskodnak a kommunikáció létrehozá-

sáról, fenntartásáról és lezárásáról, valamint az átvitt /ill. átviendő/ információ üzenetté szervezéséről. Feladatuk közé tartozik, hogy az átvitel során előforduló hibákról jelzést adjanak. Az alfanumerikus display konzolperiféria, tehát módot ad az operátornak arra, hogy a számítógépnél bejelentkezhessen, megszakitást kérjen. Az I/O program feladatai közé tartozik a megszakitáskérések fogadása, kezelése, analizálása és a megfelelő megszakitásprogram aktivizálása is.

A hardware-kiegészitő software feladat, hogy olyan szolgáltatásokat, amelyek lényegében hardware-jellegüek, de az adott display-hardware nem lát el - realizáljon. Pl. néhány display készüléken van olyan funkcionális gomb, amelyhez rendelt funkciót a hardware nem végzi el, hanem megnyomása megszakitást okoz. Ilyenkor egy általános megszakitás-program kezd dolgozni, amely először lekérdezi a megszakitás okát /ezt általában az adott funkcionális gombhoz rendelt kód határozza meg számára,/ majd aktivizálja a megfelelő szolgáltatást elvégző programot.
Az alapsoftware-t általában az illető gép assemblernyelvén irják, az adott display készülék hardware-programozási ismeretének a birtokában, de az alapsoftware szubrutinjai általában hivhatók a magasabb szintü nyelvekben /pl. FORTRAN/ is. Példaként az ORION-AKI kisérleti display és a CII 10010 kis számitógépre alapozott alapsoftware-t emlitenénk.

3.2. Általános I/O programrendszer, executiv program

Az előző pontban leirt alapsoftware-rendszert általában nem önmagában használják, hanem beleillesztik az adott számitógépes rendszer valamilyen szintü általános I/O programrendszerébe. Erre azért van szükség, mert az interaktiv rendszerek nem csak display-perifériát használnak /pl. hard copy előállitásra sornyomtatót, stb./ és ezek összehangolt müködését meg kell valósitani. Azt a programrend-

szert, - ami ezt megvalósitja - executiv programnak szokás nevezni. A legtöbb nagy-számitógép rendszernél az executiv program része egy nagyobb programrendszernek, az u.n. operációs rendszernek. Az operációs rendszer egyrészt az operátor számára biztositja a teljes számitógépes rendszernek konzol-periférián keresztül való irányitását, másrészt szervezi a különböző periféria- és háttérprogramokat, végül pedig az esetleges time-sharing müködést és multiprogramozást vezérli. A display egyik érdekes felhasználási lehetősége éppen az, hogy ő az operációs rendszer konzolja. Ilyenkor persze egy kicsit más az alapsoftware igénye is, mint ha a rendszerhez "normál" perifériaként van csatolva.

Néhány alkalmazásnál speciális executiv program alkalmazására kerülhet sor, ami függetlenül müködhet a számitógép-rendszer általános operációs rendszerétől. Pl. ha display-ek egy többkonzolos tanulórendszer perifériáiként kerülnek alkalmazásra, akkor készülhet egy executiv program, ami a konzolok real-time üzemü müködését vezérli.

1.3.3. Dialógus vezérlőprogramok

Az interaktiv programrendszerek esetén a rendszer mindig ember-gép dialógus formájában funkcionál. Igy minden esetben szükség van egy programcsomagra, amely ezt a párbeszédet vezérli. E programok feladatai két fő csoportra oszthatók: egyrészt szükség van egy utasitás-interpreterre, amelynek feladata, hogy az ember által küldött üzeneteket - amelyek mindig valamely, az emberi nyelvhez közelálló nyelven fogalmazódnak meg - értelmezze, és az értelmezés után a megfelelő programot vagy programokat interpretálja. Az interpreter bonyolultsága egyrészt a feladat bonyolultságával arányos, másrészt függ attól, hogy a bemenő nyelv mennyire van távol a matematikai nyelvtől. Pl. számjellegü információk interpretálása viszonylag egyszerü.

A dialógusvezérlő programok másik fő feladata, az u.n. dialógusgráfon való végighaladás vezérlése. Ez alatt a következőket értjük. A dislógus alapvető működési módja a következő: a számitógép felől érkezik egy üzenet, Az operátor analizálja az üzenetet, majd válaszol. A program analizálja a választ, majd ismét üzenetet küld. Egy adott üzenetváltást a dialógus egy állapotának nevezzük. Egy adott dialógus programrendszer működése /hatásvázlata/ leirható egy gráffal. A gráf csomópontjai a dialógusállapotok. A csomópontból kiinduló élek ujabb csomópontokba mutatnak. Az egyes élek az egyes operátorválaszoknak felelnek meg. Hogy a vezérlőprogram melyik élen halad tovább, azt az operátorválasz analizise alapján dönti el. Bizonyos alkalmazásoknál a dialógusgráf nagyon bonyolult, és vertikalitása viszonylag nagymértékü. Ez utóbbin azt értjük, hogy amikor a program egy kezdő állapotból kiindulva eljut a végállapotig, viszonylag sok csomópon halad keresztül. Tipikusan ilyen alkalmazási terület a számitógépes oktatás. Más rendszereknél a vertikalitás kicsi, a rendszernek inkább a horizontális mérete nagy. Ez azt jelenti, hogy a csomópontokból nagyon sok él indul ki, de a rendszeren való végighaladáshoz nem kell sok csomópontot érinteni /pl. CAD/.

1.3.4. Fizikai file-kezelés

Az interaktiv rendszerek nagy többségében nagymennviségü adathalmazok - file-k - kezelése szükséges.
Ezeket az adatokat megfelelő módon tárolni kell - általában a háttérmemóriában - , biztositani kell a rendszer számára a gyors hozzáférést, tehát szükség van olyan programokra, amelyek a háttérmemória és az operativ memória közötti adatforgalmat vezérlik. A fizikai file-kezelésekhez soroljuk az u.n. file-védelmet. Egy adott interaktiv rendszerben általában több felhasználó, több konzol dolgozik egyszerre. A tárolt file-ok között lehetnek olyanok is, amelyekhez való hozzáférést bizonyos felhasználók

számára le kell tiltani. A tiltás általában kétféle lehet: vonatkozhat csak a file-ba való irásra, tehát a felhasználó információt kaphat az adott adatmezőből, de módositásra nincs lehetősége. Lehet a file teljesen titkos is, ilyenkor olvasási tilalom van.
A file-védelem megoldása általában bonyolult software-t igényel, tehát megvalósitása elég drága. A fizikai-file kezelő programok nem speciálisan az interaktiv programrendszerekre jellemzőek, de a legtöbb esetben szükség van rá, igy azok előállitási költségét /néha egészen tetemesen/ megnövelik.

1.3.5. Logikai file-kezelés

Ebbe a csoportba két fő terület tartozik: az információ-visszakeresés /information retrieval/ és az aktualizálás /updating/.
Információ-visszakeresés olyan programcsomag alkalmazását jelenti, ami lehetővé teszi, hogy egy bonyolult információ-halmaz kivánt elemét megkeressük.
Hogy melyik ez az elem, azt különböző logikai feltételek határozzák meg. Az"information retrieval" programok fő feladata éppen ezen logikai feltételek kiértékelése /pl. könyvtárak kezelése/.

Az információ-aktualizálás az előbbihez hasonló fogalom. A különbség az, hogy az adott információ kikeresése nem bizonyos logikai feltételek alapján, hanem bizonyos események formájában való bekövetkezésén alapulnak /például kórházi interaktiv-rendszereknél, a vizsgálatra előkészitett beteg adatainak a megjelenitése/.

1.3.6. Matematikai és nem-matematikai operációk programcsomagjai.

Az egyes felhasználói területeken különböző matematikai számitásokra és szövegmanipulációs tevékenységre lehet szükség. Hogy ezek ténylegesen milyen programok, azt alap-

vetően mindig az adott alkalmazás határozza meg. A kettéválasztás matematikai és nem matematikai operációkra azért indokolt, mert a kétféle programcsomag megvalósitási eszközei különbözőek. A matematikai programcsomagoknak lényegesen nagyobb hagyományai vannak; mind módszertanilag, mind elkészült programokban nagyobb a választék. A feladat is általában jobban definiálható. Mindezen okok miatt, a matematikai programok előállitása általában egyszerübb és kevésbé költséges.

1.3.7. Speciális célnyelvek

Ha egy adott alkalmazás elég széleskörü, akkor az alkalmazói programok megirásához és az interaktiv rendszer müködtetéséhez célszerü saját speciális nyelvet, u.n. célnyelvet konstruálni. Természetesen akkor ezek compiler-ét és interpreter-ét is meg kell irni. Ez általában növeli az előállitási költséget, de a rendszer effektivebb müködését teszi lehetővé.

1.3.8. Összefoglalás

Fenti fejezetben igyekeztünk összefoglalni azokat a software-rel kapcsolatos tevékenységeket, amelyek valamely felhasználáshoz készülő interakiv rendszer megvalósitásakor szükségesek lehetnek. Az egyes konkrét alkalmazásoknál részletesen tárgyalni fogjuk, hogy melyik területre milyen mértékben van szükség.

2. fejezet

Az alfanumerikus display alkalmazási területek és azok felosztása

A felhasználási területek áttekintésére és osztályozására számos cikket találhatunk a szakirodalomban /118, 94/, amelyek a tőkés gazdasági életben kialakult felhasználásokat igyekeznek valamilyen rendbe besorolni.

Megjegyezzük, hogy e besorolásokat nem lehet mereven kezelni, mert egy felhasználási terület /például a számítógéppel segitett oktatás/ több kategóriában is megjelenhet.

Alkalmazási területek felosztása felhasználás szerint

A kialakitott alfanumerikus display rendszerek - felhasználási területek szerint - négy nagy csoportba oszthatók:

1. Müszaki tudományos és tervező rendszerek
2. Információs rendszerek
3. Kijelző rendszerek
4. Hirközlő és hirösszeköttető rendszerek.

E felosztás egyes csoportjaiba az alábbi alkalmazások sorolhatók be.

2.1. Müszaki tudományos és tervező rendszerek

a/ Müszaki tervezés és matematika
- kutatás
- tervezés
- előrejelzés

b/ Programozás
- program kifejlesztés
- hibajavitás

c/ Ipari és közigazgatási vezetéstervezés
előrejelzés
ütemterv készités
szervezés.

E rendszerek közös jellemző vonása, hogy a számitógép és az ember kapcsolatában - közbenső elemként - egy olyan programkészlet van, amelynek segitségével a kezelő és a számitógép között egy párbeszéden alapuló munkafolyamat alakulhat ki. E programnyelvek rugalmasak, a párbeszéd zökkenőmentes fenntartása érdekében.

2.2. Információs rendszerek

2.2.1. Kötetlen információs rendszerek:

a/ Ipari és közigazgatási irányitás tervezés és operáció
terv-költségvetés készités
folyamatszabályozás
termelésirányitás
leltárkezelés

b/ Kombinációs alkalmazások
hirelemzés
titkosirás megfejtése

c/ Szövegszerkesztés

d/ Tudományos kutatás
laboratóriumi kisérletek szimulációja
lekérdezés és visszakeresés

e/ Bank- és pénzügyi forgalom összegezett irányitása

hitel ellenőrzés

számla elemzése

csekk elemzése

részvény-árfolyam elemzése

2.2.2. Kötött információs rendszerek:

a/ Kórházi adminisztráció

betegekkel kapcsolatos adatok tárolása

és visszakeresése

betegörző

lelet-analizis és diagnosztizálás

b/ Szállitás

helyfoglaló rendszerek

kölcsönzés nyilvántartás /gépjármü/

járműpark biztositása

szállitandó rakomány megállapitása

c/ Belbiztonság

körözés

rendőri adatok tárolása

d/ Bank és pénzügyi napi adminisztráció

kifizetések regisztrálása

pénzügyi információs szolgálat

részvény-árfolyam jelzés

e/ Ipari adminisztráció

személyi nyilvántartás

biztonsági csoport adatgyüjteménye

pénzügyi adminisztráció

f/ Információ tárolás és visszakeresés

könyvtári nyilvántartás

szövegszerkesztés

katalógizálás és kivonatkészités

g/ Országos és helyi közigazgatás

adónyilvántartás
születési és halotti anyakönyvek nyilvántartása
közlekedési és bünügyi nyilvántartás
gépjármü nyilvántartás
jogositványok nyilvántartása

h/ Oktatás

számitógépes oktatás
programozott oktatás
iskola adminisztráció

Az információ rendszerre jellemző, hogy minden esetben egy speciális adatbank tartozik hozzá, amelyben a szakterületre vonatkozó adatokat tárolják. Tárolóképessége több giga-byte is lehet.

E csoportban lévő rendszereknél a fő cél a gyors kiszolgálás, az adatok egyszerü kezelési lehetősége /kinyerés,visszaküldés a központi adatbankba/. Esetenként az információ az adatbankban kerül feldolgozásra, amelyet a kezelő üzenet beirásával kezdeményezhet. Más esetben a szokásos batch adatfeldolgozás folyik, amikor a display konzolt csak az adatok bevitelére használják fel.

Az információs rendszerek két alcsoportra oszthatók:

- kötetlen információs rendszerek
- kötött információs rendszerek-re.

A kötetlen besorolás lehetővé tesz néhány rövidebb ember-gép dialógust - lényegesen kevesebbet, mint a 2.1. csoportban - ámbár itt a fő cél a hathatós beavatkozás az adatbankba, az adatok rögzitése és kezelése céljából.

A kötött információs rendszerek tételes feladatok ellátását szolgálják, szigoruan előirt séma szerint.

2.3. Kijelzőrendszerek

E csoportba a következő felhasználási területek sorolhatók:

- üzemeltetői kijelző rendszerek
- adatfeldolgozás bevitele /lyukszalag, kártya ellenőrzés/
- közlekedés információja
- demonstrációk
- lapozó rendszer
- értékpapir /tőzsdei árfolvam/ kijelző rendszer.

Ezeknél az applikációknál a kezelő elsősorban szemlélő. A display-nél lehet egy korlátozott kiegészitésről gondoskodni, mint pl. egy speciális nyomógomb, amely némi kézi irányitást tesz lehetővé /pl. a megjelenitett információ folytatását kérni, stb./, de semmi esetre sincs szükség tasztaturára. Az információ ebben az esetben általában prestrukturált állapotban jelenik meg a kezelő vagy a szemlélő előtt.

A kijelző rendszereknél alkalmazott display-k autonom, vagy passziv üzemmódban müködnek.

2.4. Hirközlő és hirösszeköttető rendszerek

a/ Alfanumerikus üzenetek átvitele
- hiranyag továbbitás
- időjárási információk közlése

b/ Fontos üzenetek érvényesitése

E rendszerek az információs és a kijelzőrendszerek sajátos keverékei. Elsősorban az Egyesült Államokban terjedtek el.

Szigoruan véve egyik előző csoportba sem sorolható, legfőbb jellegzetessége, hogy gyakorlatilag a telex gépeket váltja ki az alfanumerikus display.

A felsorolt alkalmazási területekek közül a legismertebb és legfontosabb alfanumerikus display alkalmazásokat részletesebben a 3. fejezetben ismertetjük.

3. fejezet

Főbb megvalósitott alkalmazások

3.1. Müszaki tervezés/CAD/

3.1.1. Felosztás

E csoportban a legjobban kifejlesztett alkalmazási terület a számitógépes interaktiv tervezés /Computer Aided Design/ /25, 48, 71/. Ennek keretében olyan tervezési programok készülnek, amelyben a számitógép elvégez minden adatfeldolgozási, logikai és aritmetikai feladatot, s az emberre csak a megoldás intuitiv része hárul. A két főkomponensre bontott tevékenység szintézise az ember és a számitógép között kialakuló párbeszédben nyilvánul meg. E tevékenység a display közbeiktatásával bonyolódik le. A müszaki tervezés egy részéhez az ábrázolás nélkülözhetetlen, ezért grafikus display-t használnak, de a tervezési munka nagy részéhez elegendő a szöveg és a számok kiirása a képernyőn. A tervező és a számitógép közötti dialógusban /36/ a számitógépre háruló feladat:

- elvégezni a különböző részlet-feladatokat, vagy rutinjellegü számitásokat,
- fogadni és összehasonlitani a különböző tervezési módszerek eredményeit és paramétereit,

- hozzáférési lehetőséget biztositani a tervezéshez szükséges szakszövegekhez, szabványokhoz és egyéb szükséges információkhoz,

- tárolni a különböző tervezési eredményeket, a későbbi hivatkozások céljából.

A fenti feladatokon alapuló párbeszéd biztositása érdekében a használt nyelvnek rugalmasnak kell lennie, hogy könnyen lehessen megtanulni és használni. Gyakran használnak önoktató programokat, a munka megkönnvitése érdekében, hogy szükség esetén használhassa a kezelő.

A számitógépes interaktiv tervezés bevezetésével

az épitészeti,
gépészeti, és
áramkör-tervezés

területén értek el számottevő eredményeket.

3.1.2. Alkalmazások

A számitógépes interaktiv tervezés épitészeti alkalmazására egyenlőre csak biztató kisérletek folynak. Az Edinborough-i Egyetem épitészeti fakultásán folyó ilyen irányu kutatások keretében célul tüzték ki a CAD épitészeti alkalmazásának megvalósitását. Olyan rendszert kivánnak kialakitani, amely mérnökidőt takarit meg azáltal, hogy elvégzi az épülettervezés rutinszerü munkáit. A rendszer lehetővé teszi az adatok gyors hozzáférését, szükséges módositását és tárolását. A kutatócsoport reméli, hogy a rendszert sikerül annyira tökéletesiteni, hogy gyakorlati segitséget nyujt-

son az épitészeti tervezés számára. A CAD gépészeti alkalmazása már eddig is gyakorlati eredményeket produkált.

A gépgyártás területén felhasználják alkatrészek tervezéséhez, repülőgép burkolatok és autókarosszériák kialakitásához.

A CAD-t az integrált ármkörök tervezéséhez használják legelterjedtebben. Segitségével az áramkörök tervezésének, előállitásának ideje lényegesen lecsökkenthető a hagyományos tervezéssel szemben.

A CAD-al összefüggő tevékenység a táblázatokba rendezett s egymással összefüggésben lévő adatokkal végzett manipuláció, vagy a matematika bizonyos fejezeteiben - mint például a lineáris algebra, valós és komplex függvény analizis, Fourier-analizis, stb. - használatos táblázatok gyors és rugalmas kezelése.

E feladatok megoldását célzó táblázat-manipulációs rendszer került kifejlesztésre az MTA AKI-ban, amelyet Forgács Tamás készitett.

3.1.2.1. Táblázat-manipulációs programrendszer

Általában, ha egy táblázatban egy elemet megváltozatunk, akkor - ha azt akarjuk, hogy a táblázat továbbra is érvényes legyen - a táblázat más elemét, vagy elemeit is meg kell változatnunk, az előbbi változtatás függvényében.

Például a táblázat egyik eleme jelentse valamely anyag egységárát /e/, a másik az anyag mennyiségét /m/, a harmadik pedig az összárat /a/, akkor ha akár e-t, akár m-t megváltoztatjuk, az a = e . m relációnak megfelelően "a" értéke is megváltozik. A rendszer automatikusan biztositja az a= e.m reláció érvényben maradását a manipulációk során. A rendszer megtervezésénél a következő szempontokat vettük figyelembe:

a/ a programrendszer "alfanumerikus diaplay-orientált" legyen, azaz minél valósabban használja ki azokat a lehetőségeket, amelyeket az alfanumerikus display nyujt a számitógép-ember kapcsolat területein,

b/ felhasználhatóság szempontjából sokoldalu legyen,

c/ a DATAVISOR alfanumerikus display szolgáltatásaira támaszkodjon elsősorban,

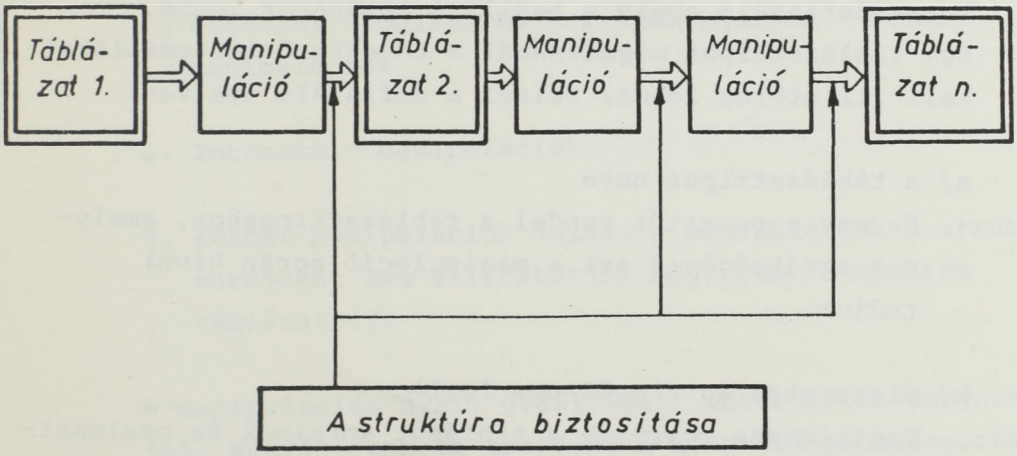
d/ ne igényeljen tul nagy számitógép- és programozói kapacitást, azaz viszonylag olcsó legyen,

e/ a rendszer müködtetése legfeljebb középfoku képzettségü szakember közremüködését tegye szükségessé.

A rendszer alapvető müködési elvei:

a táblázatokat olyan topológiailag rendezett adathalmazoknak tekintjük, amelyekben minden egyes elemnek kettős információtartalma van. Egyrészt információt hordoz - természetesen - az elem aktuális értéke, másrészt a topológiai strukturában elfoglalt helye. Ez más szóval azt jelenti, hogy egy megkonstruált táblázatnak akkor is van információtartalma, ha üres. Ezt az "üres" táblázatot táblázattipusnak, az általa hordozott információt táblázat strukturának nevezzük. A táblázat strukturába beleértjük az egyes táblázatelemek között fennálló függvénykapcsolatokat is /ezeket relációknak nevezzük/.
A fentiek alapján most már megfogalmazhatjuk a táblázat-manipulációs rendszer feladatát és müködésmódját. Adott egy konkrét táblázat. Ez képviseli a manipuláció kiinduló pontját. Ezután egy adott külső hatásra /egy adott cél érdekében/ megváltoztatjuk a táblázat bizonyos elemeit /közvetlenül vagy pl. valamilyen aritmetikai müvelettel/. A programrend-

szer végrehajtja a változtatást ugy, hogy gondoskodik arról, hogy a táblázatstruktura a megváltozott aktuális elemekkel is fennmaradjon. A megváltozott /de azonos strukturáju/ táblázat megjelenik a képernyőn. Ha a felhasználó a táblázatot megfelelőnek találja, akkor a manipuláció végetért, ha nem, ujabb változtatásokat csinálhat mindaddig, amig a kivánt célt el nem éri. A manipuláció tehát nem más, mint egy konkrét táblázat áttranszformálása egy ujabbra, s struktura állandóságának biztositása mellett a rendszer müködését mutatja a 9. ábra.



= adatblokk, adatáramlás

— programblokk, vezérlésátadás

9. ábra

A rendszer táblázatos ismertetése

A táblázat-manipulációs rendszer két fő részből áll: a definiáló és a manipulációs nyelvből.

Definiáló nyelv:

ez a nyelv arra szolgál, hogy segitségével leirjunk egy adott táblázattipust. Ezen a nyelven adjuk meg az adott tipusban az egyes elemek tulajdonságait, szerepüket a táblázaton belül és a táblázat-strukturában érvényes relációkat. Ha a táblázat-manipulációs programrendszert egy mechanikus táblázógépnek fognánk fel, akkor a definiáló nyelv a beállitó apparátus lenne. Egy táblázattipus megadásánál a következő információkat kell /illetőleg lehet/ leirni a definiáló nyelven:

a/ a táblázattipus neve
Ez egy azonositót rendel a táblázattipushoz, amelynek segitségével azt a manipuláció során hivni tudjuk.

b/ Vizszintes és függőleges fejléc
Tartalmazza egyrészt a táblázat sorainak és oszlopainak neveit, másrészt kijelöli az egyes elemek geometriai helyét a táblázatban.

c/ Az egyes elemek tipusainak deklarációja táblázatbeli szerepük szempontjából,
A táblázat egyes elemei lehetnek olyanok, amelyek a manipuláció során mindig állandónak maradnak /u.n. állandó tipusu elemek/, lehetnek olyanok, melyeket az operátor tetszés szerint változtathat /u.m. mennyiség tipusu elemek/, végezetül lehetnek olyanok, amelyek a strukturának megfelelően automatikusan változnak a mennyiség tipusokkal együtt /u.n. eredmény tipusu elemek/.

d/ Relációk deklarációja
Ebben a részben a definiáló nyelv az egyes elemek közötti függvénykapcsolatokat irja le.

e/ Lezárás
A táblázattipus definiciójának végét jelzi.

A manipulációs nyelv:

E nyelv segitségével végezhetjük el a tényleges manipulációkat. Ezeknek a manipulációknak három fő tulajdonságuk van:

1. Algebrai, logikai és - kisebb részben - formai manipulációk

2. Interaktiv manipulációk

3. Kötött manipulációk /azaz: a manipulációk a strukturájukat nem változtatják meg, csak a konkrét táblázatot/.

A manipulációs nyelv utasitásait interpreter dolgozza fel, vagyis ezek az ernyőről a központi processzorba való átküldése után rögtön végrehajtódnak. Az utasitások a következő főbb tipusokra oszthatók:

a/ Beviteli utasitások
A display-ről küldenek be adatokat a számitógép memóriájába.

b/ Kiviteli utasitások
A számitógépből hivnak ki a manipuláció során megváltozott adatokat a display képernyőjére.

c/ Operációs utasitások
A táblázat elemei között hajtanak végre különböző algebrai és logikai müveleteket.

d/ Formai manipulációk
A táblázat külső megjelenési formáját változtatják meg /pl. egy sor lejjebbtolása/.

e/ Táblázatok közötti utasitások

Az éppen manipuláció alatt lévő és a számitógépben tárolt valamelyik táblázat között hajtanak végre különböző operációkat.

Alkalmazási javaslatok:

Igyekeztünk a rendszert a saját korlátain belül univerzálisra tervezni. Ez egyben azt is jelenti, hogy az összes alkalmazási területet nem lehet felmérni, már csak azért sem, mert a már bevezetett alkalmazásokból nyert tapasztalatok is várhatólag ujabb és ujabb felhasználási lehetőségeket fognak indikálni. Most csak néhány kézenfekvő alkalmazási területet szeretnénk megemliteni.

- Ügyvitelszervezés, ügyvitelgépesités

A rendszer lehetővé teszi különböző ügyviteli folyamatokba tartozó táblázatok gyors kezelését. A rendszer segitségével gyorsan beavatkozhatunk az ügyviteli folyamatokba, akár ellenőrzés, akár a folyamat megváltoztatása céljából. Példaként megemlitjük a bérelszámolást, nyilvántartási kartotékok kezelését, raktárkezelést, stb.

- Müszaki-gazdasági tervezés

A rendszer az u.n. iterációs tervezési feladatok megoldására kiválóan alkalmas. Ilyen jellegü tervezésnél ugyanis az a helyzet, hogy a tervezés azzal kezdődik, hogy néhány szabadon választható paraméternek önkényesen választunk kezdeti értékeket. Legyenek ezek pl. x_1, x_2, ... x_n.
Ezután azt kell megnéznünk, hogy a tervezendő mennyiségek $f_1 /x_1 x_2, \ldots x_n/$,

/amely tehát a szabadon választott paraméterek függvénye/ a kivánt értékűek-e.
Ha nem, akkor addig változtatjuk az x_1, ... x_n értékeit, amig a követelményeknek eleget nem tettünk. Ha a rendszerben x_1, x_2, ... x_n értékeit mennyiségtipusunak, f_1, f_2, ... f_m értékeit eredménytipusunak deklaráljuk, a reláció deklarációkban pedig leirjuk a közöttük fennálló összefüggéseket, akkor tervezéskor csak azzal kell törődnünk, hogy a tervezés kiinduló adatait megadjuk és az eredményeket ellenőrizzük, a számitási munkát a rendszer automatikusan elvégzi. Ebben az alkalmazásban különösen jól érvényesül az ember és a gép interaktiv kapcsolata, a tervezésben kellő szerepet kap a szakember intuiciója és a gép gyors számolási készsége.

- Mérési eredmények kiértékelése

Ez az alkalmazási terület hasonló az előzőhöz, csak itt s x_1, x_2 ... x_n szerepét a mért értékek, f_1, f_2, ... $f_m$szerepét az ezekből számitott mennyiségek veszik át.

- Statisztikai táblázatok kezelése

Ennél az alkalmazási területnél elsősorban a táblázatok közötti utasitásokat lehet használni arra, hogy más táblázatokból bizonyos adatokat összegyüjtsünk, és a táblázat-struktura megfelelő kialakitásával /megfelelő aritmetikai és logikai relációk kialakitásával/ olyan értékeket számoljunk ki, amely valamely adott gazdasági, vagy müszaki döntést elősegit.

3.1.3. Hardware

3.1.3.1. Display

A számitógépes interaktiv tervezés területén elsősorban a grafikus display-nek van jelentős szerepe. Az alfanumerikus display e területen a tervező tevékenység kiegészitő munkáiban nyujt segitséget. Ilyen kiegészitő tevékenység pl. a különböző szabványok szövegének, táblázatoknak a megjelenitése. E célra megfelel az egyedülálló display, - egy munkahelyes grafikus display üzeme esetén. Ha több tervező egységet létesitenek egy számitógépre /vagy számitógép rendszerre/, akkor az ezeket kiszolgáló alfanumerikus megjelenitő lehet közös vezérlésü csoportos display is. A CAD-nál szükséges alfanumerikus display képernyője legyen nagyméretü, a szöveg, illetve a táblázat célszerü megjelenitése érdekében. A tasztaturával szemben általában különleges követelmény nincs, igényesebb esetben a matematikai képleteknél használatos karakterkészlet generálása szükséges. Egy számitógéprendszeren belül egy alfanumerikus hard copy lehetőséget kell biztositani.

3.1.3.2. Számitógép konfirguráció

A számitógépes interaktiv tervezéshez nagyteljesitményü, nagyháttérmemóriával rendelkező számitógép szükséges, amelyhez az alfanumerikus display vagy közvetlenül, vagy szatellit számitógépen keresztül csatlakozik, általában helyi üzemmódban. Ilyen irányu tevékenységgel foglalkozó intézetek vagy válla-

latok saját számitógéppel rendelkeznek, ahol a grafikus display-nek prioritása van a többi perifériákkal szemben. Közvetlen ezutáni prioritása kell hogy legyen, a grafikus tervezést kiszolgáló alfanumerikus display-nek, hogy az operátor alkotó tevékenysége folyamatosan legyen biztositva - a számitógép részéről.

3.1.4. Software

Az alfanumerikus display alapsoftware-jével szemben a CAD nem támaszt különös követelményt. Az operációs rendszer executiv programját célszerü a többkonzolos rendszer kiszolgálására alkalmassá tenni, még abban az esetben is, ha a kezdeti kiépitésben csak egy grafikus display, illetve ennek kiszolgálásához szükséges egy alfanumerikus megjelenitő - csatlakozik a számitógéphez.

A dialógus program általában egyszerü - ha csak szigoruan a tervező rendszerekről beszélünk -, ahol a dialógusgráf döntően horizontális strukturáju, tehát egy dialógus szál nem hosszu, de több felé ágazhat. A dialógus-fa ugyanakkor több, u.n. sugó programot tartalmaz, amelynek segitségével a számitógépes munkában kevésbé gyakorlott tervező is képes a feladat megoldására. Egyébként minden interaktiv rendszerben - nemcsak a CAD-nál - a dialógus programban egy mellékágat szoktak kialakitani: arra az esetre, ha az operátor nem érti az üzenetet, akkor ennek segitségével rákérdezhessen. A fizikai file-kezelés igénye a rendszer bonyolultságától függ. File-védelem vagy titkositás nem szükséges, mert az adatmezőket egy, vagy kevésszámu operátor használja, egyenlő joggal. A tárolt file-ok javarésze müszaki könyvtári anyat,amelyek mozgatására, változtatására nincs szükség. A terve-

zéshez szükséges közbenső adatok és számitások részére célszerü külön memóriát biztositani, ahova a munka végeztével vagy interrupt esetén az adatok kimenthetők. A logikai file-kezelés ezeknél a rendszereknél bonyolult, ahol nagy adathalmazból kell az aktuális információt visszakeresni.
A matematikai programcsomagok a CAD rendszereknél nagyjelentőségüek, amelyek segitségével a célfeladathoz szükséges különböző számitások elvégzése lehetséges. Legbonyolultabb programcsomag az integrált áramkörök, valamint a gépészeti tervezésnél szükséges, mig az épitészeti tervezésnél ezek egyszerübbek.

A nem matematikai jellegü programcsomagok már lényegesen egyszerübbek, némi szövegszerkesztésre e területen is szükség van, különösen a kész tervezés dokumentációjának az elkészitéséhez.

3.2. Management rendszerek

3.2.1. Felosztás

Nagy vállalatoknál, valamint magasszintü közigazgatási szerveknél létesült számitóközpontokat eleinte a napi munkával kapcsolatos adatfeldolgozás kiszolgálására használták. Későbbiek során a felhalmozódott, nagymennyiségü információs anyag alkalmasnak bizonyult, hogy dinamikusabb segitséget nyujtson a vezetők döntéseihez /18, 22, 29, 34, 57, 73/.

Az időrendben kialakult management rendszerek:

- általános rendszerek,
- feladatra orientált rendszerek,
- feladatra és személyre orientált rendszerek.

Az általános management rendszer, általános információhalmazzal dolgozik. Előnye, hogy széles körben alkalmazható, de ugyanakkor a vezetőt döntéseiben nem támogatja kellően specifikált információkkal. A másik hátránya, hogy a rendszertervezőknek éppen ezért komplexebb rendszereket kell kialakitani, hogy lehetővé tegyenek hathatósabb - döntési szintü - információt.

A feladatra orientált management rendszer az előbbi hiányosságait kivánja kiküszöbölni. A rendszer komplexitásának egyszerüsitéséhez fontos, hogy a feladatra orientáltságot figyelembe vegyék. Ez azt jelenti, hogy a programot egy olyan nyelven fogalmazzák meg, amely a megoldandó feladatok - és nem a számitógép - figyelembevételével készült. A program függetlenitése a számitógéptől az egyszerüsités első fokozata volt. A feladatra orientálás következő, s nehezebb pontja olyan nyelvek kifejlesztése volt, amelyekkel a kitüzött feladatok megoldása emberi szempontból jól definiálhatók voltak.

A feladatra és személyre orientált rendszereknél figyelembe veszik - a feladaton tulmenően - a vezető személyiségét és vezetési stilusához alakitják a programot. Ugyanakkor a vezetőtől is megkövetelnek behatóbb számitógépismeretet.

Információcsere a vezető és a számitógép között:
A korábban ez részint ugy zajlott le, hogy bizonyos időközönként sornyomtatóval, vagy teletype-al kinyomtatták az információs anyagot. Az ilyen információk legtöbbször összefoglalásokból álltak, amelyek általános áttekintést adtak a vezető részére. Az összefoglalások azonban még mindig nagyon terjedelmesek, és kevésbé szelektivek voltak. Igy fennállt az a veszély, hogy a vezetőt roppant nagy adathalmazzal látják el, ahol a lényeg az adatok tömegében elvész.

Ha a számitógépes adatfeldolgozási rendszert software oldalon egy szelektiv lehetőséggel látják el, hardware-ban pedig egy alfanumerikus display-t helyeznek üzembe, ugy a vezetőnek módjában áll mindig az őt érdeklő információt a szükséges időben megkapni.
Ehhez szükségesek a lekérdező nyelvek /interaktiv utasitásnyelvek/,amelyekben a vezető információs kivánságát a számitógéphez megfogalmazhatja.

A lekérdező nyelvnek kétféle szempontot kell kielégitenie:

- azt a módot,ahogy a vezető az információs kivánságát szeretné kifejezni,

- a rendszer információ-strukturájának a fajtáját.

A feladatot három részre oszthatjuk:

- a vezető nem teljesen preciz követelményeire,
- az információs rendszer pontos feladat-meghatározására,
- a hardware és software specifikáció realizálására. Mindez azt jelenti,hogy az elkövetkezendő időkben a vezetőktől - akik számitógépes információs rendszerre kivánnak támaszkodni - számitógépes ismereteket kell megkivánni.

3.2.2. Alkalmazások

Egy francia villamosipari cég - a Schneider Rt. - integrált termelésirányitási rendszert vezet be, amely egy Honeywell 1250 tipusu számitógépre épül.

A rendszert három szakaszban épitik ki.
Az első ütemben átállitották az uj adatfeldolgozó berendezésre azokat a programokat, amelyek segitségével az adminisztrativ, könyvelési és kereske-

delmi jellegü tevékenységet dolgozzák fel. Ugyancsak ebben az ütemben készült el az a programcsomag, amely az uj nomenklaturák, a raktárkészletek és a rendelések, valamint a gyártási előrejelzések és beszerzések irányitását teszi lehetővé.

A második ütemben valósul meg a kiegészitő jellegü alrendszereknek /szerelési egységek ütemezésének, termelési ütemtervnek, gyártásirányitásnak/ a rendszerbe kapcsolása.

A harmadik ütemben elkészül az adatbank.

A vállalat eredményes gazdálkodását biztositó tényezők közül fontos szerepe van a helyes raktári készletgazdálkodásnak.
Rendeltetése a szállitási készség biztositása, az optimális tőkelekötés, a csekély adminisztrációs költségek, a meglévő termelési potenciálok és raktárhelyiségek figyelembevételével.

E tényezők összehangolása vezette az ICL fejlesztő gárdáját a SCAN elnevezésü számitógépes raktárgazdálkodási rendszer megalkotásában.
A rendszer próbafuttatása során is már kiderült, hogy mintegy 20 %-kal kisebb raktárkészlettel is fenn lehetett tartani a folyamatos termelést, a hagyományos raktárgazdálkodáshoz képest.

A számitógépes raktárgazdálkodás elterjedésétől a cégek versenyképességük növelését várják a piacon.

3.2.3. Hardware

3.2.3.1. Display

Management információs rendszereknél a display igény egy-két készülékre korlátozódik csupán. Ennek megfelelően egyedülálló display-t használnak leginkább. A képernyő mérete: közepes. Az Orion display-nél meglévő szövegszerkesztő funkciók szükségesek és elégségesek /insert, delete, tab, stb./.
Hard copy igény nincs.

3.2.3.2. Számitógép konfiguráció

A management információs rendszerek általában ott alakultak ki, ahol a vállalat ügyvitelgépesitése következtében egyébként is szükséges volt a számitógépes adatfeldolgozás. A gyárak, vállalatok lokális elrendezésében két alaptipust különböztethetünk meg: az egy helyre telepitett, centralizált, valamint a központtal rendelkező, soktelepes decentralizált gyár tipusát. Ennek megfelelően az előbbi helyen a számitógépes rendszer helyi csatlakozásu perifériákkal üzemel, mig az utóbbinál adatátviteli vonalon keresztül távoli állomásokat is üzemben tarthat.
Az egyes gyártelepek időközönként közlik a termelésre vonatkozó adataikat a központtal, amelyeket feldolgozás után az adatbankban tárolnak. Erre a konfigurációra és adatbankra épül a vállalat irányitás információs rendszere.
Iparági, vagy országos jellegü management rendszer, távolsági információs rendszerre épül, ahol az egyes számitóközpontoknak saját vállalatirányitó rendszere is lehet. A konfiguráció kialakulását elsődlegesen nem az alkalmazástechnikai igények, hanem egyéb tényezők szabják meg.

3.2.4. Software

Az alapsoftware és executiv-val szemben a management rendszer nem támaszthat különleges követelményt. A dialógusvezérlés már bonyolultabb, mint a CAD-nál. A hangsuly nem annyira a dialógusfán való végigmenetelén, hanem elsősorban az utasitás interpreteren van.
A management rendszernél nagyon fontos, hogy emberhez közelálló nyelvet használjanak, mert egy vezetőtől nehéz megkivánni, hogy komolyabb software ismeretei legyenek. Elég terhet jelent számára, hogy - az eddig megszokott segédeszközök helyett - alfanumerikus display-vel dolgozzék.

A fizikai és logikai file kezelés a management rendszereknél bonyolult. A vezetés nagyon dinamikus tevékenység. Minél több adatra tud támaszkodni, annál megalapozottabb a döntése. Ehhez az adatokat állandóan mozgatni és bőviteni kell /változtatni/. Mind az információvisszakeresés, mind az adatok aktualizálása egyaránt bonyolult, mivel nagy adathalmazból gyorsan kell prezentálni az aktuális adatokat. File-védelemre, - adott esetben - az adatok titkositására szükség van.

A vezető egy vállalati szintü döntéshez szükséges adatokhoz - számitógépes rendszer használata esetén is - többféleképpen juthat. Bonyolultabb esetben /árajánlat, versenytárgyalás, stb./ a konstruktőr - a programozó személyzet bevonásával - a hagyományos eljárás idejének törtrésze alatt jut eredményhez.

Egyszerübb esetben /napi jelentés adatai, stb./ azonban a vezető saját maga választhatja ki /jelenitheti meg/ a kivánt adatokat.

Matematikai programcsomag használata inkább csak különböző előrejelzések /extrapolációkhoz matematikai modell használata/ igénye esetén szükséges, de ez esetben sem tulságosan bonyolult.
Nem matematikai program szintén lehet a management rendszerben, ha például jelentések megszerkesztéséhez kivánja igénybe venni azt, de ennek igénye nem a rendszer lényegéből fakad.

3.3. Helyfoglaló rendszerek

3.3.1. Felosztás

A helyfoglaló rendszerek jellegzetes alkalmazása a légi utasforgalom, valamint a szállodai szobák igénybevételénél alakult ki /85, 93, 117, 41, 119/.
E két fő alkalmazási területen tulmenően hasonló rendszeren alapulnak a kórházi ágyak nyilvántartása, bérautók igénylése, vasuti vagonok, vagy hajók rakterének biztositása is.

3.3.2. Megvalósitott rendszerek

CITEL rendszer:
A Compagnie Internationale de Teleinformatique /Nemzetközi Teleinformációs Társaság/ egy szállodai helyfoglaló rendszert alakitott ki a Nemzetközi Szálloda Szövetség /IHA/ megbizásából.
Az alapkonfiguráció egy IBM 360/50 tipusu 256 K operativ memóriáju számológépből , egy IBM 2314 tipusu lemeztárolóból,öt mágnesszalagos egységből áll, amelyet nyomtatók és kártyaolvasók egészitenek ki.
Ezen tulmenően egy IBM 360/40-es 256 K számitógép áll tartalékként rendelkezésre. A mintegy 40-50 terminal-nél teletype-t és alfanumerikus display-t használnak, amelyek 1200 vagy 2400 baud-os vonalakon keresztül csatlakoznak a számitógéphez, time sharing üzemü multiplexoron keresztül.
A szállodák kétféleképpen vehetik igénybe a rendszert. Kijelölhetik szobakontingensük egy részét,

amely a rendszer rendelkezésére áll, vagy az egész szálloda szobáinak regisztrálását a rendszerre bizzák, azokat is, amelyeknek foglalása nem a rendszer segitségével történik.

Express Reservation Services Inc rendszere:
Ez az amerikai utazási iroda Space Bank néven szállodai szobafoglaló rendszert épitett ki, amelyet a későbbiekben repülőjegy kiadására is felhasználnak.
A Space Bank IBM 360-as rendszerre épült, amelynek méreteire jellemző, hogy 1970-ben 220 szálloda használta.
A rendszernek saját adatátviteli vonalai vannak, amelyek az Egyesült Államokból kiindulva Közép-Amerika, Észak-Amerika, Európa és a Távol-Kelet országaiban lévő szállodákkal tartanak fenn kapcsolatot.
A helyfoglaló rendszert ugy alakitották ki, hogy lehetőség van a szállodáknak szobakontingensük egy részét, vagy akár egészét a rendszer rendelkezésére bocsátani. Interkontinentális méretekben meg lehet érdeklődni, hogy egy adott szállodában van-e hely és azt le lehet-e foglalni.
Ez azt jelenti, hogy a szállodák egy percen belül értesithetők a helyfoglalásról, a vevő pedig azonnal elismervényt kap.
A jelenleg müködő rendszert csatlakoztatni akarják a British Overseas Airways Corporation /BOAC/ repülőgép helyfoglaló rendszeréhez, amelynek előnye a kölcsönösségen alapuló lehetőség, hogy a BOAC ügyfelei egyuttal szállodai igényeiket is biztosithatják, illetve az E.R.S.I. ügyfelei repülőjegyeiket.
A Space Bank-nak jelenleg Londonban, Dublinban, Zürichben és Rómában van helyfoglaló központja.

A rendszert tovább kivánják bőviteni, amennyiben lehetőség van minden olyan légitársaság helyfoglaló

rendszerének bekapcsolására. amely IBM rendszeren alapszik /SWISSAIR, ALITALIA. JAPÁN, AIRLINES, stb./.

Atar rendszer:
még egy jelenleg kiépités alatt álló- helyfoglaló rendszert ismertetünk. amely ha elkészül. a világ legnagyobb helyfoglaló rendszere lesz. A légitársaságok helyfoglaló rendszereinek legtöbbje 2. generációs számitógépekre épült. E rendszerek nagy anyagi befektetései csak évek multával amortizálódnak /pl. a PanAmerican légitársaság 60 millió $-ért vásárolta meg IBM helyfoglaló rendszerét./.
Ennek tulajdonitható, hogy ezek a cégek jelenleg még nem kivánják rendszerüket ujabbal felcserélni

Az Atar Computer System Inc. harmadik generációs számitógép alkalmazásával egy uj rendszert kiván kialakitani, amely egyesült-államokbeli központtal 11 légitársaság és mintegy 2000 utazási ügynökség munkáját bonyolitaná le. 2 db IBM 360/65 számitógépre épül a rendszer, amely óránként mintegy 30 millió utasitást végrehajtva - kb. 100.000 tudakozódást bonyolitható le. A 360/65-ös számitógép 256 K operativ memóriával, 4 Mbit disk és 446 Mbit mágnesszalag háttérmemóriával rendelkezik. A rendszerhez mintegy 2500 terminal csatlakozik 150 baud-os telefonvonalakon keresztül.
A rendzser software-je az IBM's Programmed Airlines Reservation System.
Egy terminal havi bérleti dija 110-160 $

3.3.3. Hardware

3.3.3.1. Display

A helvfoglalórendszereknél az egy helyen kiépitendő munkahelyek száma dönti el, hogy önálló vagy közös vezérlésü, csoportos display-t alkalmaznak-e. Szállodai, vagy kis ügynöki irodáktól eltekintve azonban sokmunkahelyes rendszereket alakitottak ki - elsősorban az Amerikai Egyesült Államokban.
A helyfoglaló rendszereknél az egyszerre megjelenitett karakterek száma kevés. ezért ilyen helyen a kis képernyőjü alfanumerikus megjelenitőt használják. Speciális karakterek megjelenitése a legtöbb esetben szükséges.

Fénygombok segitségével aktivizálható fix programok könnyithetik az operátor munkáját.
Hard copy igény megjelenitőnként van, vagyis az ügyféllel közösen kiválasztott adatokat /szállodai szoba foglalása, repülőjegy, stb./ bizonylatolni kell, az ügyfél számára is.

3.3.3.2. Számitógépes konfiguráció

Az információs rendszerek tipikus példáját szolgáltatják a helyfoglalórendszerek. Ezekre jellemző a közös adatbankra és egy központi nagy számitógépre épülő állomások rendszere, ahol azok csillag alakzatban csatlakoznak a számitógéphez.

Megjegyezzük azonban, hogy a helyfoglaló rendszereknél tapasztalható egy integrálódási folyamat, amelynek kapcsán több önálló rendszer különböző szintü kapcsolatot tart fenn egymással, a kialakitott interkontinentális rendszertől függően.

3.3.4. Software

Alapsoftware-nél és executiv-nál fontos és több konzol kiszolgálásának a lehetősége, valamint a bejelentkezések kezelése, sorbaállitása, a hivások időbeli sorrendjének megállapitása és regisztrálása.

A dialógus vezérlés viszonylag egyszerü - mint ahogy ez a kötött információs rendszerekre jellemző. A dialógusgráf rövid és horizontális. Az utasitások értelmezése általában egyszerü, zömmel csak utasitáskonverzió fordul elő.

A fizikai és logikai file-kezelés bonyolult, annak ellenére, hogy a file-ok nagymennyiségü állandó információt tartalmaznak egy adott időszakban /egy szezon vagy menetrend érvényességi időn belül, a szállodai szobák száma, vagy menetrendi adatok állandók, stb./.
A standard információkhoz tartozó aktuális adatok azonban gyorsan változnak /pl. egy adott légijárat foglaltságának helyzete/.
Filevédelem igénye van a rendszernek, ahol a foglalt helyek adatai védhetők. Különösen fontos az adatok gyors visszakeresése, a sokszor többszáz megabite-os háttérmemóriából.

Matematikai program igénye nem bonyolult, legtöbbnyire a repülőjegy árának, vagy szállodai számla meghatározására, vagy statisztikai kimutatások összeállitására korlátozódik csupán. Nem-matematikai program igénye lehet a rendszernek, de ez nem a rendszer lényegéből fakad.

3.4. Kórházi alkalmazások

3.4.1. Felosztás

A gyógyászat területén kialakitott számitógépes display rendszereket két csoportra oszthatjuk. Az egyik az egyes kórházakban felállitott rendszerek, amely a közvetlen gyógyitási feladatban - kórházi munkában nyujtanak segitséget.

Ezeket felhasználják:

- a beteg személyi és gyógyászati adatainak nyilvántartásához,
- a diagnosztizáláshoz,
- a kórházi ágynyilvántartáshoz,
- a kórházi adminisztrációhoz.

Az ilyen tipusu rendszerek egy, vagy néhány kórház ezirányu igényeit szolgálják ki.

A másik csoportba sorolhatók azok a rendszerek, amelyek egy nagyobb közigazgatási terület, vagy város egészségügyi adminisztrációját látják el. Adatbankjában regisztrálják a terület minden lakosának egészségügyi adatait, születéstől kezdve élete végéig, függetlenül attól, hogy orvosi kezelésre szorul-e, vagy sem.

3.4.2. Alkalmazások

A Caroline kórház display rendszere:
A Stockholm-i Caroline Kórház gégészeti osztályán 1967-ben üzembehelyeztek egy számitógépes display rendszert 82, 114, 115/, amely alapkiépitésben a következő egységekből áll:

- Censor 908 tipusu számitógép 8 K szavas memóriával,
- ITT Grafoskop, tasztaturával,
- ITT 411. tipusu 20 csatornás távközlő berendezés, számjegyes adatok bevitelére.

Grafoskopot szereltek fel a mütőben, a főorvosi szobában, a felvételi irodában, valamint a konzultációs röntgen szobában. Adatbeviteli egységet a kórtermekben és a laboratóriumokban.
E rendszer csatlakozik a kórház központi számitógép rendszeréhez, ahol egy IBM 360/40 van. Blokkvázlatát a 10. és 11. ábra szemlélteti.

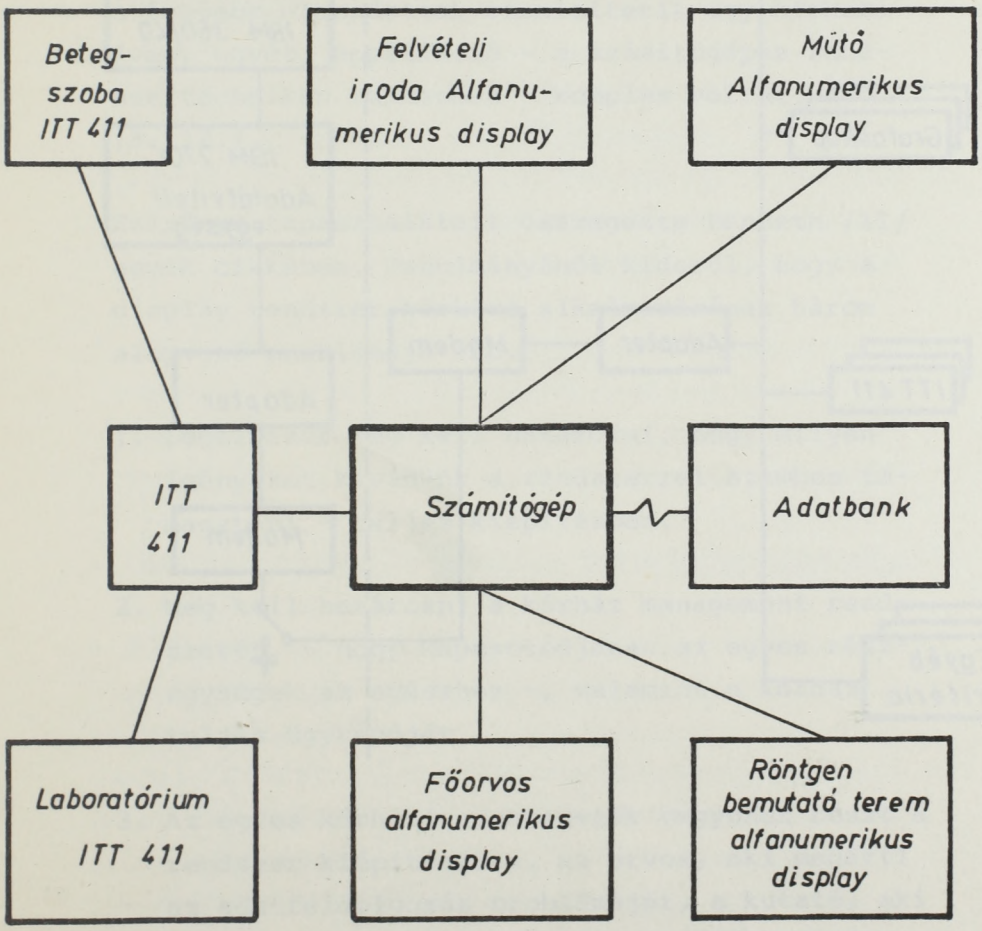
A grafoskopot alfanumerikus adatok, bevitelére és megjelenitésére, valamint numerikus adatok, görbék alakjában való megjelenitésére használják.

Az ITT 411 tipusu adatbeviteli egységet számjegyes információk bevitelére épitették a rendszerbe. Azokon a helyeken, ahol csak numerikus input igény van /labor, betegszoba, stb./ ezeket a készülékeket szerelték fel.

A rendszerbe betáplált medikális vonatkozásu adatok ellenőrzése, valamint könnyebb értékelhetősége céljából az adatok behatárolásról is gondoskodtak. Pl. az emberi test hőmérséklete klinikai szinten 36,5°C-40°C között normálisnak mondható, 40,0°C - 40,5°C valamint 36,0°C - 36,5°C közötti értékek mellett orvosi beavatkozást tesz indokolttá, ezért ilyen értékhatárok között a rendszer azonnal kijelez. 34,0-36,0°C,valamint 40,5-43°C közötti értékek kritikus állapotot jeleznek. Ez alatt és e fölötti hőmérsékleti értékeket a rendszer nem értékel. Hasonló behatárolások vannak az egyéb fizioló-

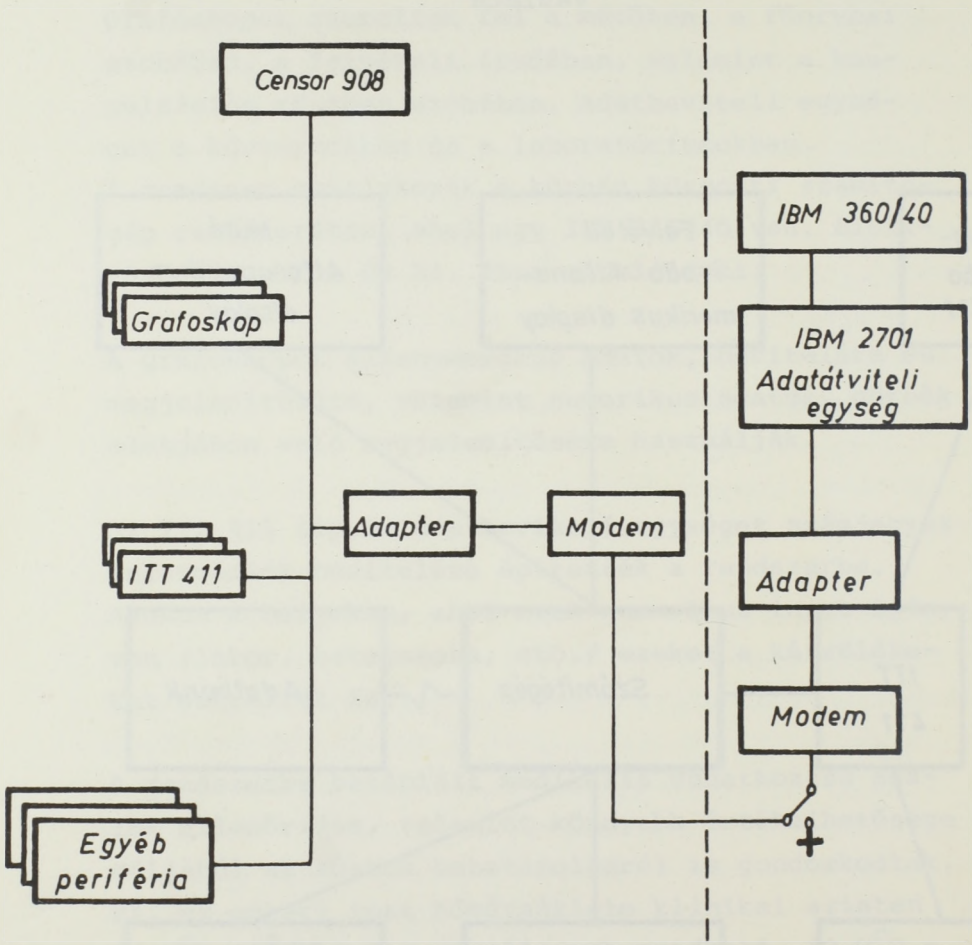
giai paraméterekre is /vérnyomás, pulzus, stb./ Mindennek az automatikus adatbevitel esetén van különös jelentősége.

Kórházi display rendszer blokk-vázlata



10. ábra

A Caroline kórház számitógép-rendszerének blokkvázlata



11. ábra

A kiépitett rendszer lehetővé teszi 7 beteg adatainak különböző készülékeken történő egyidejü megjelenitését. A görbe alakjában kijelezhető 28-féle információ csoportosan jelenithető meg. Egy csoporthoz 5 görbe tartozik, amelyek azonos medikális területhez tartoznak /pl. vérkeringési adatok/. A koordinátákon megjelenitett görbék vizszintes rendezője az időtengely, amelynek egységosztása 1 mp - 1 óra között változhat.

A fentebb elmondottak szemléltetik egy kórházi /vagy egyéb/ applikáció - a számitógépes rendszertechnikán tulmenően - komplex voltát. /9, 12./.

Ezirányu tapasztalatait összegezte Benneth /11/ egyik cikkében. Tanulmányából kiderül, hogy a display rendszer kórházi alkalmazásának három alapvető problémája van.

1. Legelőször meg kell határozni, hogy milyen igényeket kivánunk a rendszerrel szemben támasztani - teljes kiépitésben.

2. Meg kell határozni a kórház management rendszerét, - hogy kapcsolódjanak az egyes részegységek az egészhez -, valamint a kórház teljes ügyrendjét.

3. Az egyes kórházi szakvezetők vegyenek részt a rendszer kiépitésében, az orvos, aki megérti az adatfeldolgozás problémáját, a kutató, aki megérti az orvos és a programozó feladatát, a gazdasági vezető, aki ismeri a többiek munkáját, s benne a saját feladatát, a rendszerszervező, aki megteremti a kapcsolatot az egyes munkaterületek között.

Tanulmánytervben kell rögziteni a kiinduló adatokat, amely a fenti három pontban foglaltak alapján készült és a következőket tartalmazza:

1. Egy rugalmas ügyviteli rendszert, amely meghatároz minden feladatkört egy átfogó és dinamikus betegellátás érdekében.

2. Egy "áramvonalas" adminisztrációs rendszer kidolgozását, amely lehetővé teszi, hogy a szakszemélyzet több időt szentelhessen a betegellátásnak.

3. Növelni a betegellátás hatékonyságát.

4. Növelni a betegekről feljegyzett adatok feldolgozásának lehetőségét, mind gyakorló orvosi, mind kutatói célból.

5. Biztositani a szükséges pénzügyi ügyviteli lehetőséget, amilyen a számlák, fizetési jegyzékek vagy személyzeti adatok kezelése és nyilvántartása.

A rendszer tartalmazza a jellemző sajátosságokat:

1. Egy automata master-t a jelenlegi és a korábbi betegekről szóló rekordok, file-szervezésére.

2. A kórház különböző osztályain felépitett katódsugárcsöves alfanumerikus display készülékek segitségével a kórház személyzete a szükséges adatokat beviheti az adatfeldolgozó s tároló rendszerbe.

3. Gondoskodni kell, hogy illetéketelen személyek a rendszerbe adatokat ne vihessenek be, vagy jelenithessenek meg. /file-titkositás, file-védelem/.

4. Az adatok file-szervezése olyan legyen, hogy az orvos, a kutató vagy az adminisztrátor a betegekről felvett adatok egy csoportjáról is általános áttekintést kapjon /pl. nem, kor, diagnozis, stb. szerint/.

5. A napi megfigyeléseket, a laboratóriumi adatokat, a beteg állapotát jelző megjegyzéseket szükség szerint grafikonok alakjában lehessen megjeleniteni, az idő függvényében.

6. Biztositani kell az oktatási lehetőségeket, megfelelő interaktiv programokkal.

7. Automatikus gyógyszerrendelést, amely rögziti az adag mértékét, az időszakot, amikor azt a betegnek adni kell. Az ápolónő ennek alapján gondoskodik a beteg gyógyszerezéséről.

8. Minden pénzügyi bejegyzés és számla, ami a beteget terheli.

A szemléltetés céljából bemutatjuk, hogy a master milyen kérdéscsoportokat tartalmazhat. Ezek megjelenithetők az alfanumerikus display képernyőjén ürlap formájában, s a kitöltendő részek válaszával teljessé válik az.
Ilyen kérdéscsoportok az alábbiak:

1. Személyi adatok:
   - a beteg neve,
     lakhelye,
     családi állapota,
     vallása,

képzettsége,
foglalkozása,
születési ideje,
neme,
állampolgársága,
biztositási száma.

2. Belépési adatok:
   - dátum,
   jogossági alap,
   a felvétel neme,
   a beteg előzetes tartózkodási helye,
   a beteg jelenlegitartózkodási ideje,
   a felelős hozzátartozó,
   orvosa /hivatala és lakhelye/

3. Ellátás:
   - helye,
   csoport,
   megjegyzés,
   az orvos meghatalmazása,
   a felhatalmazás tipusa,
   az eltávozás gyakorisága,
   a látogatás,
   a visszatérés adatai.

4. A beteg általános viselkedésére vonatkozó bejegyzések:
   - előzetes és folyó bejegyzés,
   a nővés bejegyzései,
   különleges viselkedési adatok.

5. Orvosi feljegyzések:
   - a betegség időtartama,
   a gyógyszeres kezelés,
   a csoport kódja,
   diagnózis,
   a gyógyitási adatok,
   a beteg állapotának adatai.

6. Költségek:
   - szoba és a gyógyitás költsége,
     költség és biztositás,
     egyenleg,
     számlázandó rész, vagy különleges költségek.

7. Családi és ismerős személyek:
   - felelős személy,
     szükséges bejegyzések,
     más vonatkozások /lakcim, telefon, stb./

8. Pszichológus adatai:
   - az idegorvos és pszichológus vizsgálatai,
     vércsoport,
     gyógyszerérzékenység.

3.4.3. Hardware

3.4.3.1. Display

A közvetlen gyógyitó munkához használt alfanumerikus display-nek különleges kivánalmakat is ki kell elégitenie, amelyek a

- nagy képernyő méret,
- grafikonok kijelzése,
- közvetlen csatlakozás TV-kamerához,
- speciális karakterek,
- fénybillentyük,
- egy hard copy lehetőség.

A kórházi munka egyéb területein alkalmazott alfanumerikus display-vel szemben különleges igény nincs. Mind az önálló, mind a közös vezérlésü csoportos display-t használják a rendszer méretétől függően.

3.4.3.2. Számitógép konfiguráció

Kórházi számitógépes display rendszerek alapjában véve kis számitógépekre épülnek. Továbbfejlesztésük esetén - amennyiben több önálló rendszer létezik, - közepes teljesitményü számitógéphez szokták kapcsolni, vagyis ez esetben kialakul egy távolsági információs hálózat /107/. Az alfanumerikus display-t általában helyi üzemhez használják. A rendszerhez nagykapacitásu háttérmemória szükséges.

3.4.4. Software

Az alapsoftware-ben és executiv-ban a többkonzolos lehetőséget biztositani kell. A dialógusvezérlő program elsősorban a diagnosztikai résznél bonyolult, ahol a dialógusfa soklépcsős és ugyanakkor szerteágazó is lehet. A beteg filekezelésnél ugyanez lényegesen egyszerübb, éppugy, mint az ágynyilvántartásnál, valamint a gazdasági ügyvitelnél is.
A diagnosztikai program utasitás interpreterjének elsősorban medikális jellegü információk interpretálása, medikális utasitások kódokká való átalakitása a feladata /92/.

Dialógusprogramok közbeiktatásával lehetőség nyilik - az ürlapmunkán tulmenőnen - rövid mondatok szerkesztésére is, igy párbeszéd alakitható ki a szakszemélyzet és a számitógép között.
Ilyen magasabb szintü software behelyezése a rendszerbe csak a rutin feladatok alapos begyakorlása után célszerü, de előnye, ugyanakkor, hogy a tudományos munkához, valamint az oktatáshoz nagy segitséget nyujt. Kellő adatbank és programkészlet esetén lehetségessé válik, hogy a beteg adatait betáplálva a rendszerbe, előzetes diagnózist kaphat az orvos a számitógéptől, amelyet felülvizsgálva dönti el a betegség gyógyitásának a módját, továbbá szimulációs eljárásokkal a betegség várható alakulására is kaphat adatokat az orvos. Ez különösen mütétek esetén nyujt nagy segitséget neki.

A fizikai file-kezelés bonyolult. A kórházi "üzem" sajátosságaiból fakad, hogy a file-k mozgatása, információtartalmuk változása dinamikus. A háttérmemóriában külön szintet kell kialakitani azok részére, akik

- éppen kórházban vannak, tehát adataik aktuálisak,
- a kórházhoz tartoznak, de csak a betegségmegelőzés szempontjából vannak nyilvántartva,
- volt betegek,
- elhaltak.

A file-ok logikai kezelése, az információ visszakeresés, az updating tevékenység dinamikus.
A különböző szintü háttérmemóriákból az adatok aktualizálása a rendszer velejárója.

Matematikai programcsomag-igény nincs, nem-matematikai program-igény kevés.

3.5. Számitógépes oktatás /Computer Assisted Instruction/

3.5.1. Felosztás

A számitógépes oktatásnak három tipusa alakult ki:
1. Gyakorló rendszerü oktatás
2. "Tutor" rendszerü oktatás
3. "Kérdés-felelet" rendszerü oktatás.

3.5.2. Alkalmazások

A számitógéppel segitett oktatást /CAI/ az iskolai jellegü oktatástól /15, 28, 44, 50, 21, 81, 91, 99, 102, 105/ a számitógépes programok ismertetéséig /17, 38, 56/ számos területen felhasználják. Alapjában véve a CAI-t nem lehet az információs rendszerek csoportjába kizárólagosan besorolni, mert az egyszerü oktatóprogramok /demonstráció/ a kijelző rendszerek csoportjába tartoznak, a CAI más alkal-

mazási területei pedig az interaktiv rendszerekhez sorolhatók. A számitógéppel segitett oktatás 3.5.1. pontban ismertetett felosztását megtartva tekintjük át e területet.

A gyakorló oktatás a CAI legegyszerübb formája. Célja, az ismertetett és tanult anyag begyakorlása. Ez a gyakorlás különbözőképpen történhet. Az ismertetett tananyagból feltett kérdésre ki kell választani a megjelenitett válaszok közül a megfelelőt. A választ a rendszer értékeli. Hibás válasz esetén a program a gyakorlat megismétlésére szólitja fel a kezelőt, vagy megadja a helyes választ.

A gyakorló rendszerü oktatás demonstrációs feladatoknál kerül előtérbe. Ez a metódus még nem használja ki teljesen a számitógépes display rendszer adta előnyöket. Széleskörü elterjedésére éppen ezért nem lehet számitani.
A kezelő /tanuló/ csak a helyes válasz esetén juthat a következő kérdéshez. A gyakorlat befejeztével a megoldások értékelésére /osztályozás/ lehetőség van.

A tutorial oktatást a programozott oktatás számitógéppel segitett változatának nevezhetjük. Lényege, hogy az ismertetésre kerülő tananyagot apró szakaszokra bontják fel, ugyanugy, mint a programozott oktatásnál. Az egyes szakaszok végén feladatlap jelenik meg a képernyőn, amelyet a tanuló az előzőekben szerzett ismeretei alapján tölt ki. E müvelet sikeres elvégzése után juthat tovább a következő tananyag-részre,sikertelenség esetén a leckét meg kell ismételnie.

E rendszernél az oktató szerepe inkább felügyelői, vagy korrepetitori tevékenységre módosul. A tanulónak pedig lehetősége nyilik, hogy saját munka-

végzésének iramában végezze el a feladatát, társaitól függetlenül.

Speciális tananyagok gyors elsajátitására kiválóan alkalmas. Elsősorban ipari jellegü oktatásnál használják, jó eredménnyel.
A számitógép-technika megismerése, a programnyelvek elsajátitása, valamint a programirás megtanulása a rendszer segitségével gyorsitható és megkönnyithető.

A világon mindenütt számitógéptechnikai szakemberhiány van, s még kevesebb azok száma, akik ennek oktatására is alkalmasak. A gyakorlati alkalmazások során elsősorban ilyen jellegü oktatásnál használják, mind az ipari továbbképzésben, mind az egyetemi oktatás területén.

A siemens cég olyan programozási rendszert fejlesztett ki, amelyről azt állitja, hogy lehetővé teszi, hogy a tanuló a kérdésekre adandó válaszát szabadon fogalmazza meg. Mindez fokozza a rendszer hatékonyságát a gyakorlati oktatásban.

A "kérdés-felelet" rendszer a számitógépes oktatás legmagasabb szintü oktatási formája. Lényege, hogy a megoldandó feladathoz a további adatokat a rendszerből nyeri a tanuló /operátor/ a rendszerbe iktatott dialógus vezérlő program segitségével. Az igy létrejött interaktiv kapcsolat révén a tanuló már mentesül a rutinjellegü, vagy részfeladatok megoldásáról, szellemi tevékenységét kizárólagosan a feladat logikai megoldására összpontositja.

Ilyen fajta oktató rendszereket ott hoznak létre, ahol az első tényleges folyamat előtt szimulációs körülmények között készithetők fel a kezelők a valódi feladat sikeres elvégzésére. A légiforgalom irányitás, a szuperszónikus repülőgép, valamint az ürhajó irányitás területén alakitottak ki ilyen jellegü oktató rendszereket.
Ilyen szimulációs rendszert alakitottak ki az Apolló ürhajóprogram keretében is, ahol az utazás előtt lehetséges volt előzetesen gyakorolni a Holdra szállás manőverét.

Az angliai West Drayton-ban létesitendő uj londoni légiforgalom-irányitó központ kezelőit szintén szimulációs rendszer segitségével képezik ki. A rendszer 40-80 repülőgép irányitásának a szimulációját végzi. Igy lehetőség nyilik a megfelelő számu szakember kellő időben történő kiképzésére.

3.5.3. Hardware

3.5.3.1. Display

A számitógéppel segitett oktatásnál alkalmazott alfanumerikus display-vel szemben támasztott igények:
- a nagy képernyőméret,
- a fénytoll,
- a közös vezérlésü csoportos megjelenitő berendezés,
- a témának megfelelő speciális kódok,
- egy hard-copy lehetőség.

3.5.3.2. Számitógép konfiguráció

Általában kis számitógépek megfelelnek - a rendszertől függően. A display készülékek helyi csatlakozásuak, de ez nem megkötése a rendszernek. Kiterjedt CAI alkalmazás esetén távoli állomásokként is müködhetnek dysplay-k

kiegészitve egyéb /teletype, lyukkártya, lyukszalag, iró/olvasó/ perifériákkal.

3.5.4. Software

Alapsoftware és executivnál a multiplex üzemmódot biztositani kell. A dialógus-vezérlés hangsulyozottan fontos szerepet tölt be a számitógéppel segitett oktatásnál. Legfejlettebb formájánál, a "kérdés-felelet" rendszernél egy interaktiv folyamatra épül a tanuló munkája.

Ennek megfelelően a dialógusgráf szerteágazó és mély, az utasitás interpreter bonyolult, a valójában ez a rész képezi a rendszer lényegét.

Fizikai és logikai file-kezelés van, de nem bonyolult, viszonylag rögzitett /mert maga a tananyag rögzitett/. Legtöbb esetben az aktuális anyag befér az operativ memóriába, legfeljebb kismértékü szegmentálhatóság szükséges. Háttérmemória-igénye kicsi.

Matematikai operáció speciálisan matematikai jellegü anyagnál szükséges csupán.
Nem matematikai jellegü programcsomag igény szintén az oktatási anyag jellegétől függ.

3.6. Programozástechnika

3.6.1. Felosztás

A programozástechnika területén a következő alkalmazási tipusokról beszélhetünk.

1. A display az operációs rendszer konzol perifériáját váltja ki,

2. On-line programirás,

3. Program tesztelés /debugging/.

3.6.2. Alkalmazások

1. Alfanumerikus display teletype helyett.

Minden esetben, ha az operációs rendszer konzol-perifériájától hard-copy-t nem kivánunk meg, az alfanumerikus display kiválthatja a teletype-t.

2. On-line programozás.

Egy program elkészitése nagy figyelmet igénylő munkát, a programozási rendszert és nyelvet jól ismerő programozót kiván. A számitógép alkalmazási területek bővülése a programozótól mindinkább különleges szaktudást igényel. Éppen ezért felvetődött annak szükségessége, hogy olyan dialóguson alapuló programokat irjanak, amelynek felhasználásával egy számitógépes szakismeretben kevésbé járatos szakember /pl. technológus, konstruktőr, stb./ - különösebb programozói előképzettség nélkül is - hibátlan programokat legyen képes leirni.

A párbeszéden alapuló programirás jellegzetesen alfanumerikus display-orientált, ahol az ember és a számitógép között kialakuló dialógus eszköze az alfanumerikus display. A fentiek illusztrálására ismertetünk egy párbeszédes alkatrészprogram-iró rendszert, amelyet az MTA AKI-ban Pikler Gyula fejlesztett ki /84./.

Párbeszédes alkatrészprogramozás

A numerikus vezérlésü szerszámgépek gazdaságos használata - többek között - csakis automatikus programozási rendszerrel valósitható meg, ahol az egyes programok gyorsan és hibátlanul készithetők el.
Egy jól képzett programozónak az alábbi ismeretekkel

kell rendelkeznie:

- tökéletesen ismernie kell azt a szimbolikus nyelvet, amelyen az alkatrészprogramot irni akarja /EXAPT1, EXAPT2, 2CL, stb./,

- ismernie kell a számitógépet és az ahhoz tartozó post-processzor által előirt kikötéseket, korlátozásokat, vagy éppen az uj lehetőségeket,

A programot nagyon gondosan kell elkésziteni, vigyázni arra, hogy se szintaktikus, se szemantikus hiba ne legyen benne, mert ellenkező esetben minden hiba kiküszöbölése ujabb programfuttatást igényel, ami mind időben, mind költségben tetemesen növeli a program elkészülését.

Mindezeket kivánja leegyszerüsiteni a párbeszédes alkatrészprogramozási rendszer.

Egy alkatrészprogram négy részre osztható.

- A program fejrész, amely a bevezető információkat tartalmazza az egész program számára /alkatrész neve, alkatrész anyaga, a használt szerszám, gép, stb./,
- a második rész a munkadarab geometriai definicióit tartalmazza,
- a harmadik rész a technológiai adatokat irja le,
- a negyedik részben pedig a végrehajtási utasitások helyezkdenek el.

A párbeszédes programiró rendszerhez szükséges legegyszerübb hardware konfigurációt a 12. ábra mutatja.

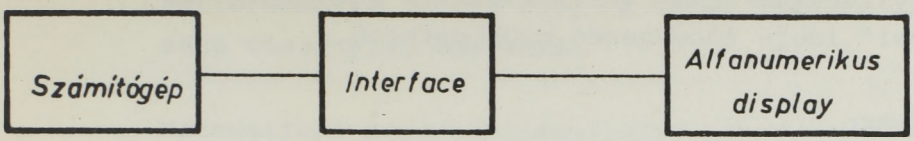
A párbeszédes programozást a számitógépre irt program valósitja meg. Az alkatrészprogram a programozó és a számitógép között végbemenő párbeszéd folyamán alakul ki. A számitógép alfanumerikus alakban teszi fel a

kérdéseit - a display-n keresztül - a programozónak. A programozó a display-tasztatura billentyüzetének használatával adja meg a számitógép kérdéseire a választ. Hibás válasz esetén a számitógép a választ nem fogadja el, hanem figyelmezteti a programozót.
Az egyes utasitások pontos felépitését a programozónak nem kell ismernie, mert a számitógép azt összeállitja. Egyszerü döntéseket, vagy adatokat kell megadni olyan sorrendben, ahogy a számitógép kéri. Egy mondattipus kiválasztása ugy történik, hogy a számitógép egyszerü kérdéseket tesz fel a programozónak. A válaszok alapján a számitógép a legalkalmasabb mondatot már ki tudja választani a memóriából.

Példán mutatjuk be, hogyan történhet egy utasitás felépitése, párbeszédes programozás esetén. Példánkban egy egyenest akarunk meghatározni, amely átmegy az előzőleg már definiált ponton és az x tengellyel egy adott szöget zár be /EXAPT1/.

A képernyőn megjelent kérdések:	Válasz:
Koordinátákkal meghatározott?	
Azonositókkal meghatározott?	
Egy ponttal és hajlásszöggel meghatározott?	+
Pont poziciója	P5
Hiba: előzőleg nem definiált.	
Pont azonositója	P2
Hajlásszög fokokban:	45

L1 = LINE/P2, ATANGL, 45



12. ábra

A számitógép a hibátlanul megirt alkatrészprogramról a listán kivül a lyukszalagot is elkésziti.

A párbeszédes programozás előnyei:

- A programirás lényegesen gyorsabb,
- a külön szalaglyukasztási müvelet elmarad, ami az idő és munkamegtakaritáson kivül a lyukszatási hibák lehetőségeit is megszünteti,
- az eljárás révén csak szintaktikailag és szemantikailag hibátlan programok irhatók, ami a szükséges számitógép idő és a javitáshoz szükséges munkaidő lényeges csökkentését jelenti,
- lehetővé válik, hogy a szimbólikus nyelvben viszonylag járatlan felhasználó is jó hatásfokkal irjon programot.

3. Program tesztelés

A programkészitésnek egy kevésbé fejlett formája, amikor a programozó számára programiró rendszer nem áll rendelkezésére, s igy lehetősége van szintaktikai vagy szemantikai hiba védésére.
Ebben az esetben is előnyt jelent a display-vel irt program, ha hibajavitó program is tartozik az operációs rendszerhez.
A program tesztelő rendszerek az elkészült programok próbafuttatásánál segitenek az operátornak. Ha a próbafuttatás közben valamilyen értelmetlen utasitásra fut a program, a rendszer leállitja a futást és jelzést ad a hiba kijavitására. Az operátor ezenkivül különböző - a hibák felderitését szolgáló - szolgáltatásokat kérhet a rendszertől. Lehetséges például az egyes programrészeknek - az általa megadott adatokkal való - próbafutttatása.

A program-tesztelés segitségével a programok "belövési" ideje lényegesen csökkenthető.

3.6.3. Hardware

3.6.3.1. Display

A programozástechnikai területen alkalmazott display közepes vagy nagy képernyőjü. A hardware kiépités, valamint az alkalmazási követelményektől függően az egy helyen alkalmazott megjelenitők száma változhat. Általában megfelel az önálló display, több munkahelyes kiépitésben alkalmaznak közös vezérlésü csoportos display készüléket is.

A display hardware szolgáltatásokkal szemben a rendszer nem támaszt különösebb követelményt. A tasztatura kiépitésben egy átlag-szolgáltatásokkal ellátott berendezés megfelelő.

3.6.3.2. Számitógép konfiguráció

A programozástechnikai konfiguráció jellegzetesen helyi. A display-t vagy a számitóközpontban, vagy annak közelében helyezik el.

3.6.4. Software

Az alapsoftware és executiv program teljesen a megvalósitott operációs rendszertől függ.

Dialógus-vezérlő programra az operációs rendszernek szüksége van. Strukturája horizontális, vagyis néhány lépéses dialógus-vezérlés lehetséges. Lényegesebb az értelmező rész, amely az adott utasitások értelmezését látja el.

Fizikai és logikai file-kezelésre kismértékben van szükség.

Háttérmemória igénye van, de ennek disc-re való behozása viszonylag egyszerű.

Matematikai programcsomag-igény nincs.
Nem-matematikai program közül a debbuging programoknál speciális hibajavitó rutinokra van szükség.

4. fejezet

Hazai lehetőségek, valamint az alfanumerikus display-rendszerekkel kapcsolatos egyéb kérdések

4.1. Az alfanumerikus display hazai felhasználási lehetőségeiről

A szocialista országokban folyó számitógépes program megvalósitása során a számitógép technika gyors fejlődése várható. A számitógéppel segitett interaktiv tervezés, valamint a számvezérlésü szerszámgép technika kifejlődése, valamint a tudományos tervezés dialóguson alapuló program készitése területén erőteljes fejlődés v árható az elkövetkező években /36/. Folyamatszabályozási rendszerek ellenőrző szerveként célszerü az alfanumerikus display-t felhasználni, ahol termelés irányitásra számitógépet alkalmaznak. Ilyen jellegüek a folytonos folyamatu vegyi üzemek, erőmüvek üzeme. Gyárak, termelésirányitási programjaikat mind gyakrabban oldják meg számitógép segitségével. Több üzemben adatbankot létesitenek a termeléshez szükséges adatok nyilvántartására. Pl: nyersanyag, félkész és késztermék készlet, leltár, stb.

Az adatelőkészités, a számitógépes adatfeldolgozás legmunkaigényesebb munkafolyamata. Az adatok lyukkártyára, lyukszalagra, vagy mágnesszalagra rögzitése közben az adatok helyessége display segitségével ellenőrizhető.

Kutatómunkában a szükséges irodalmi adatok, könyvtárakban cimkeresés céljára felhasználható az alfanumerikus display.

A képernyőn való szövegszerkesztést sok területen lehet kiválóan alkalmazni.

Bank és pénzügyi forgalomban az alfanumerikus display alkalmazásával az adminisztráció csökkenthető. Ilyen többek között pl: a hitelnyujtás, számlaösszeállitás és ellenőrzés, nyugdijszámfejtés.

Kórházakban, klinikákon a display rendszer alkalmazását a 3.4. fejezetben ismertettük. Az SZTK - és a hasonló jellegü más intézmények - hatalmas összpontositott adatfeldolgozó szervezete jól kihasználhatná a gépi adatfeldolgozást.

A koncentráltságból származó előnyöket érvényesiteni lehetne még sok helyen, pl. szállitás területén, a helyfoglaló rendszerek létesitésében, légiforgalomban és egyéb közlekedési vállalatok központjaiban.

Az áruszállitás számitógépes irányitása, az árukészletek gyors diszponálását, valamint a gépjármü park jobb kihasználását segitené elő.

Külön figyelmet érdemel a MÁV-nál meglévő lehetőségek kiadnázása /Sajátkezelésü hirhálózat/. A személyszállitásnál az express vonatok helyfoglaló rendszere, a teherszállitás óriási adat- és ügyvitelforgalma, jó applikációs lehetőség.

A kereskedelmi hálózatban az áruteritésre, a raktárkészletek nyilvántartására, az áruszállitások organizációjára, a számitógépes adatfeldolgozó rendszereket fel lehetne használni és hozzájárulhatnának az ügyintézés gyorsitásához. Angliban - a hazai nagykereskedelmi vállalatoknál kisebb kereskedelmi vállalkozások /Demigross/ is alkalmaznak alfanumerikus display-vel kiegészitett számitógépes adatfeldolgozó rendszert.

A számitógépes oktatás segithetné a számitógépek müködésével, programjaival való megismerkedést, és általában az oktatást - néhány évig néhány kiemelt témakörben. Az alfanumerikus display különleges felhasználása az utasitás közlés és tájékoztatás, például olyan helyeken, ahol a hangos közlés valami speciális okból nem célszerü. Például zajos üzemekben nem lehet megérteni a hangszórót.

Hengermüvek zajos kormányszékeinél utasitások kijelzésére alkalmazható alfanumerikus display. Máshol azért van rá szükség, mert az utasitást nem lehet megjegyezni, például azért mert sok számadatot tartalmaz, vagy a közlés félreértése nagy bajt vagy kárt okozhat.

4.2. Szervezési kérdések

A display rendszer létesitésének két gyakori formája:

- meglévő számitógép-rendszer kiegészitése alfanumerikus display-vel,
- uj számitógép-rendszer alfanumerikus display perifériával.

Mindkét esetben célszerü kidolgozni a régi ügyviteli formáról a számitógépes ügyvitelre való áttérés feltételeit és a szükséges szervezési intézkedéseket. Az Auerbach Co. szervező-tanácsadó vállalat a következőket ajánlja ügyfelei részére. Meg kell állapitani:

- a létesitendő rendszerrel szemben támasztott követelményeket és annak alapján megállapitani, hogy milyen hardware és software szükséges,

- a rendszer felélesztésének és üzemeltetésének anyagi és személyi feltételeit és szervezeti rendjét,

- a rendszer megtervezésének, felélesztésének és üzemeltetésének az ütemtervét.

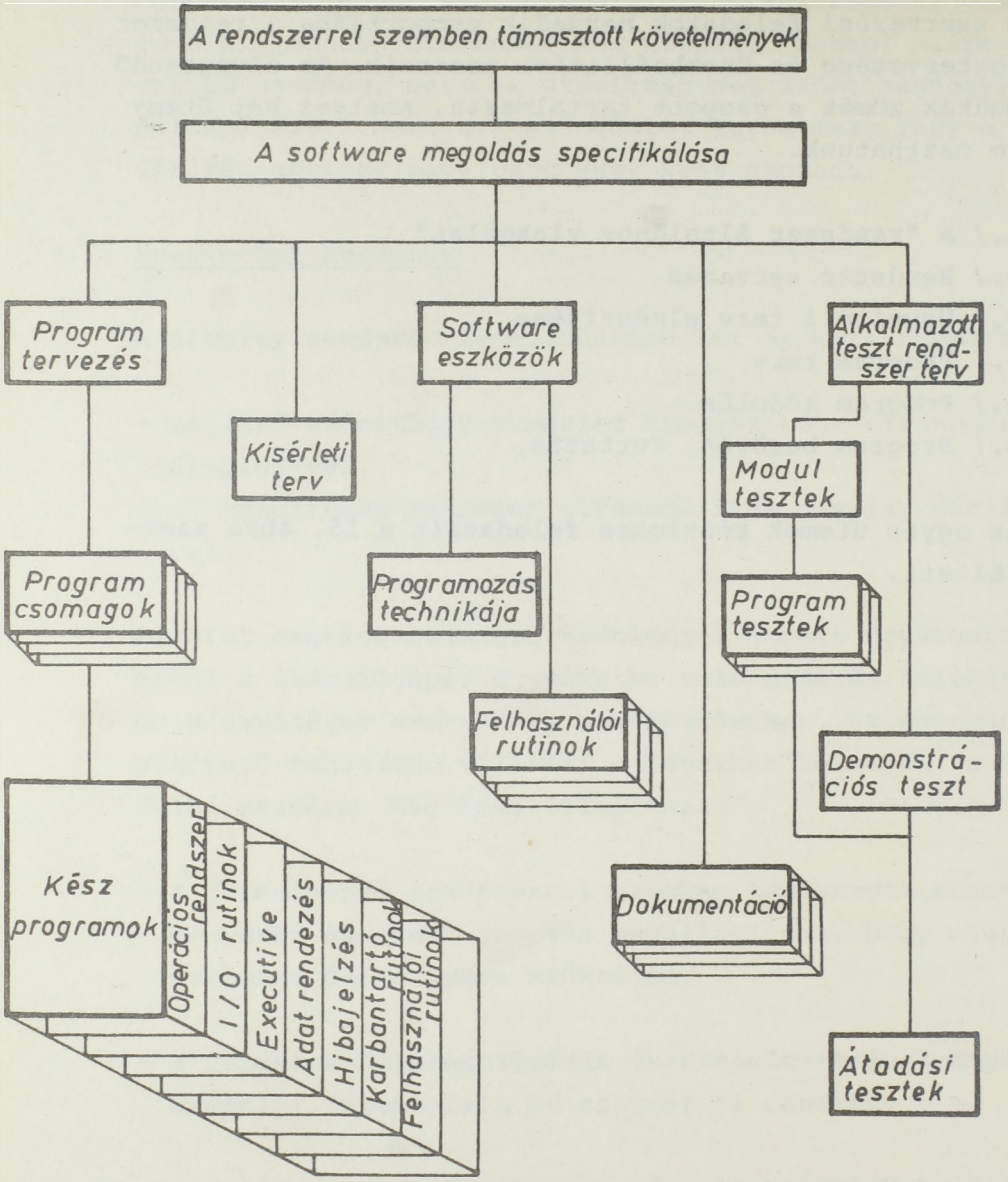
A kialakitandó blokksémára egy példát láthatunk a 13. ábrán, amely egy rendszerrel szemben támasztott követelményeket mutat be.

A második csoporthoz tartozó feladat; meghatározni az egyes munkaköröket, amelyek aktiv résztvétele e feladat megvalósitásához és fenntartásához szükséges. E munkacsoport egy lehetséges szervezeti sémáját mutatja be a 14. ábra.

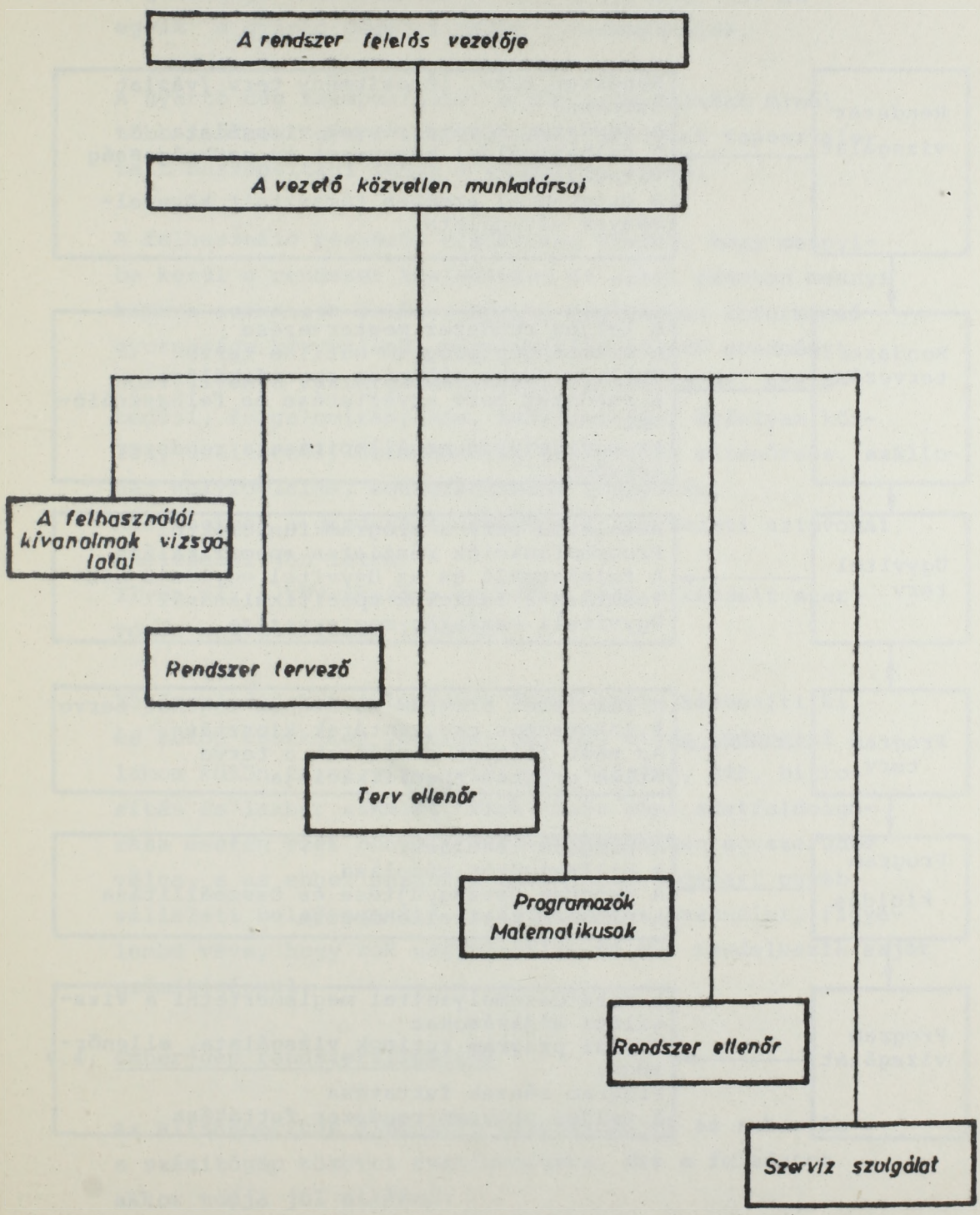
A szervezési feladatok harmadik csoportjába a rendszer megtervezése és üzembeállitása tartozik. Az elvégzendő munkák zömét e csoport tartalmazza, amelyet hat ütemre oszthatunk.

1./ A "rendszer általános vizsgálat"
2./ Rendszer tervezés
3./ Ügyviteli terv elkészitése
4./ Program terv
5./ Program kódolás
6./ Program belövés, futtatás.

Az egyes ütemek részletes feladatait a 15. ábra szemlélteti.

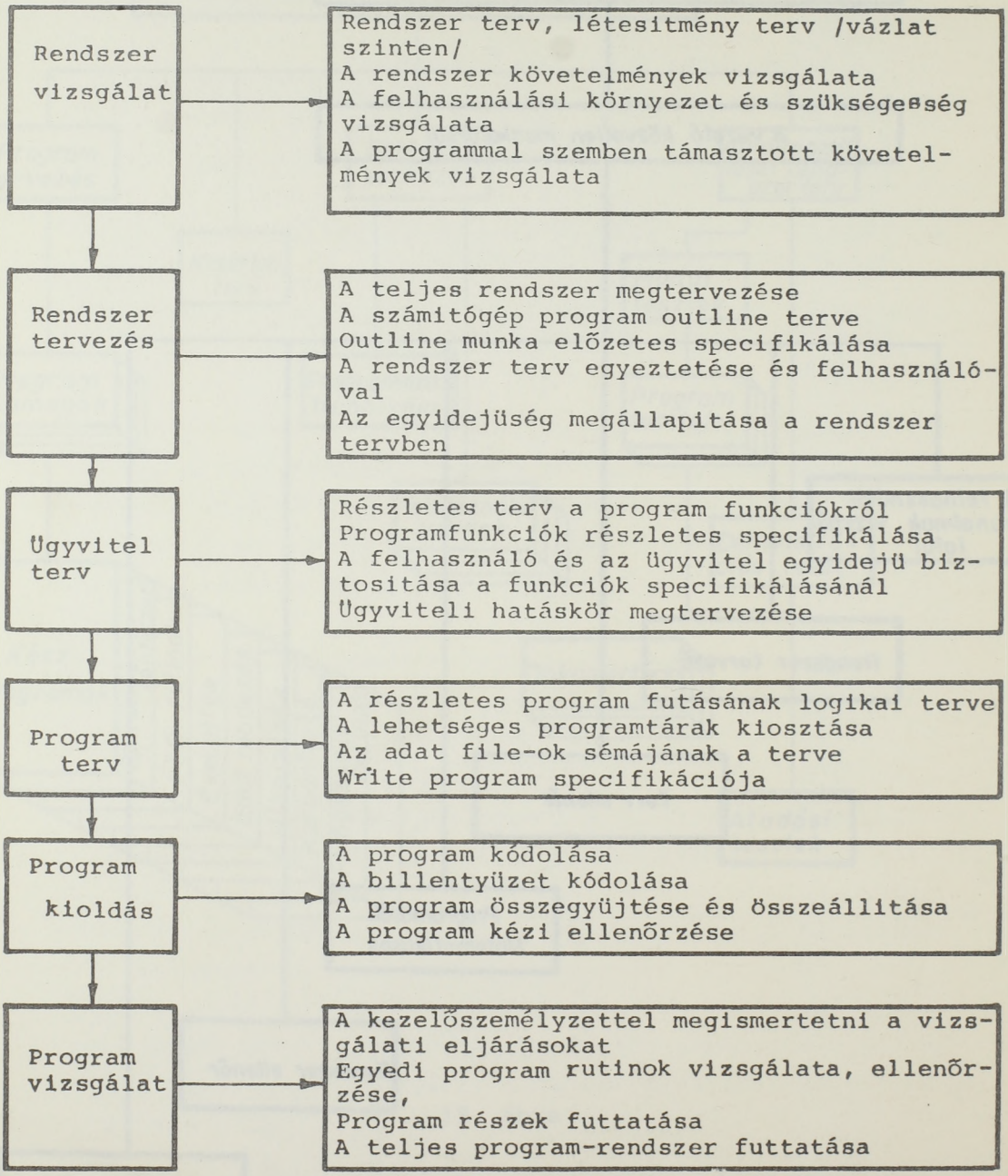

A rendszerrel szemben támasztott követelmények
A software megoldás specifikálása
Program tervezés
Kisérleti terv
Software eszközök
Alkalmazott teszt rend-szer terv
Modul tesztek
Program csomagok
Programozás technikája
Program tesztek
Felhasználói rutinok
Demonstrá-ciós teszt
Kész programok
Operációs rendszer
I/O rutinok
Executive
Adat rendezés
Hibajelzés
Karbantartó futtató
Felhasználói rutinok
Dokumentáció
Átadási tesztek

13. ábra


A rendszer felelős vezetője
A vezető közvetlen munkatársai
A felhasználói kívanalmak vizsgálatai
Rendszer tervező
Terv ellenőr
Programozók Matematikusok
Rendszer ellenőr
Szerviz szolgálat

14. ábra

A programozás egyes fázisai és feladatai



15. ábra

4.3. Gazdasági kihatások

A gazdasági vonatkozásoknak két aspektusa van. Az egyik a gyártó cégé, a másik a felhasználóé.

A gyártó cég szempontjából elsődleges feladat minél több rendszer gyors felélesztése, amelynek tapasztalatait hasznositani lehet a későbbiek során.

A felhasználó részéről elsődleges kérdés, hogy mennyibe kerül a rendszer kialakitása és ezzel szemben mennyi haszna származik belőle. Némely esetben az információ gyorsasága közvetlenül pénzben kifejezhető eredményt hoz. Ilyen a raktárgazdálkodás, kereskedelmi, közlekedési, forgalomirányitás, helyfoglalás, árfolyam közlés, üzeltközés, üzlethálózat irányitás, ellenőrzés, szállodai helyfoglalás, energiahálózat irányitás.
Más esetben a gazdasági eredmény a szervezeti szinvonal emeléséből jön létre.
Ilyen pl. a következő - egyelőre csak elképzelt szervezés megvalósitása lehetne:

Közüzemi dijakat jelenleg a Posta külön kézbesiti ki, és külön csekkeken vételezi be. Egy átlag budapesti lakos külön fizet gáz-, villany, telefon, OTP, biztositás és lakbér számlát. Ezek közös gépi adatfeldolgozása esetén ezek bonyolitása lényegesebben egyszerübbé válna, s az ehhez használt számitógéprendszert egyéb vállalati belső munkára is fel lehetne használni, figyelembe véve, hogy sok nagyvállalat ma már rendelkezik saját számitógéppel.

4.4. Ember-gép rendszerillesztés

Az alfanumerikus display-t felhasználják az ember és a számitógép közötti csatlakozásra. Ezt a feladatot akkor tudja jól ellátni:

- ha a képernyő és a kezelő-részek az emberi munkafeltételeknek megfelelnek,
- ha a munkahelyet is célszerüen alakitják ki,
- ha jó a kezelő személyek kiválasztása és kiképzése,
- és a programokat is munkalélektani szempontok figyelembevételével irják.

4.4.1. Az alfanumerikus display célszerü kialakitása

A katódsugárcső a jelenleg kereskedelmi forgalomban kapható display készülékek képernyője. Az információk az ernyő felületén elektronsugárral gerjesztett foszforbevonaton jelennek meg.

A különböző összetételü foszforok utánvilágitási tényezője változó. Az információt másodpercenként kb 50-szer kell ismételten kiirni a képernyőre, hogy a kép ne vibráljon. A különböző cégek által készitett alfanumerikus display-nél ez az érték gyakorlatilag a 47-67 frissités/mp érték között változik. Megfelelően választott foszforbevonattal vibrálásmentes képet tudnak előállitani. A képminőséget egy normál szemérzékenységü szemlélő rövidebb ideig /kb 10-20 perc/ kielégitőnek érzékeli.

Hosszabb idő után az ember szeme fárad és csökken rekompenzáló képessége.

Ezek a foszforok, amelyek vibrálásmentes képet biztositanak /P31, P39, P4/, olyan szinü fényt bocsátanak ki, amelynek huzamosabb szemlélése a kezelő számára kellemetlen érzetet kelt. Szürőréteg alkalmazásával a fény szine megváltoztatható, a szemnek kellemesebb szintartományba, ezért a képernyő felületét gondosan megválasztott szürőréteggel látják el.

A képcső felületének tükrözésmentes kivitele a kép-

ernyőre eső fényeket elnyeli, s nem veri vissza a kezelő szemébe. A képernyőn megjelenitett szöveg kontraszt viszonyai ebben az esetben javulnak, ami a kezelő személyek fáradását, valamint a képcső gyors tönkremenését gátolja. /t.i. kisebb fényerő mellett is jó képminőség biztositható. /79/.

A készülék és a tasztatura szétválaszthatósága munka szempontjából sok kényelemmel jár.

A tasztatura kialakitása, a billentyüzet jó áttekinthetősége, célszerü elrendezése, a kényelmes kezelési lehetőség biztositéka.

4.4.2. A display környezetének kialakitása

Általánosságban következő szempontokat kell figyelembe venni.

- az alfanumerikus display elhelyezése tegye lehetővé annak kényelmes kezelését,

- a természetes és mesterséges világitás mellett ne alakulhasson ki a képernyő felületén fényreflexió,

- olyan munkahelyeken, ahol a munkafolyamat több órás display munkát kiván meg, célszerü a helyiség szinezését szindinamikai szempontok figyelembevételével kialakitani, hogy csökkentse a szem fáradását,

- a display, irodagép jellegü elhelyezésének biztositását.

A display elhelyezésével kapcsolatosan elsősorban az antropometriai adatokat célszerü figyelembe venni. Ezeket a modern irodabutor méretekénél általában figyelembe veszik. Gondoskodni kell, hogy a tasztatura mellett legyen elegendő szabad rakodóhely, a kezelő munkájához szükséges, egyéb segédeszközök számára.

A helyiség szine olyan legyen, hogy hosszu display munkát követelő munkahelyeken - a kezelő látómezejébe a képernyő szinének komplementerje kerüljön. Ilyen jellegü igények általában sok-munkahelyes display rendszereknél jelentkeznek.

Célszerü gondosan kialakitani a munkahely komfortját, hő és zajszintjének kellő megválasztásával.

4.4.3. A kezelőszemélyek, munkaidő

A display kezelők foglalkoztatásukra és szakképzettségükre nézve különbözők lehetnek.
A szakaszosan vagy rövid ideig display-munkát végzők gyors fáradásával nem kell számolni, de a napról-napra többórás konzolmunkát végzőknél a fáradási tényező alakulását már figyelembe kell venni. Napi munkabeosztásukat ennek megfelelően kell kialakitani.

I R O D A L O M J E G Y Z É K

+F+ = folyóirat
+K+ = könyv
+R+ = Report
+P+ = Prospektus

1. ALLEN T.R. Input/Output Software Capability for a Man-Machine Communication and Image Processing System. +R+ FJCC Proceedings 1964. p. 387-3 396.

2. ARONSON R.L. On-line Computer Plans and Monitors Flight Operations. +F+ Control Engineering 1969. 12. p. 95-97.

3. BAKER J.D. A Protest Concerning Existing Display Dogma for Information System. +K+ p. 429-433.

4. BARMACK _J. Human Factor Problems in Computer Generated Display. +R+ 1966.

5. BARTIK J.J. Mini Computers Turn Classic. +F+ Data

6. BELL G.L. Legibity of teletypewritter Symbols on Television. +R+ MTR-388 Bedford Massat-cussetts 1967.

7. BELL G.L. Studies of Display Symbol Legibity. +R+ Mitre Corporation Bedford Massatchussetts MTR-266 1966.

8. BENNETT W.L. STROEBEL C.F. Designing plychiatric computer information systems: problems and strategy. +F+ Compu-ter Psychiat 1967. 8.

9. BENNETT W.L. The system Approach to hospital automation. +F+ Hospital Financial Management Journal 1969. 1.

10. BENNETT W.L. How to live with a computer and like it. +F+ Medical Record News 1968. 3.p. 42-44.

11. BENNETT W.L. A three step plan for automation. +F+ Hospitals 1967. 41.p. 61-66.

12. BENNETT W.L. A viable computer based hospital information system. +F+ Hospital Management 1967. p. 43-47.

13. BERMAN MELVYN L. On-Line File Manipulation and Display System. +R+ NASA Contract NASI 7006 1967.4.

14. BITZER D. PLATO: An automatic teaching device. +R+ IRE Transaction Education 1961. p.157-161.

15. BITZER D. LYMAN The uses of PLATO a computer controlled teaching system. +R+ University of Illionis Report 262. 1965.

16. BJÖRKMAN L.A. 16 sidor om ADB i Sverige. +F+ Modern Datateknik 1969. 4.p. 19-34.

17. BOHNERT L.M. User-oriented languages for self-education. +R+ IFIP World Conference on Computer Education 1970. 3.p. 159-165.

18. BRANDT A. How a manager can talk to a computer? +F+ Financial Times 1968. 11. p.17.

19. BURDETT D. SCHILDKRET A. Education of computer hardware and software in a CAI. environment. +R+ IFIP World Conference on Computer Education 1970. 3. p. 51-70.

20. BUSCH A.C. How do we get from theory to practice? +R+ IEEE Conference Cambridge 1969. 9.

21. BUSHNIL The computer in american education. +K+ John Wiley Sons 1967.

22. BÜRKI W. Integrierte management-information system +F+ Industrielle Organisation 1969. 6. p. 249-256.

23. CARMODY S. A hypertext editing system for the /360. +R+ Center for Computer 8. Information Sciences Brown University Providence RHODE ISLAND. 1969. 3.

24. COLE M. Operational software in a disc- oriented system. +R+ FJCC Proceedings. 1964. p. 351-362.

25. COONS S.A. Computer graphics and innovative engineering design. +F+ Datamation 1966. 5. p. 32-34.

26. CRAVEN W.F. Protecting hospitalized patients from electrical hazards. +F+ Hewlett-Packard Journal. 1970. 3.p. 11-17.

27. CROPPER A.G. EVANS S.J.W. Ergonomics and computer display design. +F+ Computer Bulletin 1968. 7.

28. DILLON H.W. Computers in service to libraries of the future. +R+ Spring Joint Computer Conference. 1969. p. 44-45.

29. DOBRINER R. Will computers eliminate the specialist? +F" Electronic Design 1969. 12. p. 30-32.

30. DOMBAL F.T. The teaching of clinical diagnosis using a computer based system. +R+ IFIP World Conference on Computer Education 1970. 3. p. 77-78.

31. Mc DONALD N. The role of computers in education. +F+ Computers and Automation 1964. 4. p.13-14.

32. DUPPING O. Planering med datamaskin. +F+ Teknisk Tidskrift 1968. 3. p. 191-193.

33. ENGELBART D.C. Augmenting human intellect: experiments, concepts, and possibilities. +R+ Stanford Research Inst. Menlo Park. Calif. 1965.3.

34. ENGELBART D.C. Research on computer- augmented information management. +R+ Stanford Research Inst. Menlo Park. Calif. 1965. 3.

35. ENGLISH W.K. ENGELBART D.C. Computer aided display control. +R+ Stanford Research Inst. Menlo Park Calif. 1965. 7.

36. FERENCZY J. KOVÁCS M. Számitógépes interaktiv tervezés. +R+ MTA-AKI Közlemények 1969. p. 177.

37. FERGUSON K.M. The computing counter gets its keyboard +F+ Hewlett-Packard Journal 1970. 3. p. 2-10.

38. FEUERZEIG W. The PDP-1 computer as a teaching aid in problem solving. +R+ Proceedings of the Digital Equipment Computer Users Society. 1963. p. 203.-213.

39. FLORES I. Virtual memory and paging +F+ Datamation 1967. 9. p. 44-48.

40. FORGÁCS T. Interactive programming system for manipulating tabular data on alpanumeric displays. +R+ First Yugoslav Seminar on ADP Zagreb 1969.

41. FRIEDLANDER G.D. At the crossroads in air - traffic control. +F+ IEEE Spectrum 1970.7. p. 26-40.

42. GAGLIARDY V.O. YING C.G. HOLT L.G. Mathematical programming techniques for information system design. +R+ Electro-Systems Div. Technical Documentory Rep. 1964.

43. GARDINER E.M. Group display design for multi-man decision making. +R+ IEEE Conference Cambridge 1969. 9.

44. GENTILE J.R. The first generation of CAI systems. +F+ Communication Review 1966. 1.

45. GLADWIN B.J. The utilisation of graphic display units as the main form of computer input. +F+ Computer Journal 1970. p. 114-117.

46. GOSCH J. Terminal maker hopes to cash in on Bonn's postal time-sharing plan. +F+ Electronics 1969.10. p. 20.E.

47. GÖHRING W. Eingabe handschriftlicher Zeichen über einen Bildschirm und ihre Erkennung. +F+ Elektron Rechenanlage. 1970. 12. p. 188-193.

48. GRAY J.C. Computer aided design. Theory and scope. +F+ Production Engineer 1968. 9. p. 435-438.

49. GRAFSTEIN R. Thermocromic display. +R+ Recent Advences in Display Media. 1968. p, 53-62.

50. GRIESEN J.V. Programs in the tutorial evoluation system. Harvard Med. School Rep. Boston. 1968. 2.

51. HAAVIND R. Man-computer "Partnerships" explored. +F+ Electronic Design 1969. 2. p. 25-32.

52. HAKANSON G. ADB gjort tillverkningsunderlang +F+ Teknisk Tidskrift 1968. 5. p. 347-351.

53. HATVANY J. Are displays good for us?

54. HATVANY J.

55. HAMBURY J.N. An economical display system. +F+ The Computer Bulletin. 1969. 9. p. 314-322.

56. HARRISON M.I. The Elliott computer-based learning system. +F+ Programmed Learning and Educational Technology. 1968. 1. p. 66-71.

57. HENRY F. Programmierung für Management Informationsysteme. Zeitschrift für Datenverarbeitung. +F+ 1969. 7. p. 464-466.

58. HUGHES A.D. Desired characteristic of automated display consoles +R+ Proc. of Society of Information Display. 1969. 1. p. 46-50.

59. JOHNSON A.R. The active, self-organising interface. +R+ IEEE Conference Cambridge. 1969. 9. p.

60. JOHNSON A.R. Sketchpad III. - A computer program for drawing in three dimensions. +R+ Proc. Spring Joint Computer Conference. 1963. p. 347-353.

61. KAMMAN A. LITTLE A. The uses of display terminals for business applications. +F+ Computers and Automation 1970. 4. p. 15-17.

62. KELLY G.L. A novel interface for a man-machine display system. +R+ IEEE Conference Cambridge. 1969. 9. p.

63. KENNEDY D.W. A survey of laser display. +R+ Recent Advances in Display Media. 1968. p. 93-112.

64. KINNEY G.C. MARSETTA M. STTOWMAN D.J. Studies of display symbol legibity. +R+ Mitre Co. Bedford Massatchussetts.

65. KOCKMAN A.F. Educational applications of the system analisis and system synthesis processes. +F+ Design News 1969. 12. p. 97-138.

66. KURTZ T.E. The many roles of computing on the campus. +R+ Spring Joint Computer Conference. 1969. p. 649-656.

67. LALLY K.P. Multicolor electroluminescent display. +R+ Recent Advances in Display Media. 1968. p. 123-132.

68. LADÁNYI L. FORGÁCS T. Alfanumerikus display csatlakozó felületei.

69. LAVOIRE F.J. Minicomputers. +F+ Machine Design 1969. 12. p. 54-60.

70. LICHTENBERGER W. PLATO II. Multiple student computer consoles teaching machine. +R+ Programmed Learning and Computer Based Institute. 1962.

71. LICKLIDER J.C. A picture is worth a thousand words. +R+

Proc. of Spring Joint Computer Conference. 1969. 34. p. 617-621.

72. LUNDERSTADT R. Technic und Anwendung von Datensichtgeräten. +F+ Automatik 1969. 10. p. 265-270.

73. LUSK J. Rizeni podniku a informaci system. +F+ Podniková Organizace 1970. 2.p. 39-43.

74. LYMAN Description list of PLATO programs 1960-66. +R+ University of Illionis. Rep. - 296.

75. MACHOVER C. Putting graphic devices to good use. +R+ Computer Graphics 1970. 4.

76. MALLEBREIN R. Die Zukunft der Datensichtgeräte hatt begonnen. +F+ Datenferarbeitung. 1970. 2. p. 53-58.

77. MOSKOVA T.T. MOSKOV A.T. An optimal strategy for computer education. +R+ IFIP World Conference on Computer Education. 1970. 3.p. 97-101.

78. MURPHY B.M. A new educational structure for the computer age. IFIP World Conference on Computer Education 1970. 3. p. 19-22.

79. MURGIO M.P. Communications graphics. +K+ Van Nostrand Reinhold Company New- York 1969.

80. NEUMANN J. Válogatott előadások és tanulmányok. +K+ Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó V. 1965. p. 101.

81. PACKER R.E. Computers in education. +F+ Computer and Automation 1964. 3. p. 27-28.

82. PETTERSON S.O. Patient-data monitoring system. +F+ Electrical Communication. 1969. 2. p. 147-152.

83. PETROVICS M. Elektronikus számitógépen való egyidejü oktatás 16 hallgató részére a Toulouse-i egyetemen. +F+ Maa. 1969. 11-12. p. 294-296.

84. PIKLER GY. Párbeszédes APT-rendszerü alkatrész program iró rendszer. +R+ MTA-AKI 1970.

85. PLUGGE W.R. American Airlines "SABRE" electronic reservation system. +R+ Western Joint Computer Conference. 1961. 5.p. 593-601.

86. RANDA G.C. Design of a remote display consoles. M.I.T. Laboratory Rep. 1962.

87. RIHACZEK K. Grossanlagen der elektronisen Datenverarbeitung. +F+ Informationtechnic. 1969. p. 512-520.

88. RICE P. Electrostatic display. +R+ Recent Advances in Display Media. 1968. p. 89-92.

89. RIDGWAY M. Medical electronics; Infant with promise. +F+ Electronic Design 1969. 1. 60-63.

90. Ridsdale B. The visual display unit for data collection and retrieval. +R+ Computer Graphics. 1970. 4.

91. ROMANO A. Computer assisted instruction. +R+ IFIP World Conference on Computer Education. 1970. 3. p. 23-27.

92. ROSENBERG M. ERICSON R.P. The clinician and the computer-affair. marriage or divorce? +F+ Suplement to the American Journal of Psyhiatry 1969. 7.

93. SCHUYTEN P. Jumbo-jet age means airlines must take electronic route on the ground too. +F+ Electronics 1969. 11. p. 129-135.

94. SHERR S. Fundamentals of display design. +K+ John Wiley Sons. 1968.

95. SHERR S. Generalized aquations for display system design. +R+ Spring Joint Computer Conference. 1969. p. 148-158.

96. SIDERS R.A. Computer aided design. +F+ IEEE Spectrum 1967. 11. p. 84-92.

97. SINNOTT R.C. Magnetic display devices. +R+ Recent Advences in Display Media. 1968. p. 81-88.

98. SINGLETON W.T. Current trends towards systems design. +F+ Ergonomics for Industry 1966. 12.

99. SMEDLEY J. Hippocrates Computerises. +F+ Data System 1970. 7. p. 24-44.

100. SMITH S.L. Man-computer information transfer. "R" Spartan Washington D.C. 1963.

101. SMITH R.W. Modeling instruction using computer generated dialoge. +R+ IFIP World Conference on. Computer Education. 1970. 3.p. 1-36.

102. STOLUROW L.M. SOCRATES - System for Organisation Content to Rewiew and Teach Educational Subject. +R+ 7 th Annual Industrial Engineering Proceedings. 1965.

103. SUPPES P. Computer- based mathematics instruction +R+ University of Stanford. 1966.

104. SWETS J.A. FEUERZEIG W. Computer aided instruction. +F+ Science 1965.

105. THOMAS B.J. CAI and Education: unanswerd question. +F+ Computer Weekly 1970. 4. p. 7-11.

106. Van Der Heyden Fludic display. +R+ Recent Advances in Display Media. 1968. p. 71-80.

107. WALTER L. Hospital automation: Something more than a computer. +R+ Spring Joint Computer Conference. 1969. p. 709-714.

108. WATSON W.A. Aiding the input operator in automated message systems. +R+ Human Factors Society. 1964.

109. WILLSON R.H. The plasma display. +R+ Recent Advances in Display Media. 1968. p. 113-122.

110. WOLFE R.E. Multiple minicomputers go to work for large time-sharing application. +F+ Data Processing Magazine. 1970. 9. p. 33-37.

111. - Display termanals prices trimmed to fit into more school, offices. +F+ Electronics 1969. 4. p. 119-122.

112. - Alfanumerikus megjelenitő készülék részletes rendszervázlata. +R+ MTA AKI Közl. 1969.

113. - Alfanumerikus és grafikus megjelenitő készülék.

114. - ITT alfaskop. Data display system. +P+ Standard Radio Telefon A.B.

115. - ITT Alfaskop. Data display terminal. +P+ Standard Radio Telefon A.B.

116. - New York City's Sprint. +F+ Data Systems 1970. p. 38-44.

117. - Manual IBM 9000 series airline reservation systems rmote equipment. +R+ A 22-6640 -

118. - Visual information display systems. +R+ Auerbach Co. 1968. p. 1-95.

119. - A survay of airline reservation system. +F+ Datamation 1962. 6.

120. - New applications. +F+ Software Age. 1970. 6. p. 5-7.

121. - Automatisme 1969. 9. p. 468-474.

122. - Special report on computers. +F+ International Management 1969. 11.

123. - Electronics Markets. +F+ Electronics 1969. 1. p. 107-111.

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

343.084

2 VI

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET

KÖZLEMÉNYEK

1972

9

FORTRAN-BÁZISU INFORMÁCIÓ TÁROLÓ- ÉS VISSZAKERESŐ PROGRAMNYELV A CDC 3300 SZÁMÍTÓGÉPRE

Gyürki József
tudományos munkatárs

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

1972

A kiadásért felelős:

Dr. Vámos Tibor
az
MTA Számitástechnikai és Automatizálási
Kutató Intézetének
igazgatója

Készült az Országos Müszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ házi
sokszorositójában
F.v.:Janoch Gyula

Tartalomjegyzék

oldal

BEVEZETÉS 5

1. ÁLTALÁNOS JELLEMVONÁSOK 6

1.1 Terminológia 6
1.2 Tárolás és visszakeresés 7
1.3 Karakter-készlet 8
1.4 Adatelőkészités és formátum 8

2. AZ INFØL FŐ FÁZISAI 10

3. A TÉTELEK JELLEMZÉSE 12

3.1 Tétel kategóriák 12
3.2 Tétel tipusok 13
3.3 Tétel számok 15
3.4 Adat bevitel módja a file-ba 15

4. A FILE LÉTREHOZÁSA /ESTABLISHMENT/ 16

4.1 Tétel leirás 17
4.2 Kategória és tipus 18
4.3 Kódok 18
4.4 Elem és tétel érvényesités 19
4.5 Kezdeti bemenet 22

5. INFORMÁCIÓ VISSZAKERESÉS 23

5.1 A kritériumok hierarchiája 24
5.2 A kritériumok leirása 25
5.3 Logikai kapcsolók és zárójelek 29
5.4 Az információ prezentálás és report tipusok .. 31

6. FILE VÁLTOZTATÁS 32

6.1 Diszkrét file változtatás 33

7. FILE MÓDOSITÁS 35

7.1 Tétel leirások 35
7.2 Kategória és tipus specifikáció 36
7.3 Kódok 36
7.4 Érvényesités 37
7.5 A módositott file 37

8. ÉRVÉNYESITÉS 38

9. STATISZTIKAI ADATNYILVÁNTARTÁS 38

10. FILE-OK KONKRÉT LÉTREHOZÁSA ÉS VIZSGÁLAT TIPUSOK . 40

FÜGGELÉK I. 45

FÜGGELÉK II. 57

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS 5

1. ALAPFOGALMAK 6

1.1 Termelőeszköz 6
1.2 Termelés és vállalkozás 7
1.3 Karakter-készlet 8
1.4 Adatelőkészítés és formátum 8

2. AZ INPUT FŐ FÁZISAI 10

3. A TÉTELEK FELDOLGOZÁSA 12

3.1 Tétel kategóriák 12
3.2 Tétel típusok 13
3.3 Tétel azonosítók 15
3.4 Adat bevitel módja a file-ba 15

4. A FILE LÉTREHOZÁSA /KEZELÉSE/ 16

4.1 Tétel jelzés 17
4.2 Kategória és típus 18
4.3 Kódok 18
4.4 Elem és tétel érvényessége 19
4.5 Kezdeti bemenet 22

5. INFORMÁCIÓ VISSZAKERESÉS 23

5.1 A kritériumok bizonytalansága 24
5.2 A kritériumok leírása 25
5.3 Logikai kapcsolók és zárójelek 29
5.4 Az információ prezentálás és report típusok .. 31

6. FILE VÁLTOZTATÁS 32

6.1 Diszkrét file változtatás 33

7. FILE MŰKÖDTETÉS 35

7.1 Tétel jelzések 35
7.2 Kategória és típus specifikáció 36
7.3 Kódok 36
7.4 Érvényesítés 37
7.5 A módosított file 37

8. ÉRVÉNYESÍTÉS 38

9. STATISZTIKAI ADATNYILVÁNTARTÁS 38

10. FILE-OK KONKRÉT LÉTREHOZÁSA ÉS VIZSGÁLAT TÍPUSOK . 40

FÜGGELÉK I. 45

FÜGGELÉK II. 57

Készült az Országos Műszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ házi sokszorosítójában
F.v.: Jancsó Gyula

BEVEZETÉS

Ezen ismertető célja az, hogy a CDC 3300 számitógépen rendelkezésre álló átfogó információ tároló és visszakereső rendszert leirja felhasználói szinten. Vagyis feltételezzük, hogy az olvasó tisztában van a nagy tömegü szöveges és numerikus információ-strukturák tárolásának fontosságával, a saját területén felmerülő információ tárolás és visszakeresés jellegével és céljával.

Nem kivánjuk a rendszer belső strukturáját ismertetni, mivel ezen sajátságok a felhasználó számára közömbösek. Csupán a "külső" adatstruktura formai megadásával és a nyelv használatának szabályaival foglalkozunk, mivel ez szükséges ahhoz, hogy a rendszert hatásosan /vagy egyáltalán/ használni lehessen. Amint a soron következő leirásból kiderül, a rendszer olyan átfogó és potenciálisan nagy lehetőségeket tartalmaz, hogy a gyakorlatban előforduló összes /és racionálisan elképzelhető/ információ-struktura és a belőlük képzett file-ok kezelését lehetővé teszi.

Bár az INFOL rendszer tetszőleges információ strukturák /személyzeti file-ok, raktárak dokumentációja, stb./ kezelésére alkalmas a jelenlegi adaptálás a számitógépes tervezés /főleg gépipari tervezés/ által megkivánt információ és ismeretanyag tárolásához és a tervező számára történő prezentálásához készült. Ezt a rendszert szándékozunk /legalábbis a modellezés és előkisérletek fázisában/ a számitógépes adatptiv szerszámgépvezérlés /elsősorban csoportos szerszámgépek vagy szerszámgépes mühelyek esetén/ során felmerülő nagy tömegü információ tárolására és az irányitás által megkivánt információ darabok kiválasztására, valamint felhasználására használni.

A nyelv részletes leirása után az I.Függelékben egyszerü alkalmazási példákon keresztül bemutatjuk az INFOL alkalmazásának módját, elősegitve ezzel a leirás megértését is. A II.Függelék a gépipari alkalmazás tervezett koncepcióját, az alkalmazási területeket ismerteti vázlatosan.

1. ÁLTALÁNOS JELLEMVONÁSOK

Az INFOL olyan általános információ tároló és visszakereső programnyelv és rendszer, amellyel file-ok felépitése, a file-ból meghatározott tulajdonságoknak eleget tevő információ-darabok kiválasztása és további felhasználásra történő prezentálása, a file kiegészitése és revideálása végezhető. A kiválasztott információ darabok prezentálása mindig eredeti formájában történik. Hasonlóképpen az információ természetes formáját kell bemenetként a file felépitésekor, kiegészitésekor és revideálásakor megadni.

Minden információ egység /és alapegység/ változó hosszuságu lehet. A belső tároláshoz és visszakereséshez szükséges kódolást és dekódolást a rendszer önmüködően végzi. Szöveges diagnosztikát ad a folyamat minden fázisról, amivel elősegiti a hibakeresést az adat deck-ben vagy a visszakeresést inditó kritériumban. Jelenlegi formájában a kimenet nyomtatott report lehet vagy lyukasztott kártya deck, amit további célra felhasználhatunk. A programnyelv nem interaktiv sajátságu, minden utasitást és adatot kártyán kell beadni. Viszont néhány formai megkötéstől eltekintve mind az utasitások, mind az adatok "szabad" formátumuak lehetnek.

1.1 Terminológia

A rendszerben a FILE a legnagyobb információ egység. Egyidejüleg a rendszer csak egy file-val tud foglalkozni a tároló médium jellege és célszerüségi okok miatt. A file azonos jellegü ELEMEK halmaza. Például a file elemei megmunkáló szerszámok, legyártandó alkatrészek vagy intézeti dolgozók, raktáron lévő villamos alkatrészek, stb. lehetnek. Az egyes elemeket részletesen a TÉTEL-ek /ITEM/ segitségével irjuk le és az egyes tételek tartalmazzák a vizsgálatokhoz szükséges információ darabokat. A tételeknek a felhasználó által definiált AL-TÉTEL-ei /SUB-ITEM/ is lehetnek. A felhasználó dönt arról, hogy az általa definiált file elemeinek milyen tételei és altételei legyenek. Az INFOL bizonyos határon belül fogad el elemeket a file-on és

tételeket az elemen belül, azaz a tároló médium és a nyelv korlátai miatt bizonyos elemszámot és tételszámot nem haladhatunk meg.

A tételeket rövid szöveges leirással definiálhatjuk. Az előbbiekben emlitett al-tételeket ugy értelmezzük, hogy minden altétel egyenrangu a többivel, vagyis helyesebb a TÖBBSZÖRÖS TÉTEL elnevezés, mivel a több altétel egy névvel szerepel. Ez természetesen nem zárja ki, hogy a visszakeresés a többszörös tétel valamely altételére vonatkozzon. A felhasználónak nem szükséges az altételek maximális számát korlátozni vagy azt, hogy hány karakter engedhető meg egy-egy altételre. Természetesen az előbbiekben emlitett okok miatt létezik abszolut felső korlát egy többszörös tételben megengedhető altételszámra és információ hosszuságra. Ezzel a kérdéssel is foglalkozunk még a továbbiakban.

1.2 Tárolás és visszakeresés

Ez a két alapvető funkció, amit a rendszer ellát. Tárolás alatt értjük a külső információ-struktura belső adatstrukturává történő konvertálását, akár kezdeti információból történő file felépitésről, akár annak későbbi kiegészitéséről, módositásáról, revideálásáról van szó. Szintén a tároláshoz tartozik a bevitt adattömegnek bizonyos tároló médiumon történő tényleges elhelyezése. Ez a médium jelenleg mágnesszalag vagy diszk, amely a második nagy funkcióhoz, a visszakereséshez a bázist jelenti.

Visszakeresés alatt azt a müveletet értjük, amikor bizonyos specifikált követelmény kielégitő tárolt információt a file-ból kiválasztunk. A visszakeresés két fő lépést tartalmaz, nevezetesen a felhasználó által a hétköznapi /illetve számitógépes/ nyelveket imitáló szemantikával leirt visszakeresési kritérium értelmezését és feldolgozását, majd a kritériumot kielégitő információ daraboknak a file-ból való kikeresését és a felhasználó felé /a kivánt kimenő egységen és formában/ való megjelenitését. A tárolás és visszakeresés további részfeladatokra bontható, amelyeknek inditását a felhasználó által megadott vezérlő utasitások végzik. A vezérlő kártyáknak meghatározott sorrendiségük van, ami a felhasználó igénye és az információ

struktura vagy a vizsgálat jellegétől függően változik. Az egyes alfázisokat és azok vezérlő szavait a következőkben részletesen ismertetjük.

1.3 Karakter-készlet

A karakter készlet megegyezik a szabványos számitógépes input-output berendezéseken, illetve a FORTRAN programnyelvben megengedett karakterekkel. A * /asterisk/-nak valamint a jobb- és baloldali zárójelnek speciális szerepe van INFOL nyelven belül. A * kizárólagosan információ darabok szétválasztására szolgál /ez az INFOL univerzális szeparátora/, ezért bemenő információban /illetve adatban/ való előfordulása csak az INFOL nyelvi sajátságainak megfelelően engedélyezett. /Vagyis olyan információ nem jelenhet meg a bemeneten, amely az INFOL-tól függetlenül tartalmaz asteriskot./ A zárójelek a bonyolult logikai utasitásokat tartalmazó visszakeresési kritériumokban szerepelnek szeparátorként, illetve a megszokott módon a komplex utasitások tördelésénél. Ez azonban nem zárja ki, hogy szöveges bemenő információ zárójeleket tartalmazzon hosszu karakter láncokban, mivel nem valószinü, hogy ezekre bonyolult visszakeresési kritériumot alkalmazunk. Ugyszintén szétválasztódik a szöveges információban előforduló zárójelek és a szeparátorként szereplő zárójelek előfordulása funkcionálisan is.

A blank karakterek kezelése bizonyos figyelmet kiván. A *-al szomszédos blankokat ignorálja a rendszer, kivéve bizonyos eseteket az EXTRACTION-fázisban, amit majd ott tárgyalunk. Az INFOL két vezérszava között mindig kivánatos legalább egy blankot hagyni, hasonlóképpen a vezérszó és az azt követő egész szám között is /ha ilyent megenged a nyelv/. A szöveges információban előforduló blankokat viszont ugy kezeli a rendszer, mint ahogy őket a hétköznapi életben értelmezzük.

1.4 Adatelőkészités és formátum

Az elemek, illetve tételek jellemzésének megkönnyitésére célszerü szabványos alakban felirni az elemre vonatkozó információt. Minden tételnek sorszámot kell adni, ami a rendszeren belül az elsődleges hivatkozási bázis.

A tétel szöveges leirása csak egyszer szükséges, amikor a tételszám hozzárendelés megtörténik. Ekkor a tétel leirást /ami szöveges információ/ követi a tételszám. Minden más esetben, vagyis ha a tételre vonatkozó tényleges információt visszük be, vagy más módositást eszközölünk, illetve visszakeresési kritériumot specifikálunk a tételszámmal történik hivatkozás. Ezekben a müveletekben a tételszám megelőzi a vonatkozó információt.

Már emlitettük, hogy az alapvető beviteli médium a lyukkártya, de a nyelv egyik részén sincs kikötve, hogy valamely vezérlő információ vagy adat meghatározott oszlopban jelenjen meg. Ahol lehetséges elkerüli a nyelv, hogy a kártya egység-rekordnak számitson. Lehetővé teszi azonban a nyelv, hogy a kártya-médium miatt célszerüségi okból a file felépités fázisában, ahol nagy adat kártya deck-ek fordulhatnak elő bizonyos oszlopokat identifikálásra használhassunk. Ezeket az identifikációs oszlopokat adatbevitelnél a rendszer ignorálja. Az információ strukturák természete miatt a bemeneti információ általában változó hosszuságu karakter lánc lesz, amelyet az egymásutáni kártyákon tetszés szerint folytathatunk különösebb folytatólagosságra vonatkozó információ nélkül. A rendszer univerzális szeparátora gondoskodik az információ egységek határainak kijelöléséről.

2. AZ INFØL FŐ FÁZISAI

Az INFØL nyelv az 1.2 pontban leirt tevékenységet öt fő fázisban képes elvégezni; amely fázisok önálló tevékenységnek is tekinthetők. Ennek megfelelően az INFØL vezérlőszavak sorozatában ezek valamelyike jelentkezik először, és őket követik az alacsonyabb hierarchiáju vezérlőszavak, valamint az adatok és egyéb információk. A legmagasabb szintü INFØL vezérlőszavak és tevékenységek az alábbiak:

ESTABLISHMENT
INTERROGATION
UPDATE
REVISION
VALIDATION

Ha az első információ nem ezen szavak valamelyike, a futás leáll hiba diagnózissal. A fenti öt fázis tartalma röviden a következő:

ESTABLISHMENT: Ebben a fázisban történik a file létrehozása, az elemekre vonatkozó általános információ bevitele. Az elemekben szereplő tételeket tétel leirással azonositjuk, ugyanakkor a tétel kategóriájára és tipusára, valamint más, a visszakeresést könnyebbé tevő információt viszünk be a file-ba. Természetesen a tételek tartalmát jelentő információ is ebben a fázisban kerül a file-ba. Ez a fázis funkcionálisan elválik a többitől és legtöbbször önállóan kerül végrehajtásra /nem követi közvetlenül a következő fázisok valamelyike/.

INTERROGATION: Ebben a fázisban történik a file-ban lévő információ azon részének /vagy részeinek/ kiválasztása, amely adott feltételnek eleget tesz. Egyidejüleg, egymástól függetlenül több információ darab kiválasztása is lehetséges, ami több visszakeresési kritérium egymás utáni feldolgozását jelenti. Ez a fázis két részből áll: a visszakeresési kritérium feldolgozásából /annak értelmezéséből és az információ megkereséséből/, valamint az információ tényleges kivonásából. A felhasználó a visszakeresési kritériumban

specifikálja azokat az információ részeket, amelyekre kiváncsi, és a megjelenitési feltételeknek megfelelő formában azok ténylegesen prezentálva is lesznek. Ez a fázis végrehajtható az UPDATE fázissal együtt is.

UPDATE: Ebben a fázisban a már létrehozott file elemeinek változtatását, módositását végezhetjük el. Jelleg szerint kétféle UPDATE létezhet: diszkrét és szelektiv. A diszkrét módositás egy-egy előre megadott elemen végezhető. Elemet módosithatunk, eltávolithatunk, illetve uj elemet hozhatunk létre és vihetünk be a file-ba. A szelektiv módositás abban különbözik az előzőtől, hogy elemre vonatkozó módositást csak akkor hajtunk végre, ha a tétel értékek valamely, a felhasználó által specifikált kritériumot kielégitenek. Ez a kritérium ugyanolyan sajátságu és természetü lehet, mint az INTERROGATION fázisban szereplő visszakeresési kritérium. Ez a fajta UPDATE tulajdonképpen egy INTERROGATION fázis és egy bonyolultabb diszkrét UPDATE kombinációja. Már itt megjegyezzük, hogy ez a szelektiv UPDATE a jelenlegi rendszerben nincs implementálva.

REVISION: Ebben a fázisban egy elemhez ujabb információt jelentő tétel lesz hozzáadva azokon tul, amiket az ESTABLISHMENT-ben definiáltunk és létrehoztunk. Mielőtt ez a tipusu UPDATE ténylegesen elvégzésre kerül, a revizióval a file előzőleg létrehozott strukturáját módositani kell. Ebben a fázisban ujra definiálhatók az egyes tételekre vonatkozó érvényesitő kritériumok, a tételek szöveges leirásai vagy a használt kódok /lásd később ezek leirását/ is. Funkciójából következően ez a fázis végezhető önállóan, a többitől elválasztva is.

VALIDATION: Ez a fázis rendszerint a REVISION fázist követi, és ennek során az eddigiekben érvényes érvényesitő kritériumok ujra definiálhatók. Ugyanis az ESTRABLISHMENT során lehetőségünk van érvényesitő kritériumokat specifikálni az egyes tételekre, amelyek abban a fázisban valamint az UPDATE-ban /amikor uj elemeket viszünk be/ szintén alkalmazásra kerülnek. Ha a REVISION-ban ezen kritériumok valamelyikét módositottuk vagy ujakat specifikáltunk, akkor a VALIDATION fázisban a már file-ban lévő információt ellenőrizhetjük az uj kritériumokkal szemben.

BOOKKEEPING: Ez a funkció nyilvántartja a file-ban lévő változó

hosszuságu információ egységekre vonatkozó statisztikai adatokat. Ezek a főleg méretre vonatkozó számértékek segitenek a kimenő rekord elrendezésében. A nyilvántartási statisztika minden tételre automatikusan kerül kiépitésre mind az ESTABLISHMENT, mind az UPDATE fázisok során és prezentálásra kerülnek dokumentumként, miután a teljes file feldolgozásra került. Ez a fázis a teljes nyelvben nagyon kis részt jelent és általában nincs rá szükség külön kérés szerint. Ezért külön vezérszava nincsen.

3. TÉTELEK JELLEMZÉSE

3.1 Tétel kategóriák. A rendszerben minden adat-tétel valamelyik kategóriához tartozik. Jellegük szerint a tételek egyszeresek /UNARY/ vagy többszörösek /MULTIPLE/ lehetnek. Az egyszeres tételt egyetlen érték képviseli a file-ban, szemben a többszörös tétellel, ahol az értékek egy listája /altételek/ jelenti a tétel értékét, és minden altétel önállóan is értelemmel bir. A visszakeresési kritérium vonatkozhat valamennyi altételre, vagy csak egy altételre, illetve vegyesen. Bizonyos többszörös tételekben az altételek sorrendje közönbös, más esetekben viszont kötött, amit csak másik többszörös tételekkel összhangban változtathatunk meg. A többszörös tételben megengedhető altételek számára elvileg nincsn korlát, gyakorlatilag a tétel információ hosszának lekorlátozása szab határt. /Ugyanez a korlát az egyszeres tételek esetén is fennáll./

Két vagy több többszörös tétel összefüggő csoportot /ASSOCIATION GROUP/ alkothat, amelyekben a tétel altételei közvetlenül kapcsolatban vannak a másik tétel vonatkozó altételeivel. Egy ilyen csoportot alkotó tételek altételei meghatározott sorrendben kell hogy legyenek, mivel a visszakeresésnél, illetve a report generálásnál a kritériumtól függően több tétel összetartozó altételei kerülnek megjelenitésre. Az összefüggő csoportokat az ASSOCIATION n vezérszóval deklaráljuk, amit a tétel kategória és tipus deklarációja után adhatunk meg. Az n szám az összefüggő csoport identifikálására szolgáló szám. Egy file maximálisan 31 összefüggő csoportot tartalmaz-

hat, amelyeket 1-31 közé eső bármely számmal megjelölhetünk. Természetesen a felhasználó az explicit deklarációtól függetlenül tekintheti többszörös tételeit összefüggőnek, ha nem is deklarálja ezt kifejezetten igy.

3.2 Tétel tipusok. Bármelyik kategóriába tartozó tétel /vagy altétel/ négyféle tipus valamelyikébe tartozhat /kategória és tipus egymástól független fogalmak/. A lehetséges tipusok: ALPHANUMERIC, NUMERIC, CODED és DATE /dátum/.

ALPHANUMERIC tétel a karakterkészlet bármely elemét tartalmazhatja, kivéve az asteriskot, de a hossza /mint karakter string/ nem haladhatja meg az 1100 karaktert. Az ennél hosszabb tétel utolsó elemei elvesznek és figyelmeztető utasitás kerül kiirásra /a levágott információ tárolódik/.

NUMERIC tételek /vagy altételek/ egész vagy decimális részüek lehetnek, illetve mindkettő. Pozitiv és negativ számok egyaránt megengedettek /az előjel nélküli számot pozitivnak tekintjük/. Az első nem-zéró számjegytől kezdődően maximálisan 8 számjegy van megengedve nem számitva az előjelet és a tizedes pontot.

DATE /dátum/ tipusu tételek a gyakori előfordulás és a dátum információk többféle szokásos irási formája miatt kerültek be önállóan az INFOL-ba. A belső tárolás mindig azonosan történik nyolc számjegyes alakban az:yyyymmdd, ahol az első négy az évet, a második kettő a hónapot és dd a napot jelenti. Az angol szokások szerinti összes dátum irásmód engedélyezett bemenetként, vagyis a következő konverziókat a rendszer végzi el:

3 Sept. 64 = 19640903,	7 August 1965 = 19650807
Apr.18, 1965 = 19650418,	1938 = 19380000
Jan.1942 = 19420100,	Feb 1951 = 19510200
5-18-63 = 19630518,	6/20/63 = 19630620
7.21.65 = 19650721,	19660925 = 19660925

Félreértés szokott lenni, hogy pl. a 3.2.65 február 3-at, vagy március 2-át jelent-e. Emiatt /és a felhasználók egyéni szokásaihoz alkalmazkodva/ a fel-

használó deklarálhatja, hogy nap-hónap-év, vagy hónap-nap-év sorrendnek tekinti-e a csak számokból és szeparátorból álló formát. Ezt a dűntést a legelső adatkártyán kell specifikálni és vegyes kezelés természetesen nem lehet. A specifikációnak a file-ra állandónak kell maradni.

Amint az előbbi dátum példákból látható, a standard dátum három részből áll. Ha a külső specifikációju dátum csak egy részes, akkor évnek tekintjük, két részes dátum évből és hónapból áll. A három részes dátum hónap-nap--év /vagy nap-hónap-év/ sorrendü, amelyben az év két vagy négy számjegyes. Ha a század nincs megadva, akkor a jelen századot értjük alatta és 19 az első két számjegy. Ha a hónap alfabetikus, az első 3 karakter azonosit, vagyis: JAN, FEB, MAR, APR, MAY, JUN, JUL, AUG, SEP, OCT, NOV, DEC specifikálása elegendő. A dátum külső megadásánál római szám irása nem megengedett. A mintapéldák szerint a dátum részeit üres karakter, kötőjel, törtvonal, vessző vagy pont választhatja el. A lehetséges külső dátum formák, amelyeket bemenetként adunk meg az ESTABLISHMENT vagy az UPDATE fázisban illetve amelyeket a visszakereső kritériumban összehasonlitási adatnak használunk standard formába lesznek konvertálva a file-ba való bevitel, vagy a kritérium kiértékelése előtt.

CODED tételeket akkor használunk /a mindennapi gyakorlathoz hasonlóan/, ha rövid karaktersorral vagy számmal akarunk tétel értéket megadni. Az INFOL-ban szereplő kódolt értékeket /amiket a tétel felvehet/ specifikálni kell. Ez a specifikáció, vagyis a kód és a hozzá tartozó szöveg megadása az ESTABLISHMENT során történik. Ha a kódolt tétel a file-ba már belépett, csak a kódot használjuk a továbbiakban, ami ellenőrzésre kerül a rendszerben definiált kódolt értékek listájával. Az INTERROGATION fázis alatt is a kódolt alakot kell használni, vagyis a visszakereső kritériumban a tételre vonatkozóan kódolt értékeket kell feltüntetni.

A file-ból kikeresett kódolt információ a reportban a felhasználó kérésétől függően kódolt, vagy kifejtett /teljes szöveg/ formájában szerepelhet. Ez utóbbi lehetőséget az

xnx REPORT DECODED

utasitással kérhetjük az n kódolt tételre vonatkozóan. Kétféle kód használa-

ta lehetséges: MNEMONIC /emlékeztető/ és NUMBER /szám/. Mnemonikus kódokat a felhasználónak kell specifikálnia a teljes szövegre utaló betü és számkombinációval, amelynek hossza legfeljebb 8 karakter lehet /közbülső blankok nélkül/. A számkódot a rendszer automatikusan rendeli a kódolt tétel értékekhez 1-től kezdődően sorosan növekedve.

3.3 Tétel számok. Az elemben előforduló valamennyi tételhez tételszámot rendelünk folytatólagosan 1-től kezdődően. Igy a legnagyobb előforduló tételszám egyuttal az elemben szereplő tételek számával egyezik meg. Bárhol fordul elő a tételszám, mindig asteriskek közé kell rakni. Két tétel nem viselheti ugyanazt a tételszámot, viszont eltérő tételszámhoz tartozhat ugyanaz a tétel leirás. Az INFOL jelenlegi formájában maximálisan 100 tételt tartalmazó elemekből képzett file-okat képes kezelni. /Ennek elsősorban operativ memória kapacitás korlátai vannak, szükség esetén ez a korlát nagyobbá tehető./

Mivel a tételszám azonositja a file-hoz tartozó tételeket minden tételszám megelőzi a tétel értékét vagy a tételre vonatkozó egyéb információt /kategória-tipus/. Kivételt képez a tétel leirása az ESTABLISHMENT fázisban, ahol előbb szerepel a tétel szöveges leirása és utána jön /asteriskek között/ a vonatkozó tételszám. Az első tételnek az egyszeres kategóriába és numerikus tipusba kell tartoznia, ugyanis ez a tétel azonositja magát az elemet /ezt egyuttal elemszámnak is nevezzük/. Ha bizonyos elemeket módositunk vagy eltávolitunk /UPDATE alatt/ a file-ből az *1* tételt kell megadni az elem identifikálásához.

3.4 Adat bevitel módja a file-ba. A file-ban tárolt információ tömeg megbizhatóságának növelése érdekében a tétel értékeken tul bizonyos további adatokat is beviszünk a file-ba. Ezek részben elősegitik a file-beli információ még hatásosabb felhasználhatóságát, megakadályozzák, hogy téves információ kerüljön a file-ba vagy kerüljön kiolvasásra. Ezek a plusz információk segitik a hiba diagnózis kiadását a felhasználó felé elősegitve a téves utasitás megtalálását és korrigálását is.

Adatbevitel során egy elem beléphet a file-ba akkor is, ha a tétel leirásánál specifikált összes tétel érték nincs jelen. Azonban a felhasználó specifikálhat egy tételt mint szükségest minden elemre és ennek /vagy ezeknek/ hiánya esetén nem történik meg a file-ba való bevitel /hiba diagnózissal kihagyja a rendszer az elem feldolgozását/. Az adatok bevitele során a belépés napjának dátuma automatikusan tárolásra kerül minden tételhez. A belépési dátum egyszeres tételekre az a dátum lesz, amikor az ESTABLISHMENT vagy UPDATE alatt a tényleges tárolás megtörtént. Többszörös tételekhez kezdetben azt a dátumot adjuk, amelynél a tétel belépett a file-ba, de később adható az a dátum is, amikor a tétel utoljára változtatva volt valamelyik altétel módositásával. Ha egy tételt teljesen eltávolitunk az UPDATE alatt, akkor az eltávolitás dátuma kerül tárolásra.

Az elemek bevitelének hiányos /nem minden tétel feltétlenül szükséges/ specifikáció esetén történő megengedése miatt előfordulhat, hogy nem létező tételre specifikálunk visszakeresést. Emiatt bármilyen kritérium kiértékeléséről lesz is szó, a rendszer először automatikusan ellenőrzi a hivatkozott tétel létezését. Az INTERROGATION lehetővé teszi a felhasználó számára is, hogy csak létezési /vagy azt is/ kritériumot specifikáljon, de ezt nem szükséges minden kritérium előtt külső kérésre inditani, mivel a belső létezés-vizsgálat automatikusan megtörténik.

4. A FILE LÉTREHOZÁSA /ESTABLISHMENT/

Ezt a fázist az ESTABLISHMENT legfelső hierarchiáju vezérlő szó vezeti be, amely jelzi, hogy uj file létrehozása következik. Ehhez szükséges a filet alkotó elemek leirására vonatkozó informativ információ valamint az az adat /tétel értékek/, amelyek összhangban a leiró információval a file-t alkotják. Az elemek leirására szolgáló rész négy alfázisra osztható, amelyeket második szintü vezérlő szavak előznek meg. Ezek a vezérszavak a következők:

ITEM DESCRIPTION
CATEGORY-TYPE
CODES
VALIDATIONS

Az elemek tételeinek értékeit /adatokat/ szintén második szintü vezérlő szó, az INITIAL INPUT vezeti be. Az az információ, amely az ITEM DESCRIPTION, CATEGORY-TYPE és az INITIAL INPUT-ot követi mindig szükséges. A CODES és a VALIDATIONS a felhasználó igényétől,a létrehozandó file természetétől függően jelentkezik.

A file elemeire vonatkozó leiró információ feldolgozása alatt előforduló vagy felfedezett hiba esetén a rendszer hibadiagnózissal leáll és csak a hibás információ kijavitása után kisérelhető meg ismét a file felépités. Az elemek tételeit jelentő adatok bevitelekor a rendszer minden tételt ellenőriz a leiró részben specifikált információval szemben /kategória és tipus/. Ellenőrzésre kerülnek a kódolt tételek is. Az érvényességet jelentő kritériumot minden tételre külön-külön ellenőrzi a rendszer és azok szigorusságától függően tárolja az illető elem adatát vagy elveti a tárolást, amelyről diagnózist ad.

4.1 Tétel leirás. Az ESTABLISHMENT vezérlő szó után az ITEM DESCRIPTION n vezérlő szót várja a rendszer /ennek hiányában hibadiagnózissal leáll/. Az n egész szám azt adja meg, hogy hány tételt kivánunk a file elemeire megadni. Az előbbiekben már emlitett sajátságok szerint az ITEM DESCRIPTION és n szavak között legalább egy blank karakternek kell lenni, de a vezérszavak a kártya bármely oszlopában lehetnek. /Itt jegyezzük meg, hogy a felesleges müveleteket és igy a számitógép időt is csökkentjük, ha a kártya baloldalán kezdjük az értékes karakterek irását és csak a nyelv sajátságai miatt feltétlenül szükséges blankokat használjuk. Ugyancsak egyszerüsiti a javitást és a hiba keresést, ha az információ struktura jellegéből fakadó információ egységek uj kártyán kezdődnek./

Az előző vezérszó "n" értékét az n számu tétel leirás és tételszám követi 1-től kezdődően n-ig. Amint emlitettük, ez az egyetlen hely, ahol a tételre vonatkozó információ /annak szöveges jelentése/ megelőzi a

tételszámot.

4.2 Kategória és tipus. Az utolsó tételszám után, ami az utolsó tétel szöveges leirását követte a CATEGORY-TYPE vezérlőszónak kell következnie. Ezt követően minden, az előzőekben leirt tételhez a kategória és tipus nyolc lehetséges kombinációja közül valamelyiket kell hozzárendelni. Itt már megelőzi a tételszám a tétel kategória-tipus információját, és amint előbb emlitettük, minden tételre szükséges ezen információ megadása. Ezen kivül a tételszámoknak növekvő sorrendben kell egymás után következni, és a kategória jellemző mindig megelőzi a tipus deklarációt. Ugyancsak specifikálni kell többszörös tételek esetén azt, hogy összetartozó csoporthoz tartozik-e a vonatkozó tétel vagy sem. Ezt a deklarációt a többszörös kategóriáju tétel tipus információját követő ASSOCIATION n szóval végezzük. Az n egész szám /1-31 közötti tetszőleges érték/az összetartozó csoport sorszámát jelenti.

4.3 Kódok. Ha a file-ban szereplő elemek egyetlen tétele sem kódolt értékü, a rendszer a VALIDATIONS információ feldolgozásával folytatja a file felépitést, illetve ezek hiányában az INITIAL INPUT vezérkártyát várja. Ha valamely tétel kódolt értékü, a CODES vezérlő szónak kell következni az utolsó tétel kategória-tipus leirása után. A kétféle lehetséges kód-forma megadása a következő formában történik. Mnemonikus kódoknak specifikálva kell lenni, amit a tételszámot követő MNEMONIC szóval vezetünk be. Ezt követi a maximálisan 8 karakter hosszuságu mnemonikus kód /közbenső blankok nem engedélyezettek/, majd a kódnak megfelelő eredeti szöveg. A kód szöveget egy asterisk zárja, ami után a következő mnemonikus kód és a hozzátartozó teljes szöveg információ következik asteriskkel lezárva. Ez a sorozat folytatódik a tétel lehetséges összes kódolt értékére vonatkozóan. A számkódoknál két lényeges különbség van az előbbiekkel szemben. Egyrészt a tételszámot a NUMBER szó követi a MNEMONIC helyett, másrészt a kód specifikálás elmarad, mivel a kódolt értékekhez automatikusan rendel 1-től kezdődően számértéket a rendszer. A kód szövegek sorrendje definiálja, hogy melyik kódolt tétel érték milyen számkódot kapott. Egyébként a számkóddal megjelölt tételeket ugyanugy

asterisk zárja le /választja el a következőtől/, mint a mnemonikuskód esetén.

A tételre specifikált kód-érték halmazt a következő tételszám zárja le /két egymás melletti asterisk/. Az utolsó kódolt tétel értékhalmazát /utolsó kód értéket/ emiatt egy további asterisknek kell követnie. A számkódok megengedett maximális száma /minden kódolt tételre/ 511 lehet. A kódolt tételek értékhalmazait a tételszámok növekvő rendjében kell megadni /természetesen a nem kódolt tételek kimaradnak a felsorolásból/.

A gyakorlatban sürün előforduló kódolási technika elfogadása érdekében lehetőséget biztosit a rendszer, hogy egy már specifikált kódolt tétel érték-halmaza változatlanul alkalmazható legyen egy további tételre is a kód-érték halmaz ismételt leirása nélkül. Ennek módja az, hogy annak a tételnek a tételszámát, amelyre egy előzőleg már specifikált tétel kód-érték halmazát akarjuk vonatkoztatni a CODED AS kifejezés követ, ami után az idézendő előző tétel tételszáma következik.

4.4 Elem és tétel érvényesitès. Amint az előbbiekben már emlitettük, a kötelező CATEGORY-TYPE deklaráció, illetve a kódok esetleges specifikációja után a VALIDATIONS vezérlő szóval a tételekre /és ezzel az elemre/ vonatkozó érvényesitő információ bevitele következhet. A felhasználótól függ, hogy a rendszer biztositotta lehetőségek közül melyiket alkalmazza a file elemeinek, tételeinek jellegétől függően. Az érvényesitő kritériumok védelmet biztositanak arra vonatkozóan, hogy hibás tétel értékek kerülhessenek a file-ba, mivel a tételre vonatkozó érvényesitő kritérium ellenőrzésekor adódó negativ eredmény a file-ba való belépést letiltja. Az érvényesitő kritériumokat minden tételre / a tételszámot követően/ külön-külön kell specifikálni a tételszámok növekvő rendjében. Természetesen nem szükséges minden tételre érvényesitő kritériumot előirni. Azok a tételszámok, amelyeket érvényesitès nélkül elfogad a rendszer, kimaradnak a sorból. Az érvényesitő kritériumot az ESTABLISHMENT és az UPDATE fázis használja elem bevitelkor. Amint az általános leirásban emlitettük, az érvényesitő kritériumok is revideálhatók, de ennek megtörténtéig az ESTABLISHMENT fázisban specifikált kritériumok maradnak érvényben.

A következő hét file érvényesitő kritérium specifikálható a

tételekre /természetesen a tétel jellegétől függően/:

NECESSARY

MAXIMUM m

RANGE

CHARACTERS X

NØN-NUMERIC

ALPHABETIC

INTEGER

NECESSARY: Ez a kritérium a vonatkozó tétel létezését minden elemben kötelezően előirja. Amint már előbb a 3.Fejezetben leirtuk, az 1. tételre automatikusan előiródik a szükségességi feltétel, tehát erre a tételre ezt a felhasználó által mégegyszer nem kell megadni. Ezen kritérium jellegéből fakadóan, ha a szükségesnek deklarált tétel az elemre vonatkozó értékek között nem szerepel /adatbevitelnél/ az egész elem bevitelét megtagadja a rendszer.

MAXIMUM m: Ezt a specifikációt csak többszörös tételeknél lehet használni és az m egész szám /ami 1-511 között lehet/ jelzi a többszörös tétel altételeinek maximális számát, ami megengedett a többszörös tételben. Ha több mint 511 altételt specifikálunk, az egész elemet elveti a rendszer.

RANGE: Numerikus és dátum tipusu tételekre adható meg két tartomány-korlát, amelyen belül kell lennie a vonatkozó tétel értéknek. A RANGE specifikáló és vezérszó után két egész számot kell megadni, amelyek a tartomány szélső értékeit jelölik /zárt tartomány kijelölése történik meg/.

CHARACTERS X: Ezzel a kritériummal az alfanumerikus tételek vagy altételek hosszát korlátozzuk maximálisan X karakterre. X deklarált értéke 4096-nál kisebb kell hogy legyen.

NØN-NUMERIC: Ezt a kritériumot alfanumerikus tételekre alkalmazhatjuk /vagy altételekre/ és kizárjuk vele, hogy numerikus karakterek /0-tól 9-ig/ előfordulhassanak a tétel értékben.

ALPHABETIC: Ezt a kritériumot is alfanumerikus tételekre alkalmazhatjuk és azt biztositjuk vele, hogy a vonatkozó tételben vagy altételben csak az A-tól Z-ig terjedő betük, üres karakter, vessző és pont fordulhasson elő. A karakter készlet ismeretében világos, hogy ez a kritérium erősebb a NON-NUMERIC-nél és személynevek vagy más ehhez hasonló tételek esetén érdemes alkalmazni.

INTEGER: Ez a specifikáció csak numerikus tételre alkalmazható. Ha tizedes pont előfordul a numerikus tételben /vagy nem numerikus a tétel/, automatikusan elveti a tételt a rendszer.

Összefoglalóan táblázatba foglalhatjuk, hogy melyik érvényesitő kritérium melyik kategória-tipusra alkalmazható. Ugyancsak feltüntettük a táblázatban, hogy a vonatkozó tétel /T betü/ vagy az egész elem /E betü a táblázatban/ nem lép-e be az érvényesitő kritérium vizsgálatának negativ eredménye esetén.

	UNARY				MULTIPLE			
	ALPH-NUM	NUMERIC	CODED	DATE	ALPH-NUM	NUMERIC	CODED	DATE
NECESSARY	E	E	E	E	E	E	E	E
MAXIMUM	-	-	-	-	E	E	E	E
RANGE	-	T	-	T	-	E	-	E
CHARACTERS	T	-	-	-	E	-	-	-
NØN-NUMERIC	T	-	-	-	E	-	-	-
ALPHABETIC	T	-	-	-	E	-	-	-
INTEGER	-	T	-	-	-	E	-	-

A NECESSARY deklaráció használható bármelyik másik érvényesitő kritériummal együtt is. Ebben az esetben ha a tétel jelen van ugyan, de nem teljesiti a másik érvényesitő kritériumot, mindig az egész elemet veti el a rendszer. Ugyanez igaz, ha érvénytelen kód fordul elő egy szükségesnek deklarált tételben.

4.5 Kezdeti bemenet. Az utolsó leiró jellegü tétel információ feldolgozása után /CATEGORY-TYPE befejeződése, CODES-deklaráció vagy VALIDATIONS feldolgozása/ a rendszer az INITIAL INPUT n vezérlő szót várja. Ennek a vezérlő szónak és az utána következő egésznek egy külön kártyán kell lennie. Ez jelzi, hogy a következő kártyákon lévő információ adatként lesz kezelve és belőle képződik a file kezdő törzse. Az INITIAL INPUT-ot követő egész szám maximálisan 12 lehet és arra ad instrukciót, hogy az adat-kártyákon hány oszlopot rezerváltunk identifikációs célra. Ezek az oszlopok a FORTRAN konvencióval ellentétben a kártya első oszlopától számitódnak. Ezekben az oszlopokban leggyakrabban annak az elemnek a számát, azt a tételszámot /vagy az illető tételhez tartozó kártyák folytatólagos kártyáinak számát/ adhatjuk meg, amelyre vonatkozó adatot tartalmaz az illető kártya.

Bár az előzőekben már többször emlitettük az INFOL univerzális szeparátorára /asterisk/ vonatkozó szabályokat, itt ismételten a bemenő adatokra vonatkozó szabályokat foglaljuk össze. Ugyancsak megadjuk a sokszor problémát okozó blank karakterek kezelésének, a szükséges üres helyek hagyásának módját is.

1. A tételszámokat mindig asteriskek közé kell zárni.
2. Minden altételt /beleértve az utolsót is/ asterisknek kell követni.
3. Egy további asterisket kell irni az elem utolsó megjelenő tétele után.
4. Az univerzális szeparátorral szomszédos üres karaktereket a rendszer nem veszi értékes karaktereknek.

Külön célszerü emlitést tenni arról, hogy csak a megengedett karakter-készlet elemei szerepelhetnek adatként. Ugyancsak emlékeztetni akarunk a numerikus

tételek hosszára és a dátum tételek formátumára vonatkozó korlátozásokra. Kódolt tételeknél a felhasználó csak a specifikált kódrendszert, illetve a kódolt értékeket használhatja. Alfanumerikus tipusu tételeknél van a legkevesebb korlátozó feltétel. Itt minden BCD karakter /kivéve a * / használható.

5. INFORMÁCIÓ VISSZAKERESÉS

Az INFOL-nak ezt a /és talán legfontosabb/ fő fázisát az INTERROGATION legmagasabb szintü vezérlő szó vezeti be és inditja el. Ebben a fázisban a már előzőekben felépitett file elemeit különböző visszakeresési kritériumokkal vizsgáljuk és amelyekre a specifikált kritérium teljesül, kivonhatók a file-ból. A visszakeresési fázis két altevékenységet foglal magában, amelyeket a RETRIEVAL CRITERIA és az EXTRACTIONS második szintü vezérlő szavak vezetnek be. Egy visszakeresési fázis több egymás utáni visszakeresési kritérium és a hozzátartozó megjelenités /vagy megjelenitések, kivonások/ feldolgozásából áll.

A RETRIEVAL CRITERIA vezérlő utasitás jelzi, hogy az utána következő karakter lánc egy /legtöbbször logikai müveleteket tartalmazó/ visszakeresési kritériumot fog jelenteni. Ennek értékelése és az általa meghatározott elemek, tételek kikeresése után a megjelenités is megtörténik /ha a keresés sikeres volt/, amit a kritériumot követő EXTRACTIONS vezérszó indit. Ezt a szót a kivonásra vonatkozó utasitások követik. Minden második szintü vezérlő szót egy egész szám követi, ami tulajdonképpen a kritériumot és a hozzátartozó kivonást azonositja a felhasználó felé. Összetartozó párokhoz ugyanazt a sorszámot kell hozzárendelni /specifikáció számnak is nevezhetjük ezt az egész számot/, mivel az esetleges hibadiagnózisnál ez a szám is kinyomtatásra kerül, megkönnyitve a rosszul specifikált kritérium azonositását és a szükséges módositás gyakorlati kivitelezését.

5.1 A kritériumok hierarchiája. A rendszer számára elfogadható visszakeresési kritériumok az egyszerütől a nagyon komplex, bonyolult logikai feltételekig terjedhetnek. A következőkben használatos terminológia előkészitése és a lehetőségek gyors áttekintése érdekében az alaposabb tárgyalás előtt röviden összefoglaljuk a visszakeresési kritériumokban használatos nyelvi elemeket.

a/ Tétel alkritériumok. Ez egy egyszerü feltétel specifikálását jelenti valamely a file-ban lévő elem bármely tételére vonatkozóan. Egy vagy több alkritérium kombinálása kritériumot definiál. Kétféle alkritérium van:

1. Létezési alkritérium arra vonatkozó vizsgálatot kér, hogy valamely tétel érték jelen van-e az elemben /EXISTS/ vagy hiányzik a specifikált elemből /DOES NOT EXIST/

2. Relációs alkritérium valamely elem tetszőleges tételére az egyenlőség, nem egyenlőség, nagyobb mint, kisebb mint, nagyobb-egyenlő, kisebb-egyenlő feltételek valamelyikének fennállását ellenőrzi. Azt a külső értéket, amellyel az összehasonlitás történik, a felhasználó specifikálja. Ezeket a relációs vizsgálatokat az EQ, NE, GT, LT, GE, LE szavakkal kérhetjük. Többszörös tételek esetén a relációs alkritérium egy vagy több altételre, az összes altételre egyszerre vagy az altételekből generált valamely mennyiségre vonatkozhat. Ezeket a lehetőségeket és nyelvi kifejezésüket a következőkben részletesen leirjuk.

b/ Tétel-kritérium. Az előzőekben emlitett létezési és relációs alkritériumok tetszőleges kombinációja egy tételre vonatkozóan. Az alkritériumokat a számitógépes nyelvekben szokásos módon logikai kapcsolók kötik össze. Az INFOL nyelv az AND és OR logikai kapcsolók használatát engedi meg az egyszerü alkritériumok között. Komplex tétel-kritérium esetén zárójelek használhatók az egymásba skatulyázott relációk szintjének megadására vagy a sorrendiség spcifikálására.

c/ Visszakeresési kritérium. Az előzőekben leirt módon specifikált tétel-kritérium halmaz alkot visszakeresési kritériumot. A tétel-kritériumokat az AND kapcsoló köti össze. Igy minden tétel-kritériumnak igaznak kell lenni ahhoz, hogy az egész visszakeresési kritérium igaz legyen. Ebben az esetben történhet meg a kritériumhoz tartozó kivonási specifikációnak megfelelően a kért információ prezentálása.

Szintaktikai szempontból az eddigi általános szabályok érvényesek a visszakeresési kritérium megadására is. Vagyis, minden tétel-kritériumot a vonatkozó tételszám előzi meg asteriskek között. A tétel-kritériumon belül az alkritériumokat az AND és OR explicit kapcsolók kötik össze. Természetesen azok a tételek, amelyekre nincs visszakeresési kritérium specifikálva a keresési fázisban közömbösek a kritérium igazsága vagy hamissága szempontjából. /A kivonás módját ugyanakkor az EXTRACTIONS fázisban specifikáljuk ugy, hogy a vonatkozó elem bármely tétele szerepelhessen a reportban./

5.2 A kritériumok leirása. Az előbbiekből világosan látható, hogyan kell felépiteni egy komplex visszakeresési kritériumot. Részletesebb leirás csak a relációs kritériumokra, azok szintaktikájára szükséges, mivel ezek alkotják a lényeges csoportot és rejtik magukban a sokrétü kritérium specifikáció lehetőségét.

a/ Létezési alkritériumok. Ezeket az EXISTS és DOES NOT EXIST specifikálja a tételszámot /asteriskek között/ követően. Ha nem specifikáljuk a létezési kritériumot /de további relációs kiritériumokat igen/ valamely tételre, a rendszer automatikusan ellenőrzi a létezést még mielőtt a további alkritériumokat végrehajtaná.

b/ Relációs alkritériumok. A reláció tipusokat az előzőekben már ismertettük, de ezen alkritériumok konkrét megadási formáit és az ebből fakadó lehetőségeket nem. Ezért most ezzel foglalkozunk elsősorban.

A relációs alkritériumot a vizsgálandó tételt jellemző kvalifikátor vezeti be, amit a hat lehetséges reláció valamelyike követ. Ezután kell megadni a felhasználó által specifikált külső összehasonlitási értéket a kvalifikátorral összhangban.

1. Egyszeres tételre a kvalifikátor a tétel értéke vagy a tétel belépésének dátuma lehet /emlitettük, hogy a file felépitésénél a belépés dátuma automatikusan tárolásra kerül/. Ha a tételszám után, a relációs operátor előtt nincs kvalifikátor, akkor automatikusan a tétel értékét tekintjük annak /implicit kvalifikátor/. A belépési dátum kvalifikátort a tételszámot követő /és az operátort megelőző/ ENTRY DATE szóval specifikáljuk.

2. Többszörös tételre a kvalifikátor explicit, származtatott vagy csoportos tipusu lehet. Az explicit kvalifikátor a többszörös tétel egy kiválasztott altételére, illetve belépési dátumára vonatkozhat. A nyelv az alábbi explicit kvalifikátorokat engedi meg:

FIRST
LAST
SUB-ITEM n
LAST BUT n
ENTRY DATE

A FIRST illetve LAST az első illetve utolsó altételre hivatkozik. A SUB-ITEMn az n-edik altételt, a LAST BUT n az altételek listájának utolsó elemétől számitott /n+1/-edik altételt /pl. a LAST BUT 1 az utolsó előtti tétel/ jelenti. Az ENTRY DATE ez esetben is az egyszeres tételeknél már leirt módon a tétellel összefüggő belépési dátumra vonatkozik.

A származtatott kvalifikátor olyan mennyiségre vonatkozik, amelynek értékét az altételekből generáltuk. Bizonyos többszörös tételek esetén a származtatott mennyiségnek nincs értelme, ezért értelemszerüen kell ezeket a lehetőségeket használni. Az alábbi származtatott kvalifikátorokat engedi meg a rendszer:

TOTAL
MINIMUM
MAXIMUM
SUM
MEAN

A TOTAL az altételek teljességére, valamennyi altételre vonatkozó hivatkozást jelent. MINIMUM és MAXIMUM csak numerikus vagy dátum tipusu többszörös tételek esetén használható kvalifikátor és az altételek értékei közül a legkisebbre vagy a legnagyobbra alkalmazza az utána következő relációt. A SUM és MEAN kvalifikátor csak numerikus tétel tipusra vonatkozhat és az altételek aritmetikai összegére, illetve az altétel értékek átlagára vonatkozóan végzi el a relációs összehasonlitást a külső értékre vonatkozóan.

A csoportos kvalifikátor nem az altétel értékekből generált valamely jellemző, hanem általánosabb és minden tipusu tételre alkalmazható, inkább relációs megjelölés. Kétféle csoportos kvalifikátort enged meg a rendszer: ALL-t és ANY-t. A relációs visszakeresési kritériumban szereplő ALL azt jelenti, hogy a specifikált relációs alkritériumot az összes altételnek ki kell elégitenie ahhoz, hogy a kritérium pozitivan fejeződjön be. Természetszerüen az EQ-val ritkábban fordul elő ez a csoportos kvalifikátor, viszont a másik öttel gyakrabban. Az ALL kvalifikátor is /a származtatotthoz hasonlóan/ többszörös numerikus és dátum tipusu tételekkel kapcsolatban fordul elő elsősorban, bár lehet értelme más tipusoknál is. Az ANY csoportos kvalifikátorral bevezetett relációs alkritérium akkor lesz igaz, ha a többszörös tétel bármelyik altétele kielégiti a specifikált relációt a külső értékkel szemben. Ha az altételek között ismételt altétel értékek fordulnak elő, ezek az összehasonlitásnál egy tételnek számitanak.

Az egyszeres tételnél emlitett implicit kvalifikátor megengedett többszörös tételeknél is /ha nincs kvalifikátor a tételszám után/. Ennek jelentése az ANY csoportos kvalifikátorral egyezik /"bármely altétel"/, vagyis ha akármelyik altétel kielégiti a specifikált relációt az alkritérium igaz eredménnyel fejeződik be.

Összefoglalóan a kvalifikátorokkal kapcsolatos ismereteket az alábbi táblázat tartalmazza. Ezeken tulmenően az implicit tétel érték kvalifikátor minden tipusu egyszeres tételre használható. Többszörös tételeknél az ANY-vel ekvivalens "bármely altétel" felel meg az implicit kvalifikátornak, ami minden tétel tipusra alkalmazható.

A relációs kritériumban szereplő külső értékeknek tipus szerint meg kell egyezni a vonatkozó tétel tipusával. /Kivételt képez a TOTAL és ENTRY DATE kvalifikátorral bevezetett reláció./ A numerikus vagy dátum tipusu tételeknél a külső értéknek ezekre a tipusokra vonatkozó szintaktikai és méret /karakterek száma/ korlátozásokat is ki kell elégiteni. A kódolt tételekre vonatkozó alkritériumban külső konstansként csak az ESTABLISHMENT fázis vonatkozó részében specifikált kódok valamelyike szerepelhet. Alfanumerikus tételekkel kapcsolatban nincs más korlátozás, mint a karakter láncban előforduló asterisk tilalma.

KVALIFIKÁTOR	UNARY				MULTIPLE			
	ALPH-NUM	NUM	DATE	CODED	ALPH-NUM	NUM	DATE	CODED
ENTRY DATE	x	x	x	x	x	x	x	x
FIRST					x	x	x	x
LAST					x	x	x	x
SUB-ITEM n					x	x	x	x
LAST-BUT n					x	x	x	x
ALL					x	x	x	x
ANY					x	x	x	x
TOTAL					x	x	x	x
MINIMUM						x	x	
MAXIMUM						x	x	
SUM						x		
MEAN						x		

A származtatott TOTAL kvalifikátorral specifikált relációban szereplő külső értéknek egész konstansnak kell lennie, ami meghatározza a többszörös tételben szükségesnek tartott altétel számot ahhoz, hogy a reláció kiértékelhető legyen. Az explicit ENTRY DATE kvalifikátorral bevezetett reláció külső konstansának a lehetséges formátumu dátumnak kell lennie, függetlenül a vonatkozó tétel kategória-tipus adataitól.

A kvalifikátorok alkalmazásánál nagyon körültekintően kell eljárni, mivel többszörös tétel esetén könnyen specifikálhatunk SUB-ITEM n, LAST BUT n kvalifikátorokkal olyan altételt, amely nem létezik. Mivel a rendszer automatikusan létezési kritérium ellenőrzést végez minden további kritérium kiértékelésekor előfordulhat, hogy a létezés miatt kerül a visszakeresés elvetésre a hibás altételszám specifikáció miatt.

5.3 Logikai kapcsolók és zárójelek. Ha egy tételre vonatkozóan több alkritériumot specifikálunk, azokat az AND és OR logikai kapcsolókkal köthetjük össze. Emlékeztetünk arra, hogy a relációs alkritériumok magukban foglalnak implicite létezési kritériumot is. Ez azonban nem zárja ki, hogy létezési alkritériumot explicite is specifikáljunk és logikai kapcsolóval relációs alkritériummal kössük össze.

Ha két vagy több relációs alkritérium van egymáshoz kapcsolva logikai kapcsolóval,a kvalifikátorra meghatározott szabályok érvényesek. Nemcsak az 5.2 pontban leirt valódi implicit kvalifikátorok tekinthetők a relációra implicit jellegünek, hanem mások is. Nyilvánvaló, hogy többszörös tételeknél van ennek nagyobb jelentősége, mivel ott van nagyobb választék a kvalifikátorok tekintetében. Egy alkalmazott kiterjesztett implicit kvalifikátor az utána következő többi kapcsolt relációs kritériumra is vonatkozik, mindaddig amig ujabb kiterjesztett implicit kvalifikátor nem jelentkezik. Ha valódi implicit kvalifikátort is alkalmazunk többszörös tételre /ez a "bármely altétel" kvalifikátorral egyezik/, akkor azoknak a relációknak, amelyekre ezt kivánjuk vonatkoztatni, sorrendben meg kell előzniök a kiterjesztett implicit kvalifikátorhoz kapcsolt relációkat. Például a

11 NE6 AND TOTAL GT3 kritériumban a "bármely altétel" implicit kvalifikátor a NE6-ra vonatkozik /vagyis ha a többszörös tétel bármely altétele nem egyenlő 6-al, az első reláció igaz lesz/, a második reláció igazságához viszont 3-nál több altétel jelenléte szükséges. Az előző kritérium forditott irása, vagyis

11 TOTAL GT3 AND NE6 azt jelenti, hogy az altételek számának 3-nál nagyobbnak kell lenni, de nem lehet 6 értékü ahhoz, hogy a kritér-

rium igaz lehessen. Egy sokkal bonyolultabb példa a

7 EXISTS AND GT5 AND LT9 AND ENTRY DATE GT
10/01/65 AND LT 10/02/65 AND TOTAL GT4 AND NE6

lehet, amelyben a létezés explicit vizsgálata után az első két alkritérium "bármely altétel" kvalifikátorral szerepel /GT5, LT9/ a harmadik és negyedikre az ENTRY DATE vonatkozik, végül az ötödik és hatodik az altételek teljes számára /GT4, NE6/ vonatkozik.

A zárójelek alkalmazásának szükségessége a félreérthető vagy többféleképpen értelmezhető logikai relációk csoportositása, egyértelmüvé tétele miatt merül fel és erre van biztositva a nyelvben. Ha az egyértelmüséget biztositó zárójelek nincsenek egy kritériumban megadva a rendszer hibadiagnózissal visszajelzi a felhasználó felé ezt a tényt. A zárójelek szabályai megegyeznek a gyakorlatban használt szabályokkal, vagyis

1. Zárójelet kell használni a relációk helyes csoportositására.
2. Egy egyszerü relációs alkritérium, amelynek explicit vagy implicit kvalifikátora van,zárójelbe is rakható.
3. AND és OR logikai kapcsolókkal összekapcsolt relációs alkritériumok sorozata zárható közbe zárójellel.
4. A zárójelek egymásba skatulyázása akármilyen mélységü lehet. Az olvashatóság javitása érdekében, a logikai kritérium sorozat megsértése nélkül, akár egyetlen külső érték /különösen ha ez egy hosszabb szöveg/ is zárójelbe rakható. Ugyancsak az AND vagy OR-ral összekapcsolt külső érték-sorozat is zárójelbe tehető a szabályok szerint.

Ismételten hangsulyozzuk, hogy egy többszörös tételre vonatkozó tételkritérium igazságához, ha az az implicit "bármely altétel" kvalifikációt hordozza, legalább egy altételnek teljesitenie kell az összes létezési és relációs alkritériumot, amit a tételre specifikáltunk.

A kritériumok az összetartozó csoportokra való tekintet nélkül kerülnek kiértékelésre, kivéve ha többszintü visszakeresési kritériumot használunk, amelyben több és összetartozó csoportot alkotó tételekre specifikálunk kritériumot.

5.4 Az információ prezentálás és report tipusok. Emlitettük, hogy mindenegyes /specifikáció számmal ellátott/ visszakeresési kritériumot tényleges specifikálása után az EXTRACTIONS vezérszó követ, ami ugyanazt a specifikáció számot viseli, mint az öt megelőző RETRIEVAL CRITERIA. Az EXTRACTIONS vezérszó után a visszakeresési kritériumhoz tartozó kivonási és megjelenitési kéréseket kell specifikálni. Ennek megtervezése az alkalmazó igényétől és a file természetétől függően történhet. A lehetőségek révén a file ismeretében nagyon sokrétü igény elégithető ki. Különösen a többszörös tételek jelenléte ad bő lehetőséget részben a visszakeresési koncepciókhoz illeszkedő, vagy abból származtatott speciális vizsgálathoz alkalmazkodó megjelenités tervezésére.

Az alábbi report lehetőségek állnak rendelkezésre:

1/ Standard, explicit report: Ennél a lehetőségnél a kinyomtatni kivánt tételeket explicite megadjuk tételszámukkal. Mindenegyes /asterisk közé rakott/ tételszámot a REPORT szó követ. A nyomtatás célszerü elhelyezéséről, a szükséges fejlécek és egyéb statisztikai információ formátolásáról a rendszer gondoskodik.

2/ REPORT ALL: Ezzel a specifikációval elérhetjük, hogy a kiválasztott elem /vagy elemek/ valamennyi tétele a tárolásnak megfelelően kiirásra kerüljön.

3/REPORT LIST: Ez a lehetőség akkor használható, ha csak azon elemek listáját akarjuk tudni, amelyek teljesitették a specifikált kritériumot. /A REPORT LIST implicit report az explicit xlx REPORT-nak felel meg./ Formailag az eltérés a standard report formával az, hogy egy sorban ennél a specifikációnál 10 elem 1.tételének tartalma kerül kiirásra.

4/ REPORT NUMBER: Akkor használható ez a lehetőség /főleg statisztikai számitásoknál/ ha csak arra vagyunk kiváncsiak, hogy hány elem teljesitette a specifikált kritériumot. Ez a szám egyébként minden tipusu INFOL report után automatikusan nyomtatásra kerül /de ez esetben csak ez/.

5/ PUNCHED: Korlátozott lehetőség van arra, hogy a reportot ne a standard széles nyomtatóról /a kimenőegységről/ a lyukasztóra kapcsoljuk át. Ha az oszlopszerü standard nyomtatott report /amit akkor kapunk, ha

a kivánásra kerülő tételek "jól" elférnek a lapon/ olyan kinézetü, hogy könnyen olvasható és más programhoz /és file-hoz például/ bemenetként használható, akkor a felhasználó kérheti a PUNCHED lehetőséget, ami lyukkártyán rögziti a kért nyomtatott reportot.

6. FILE VÁLTOZTATÁS

Az INFOL-nak ezt a harmadik fázisát az UPDATE legmagasabb szintü vezérlő szó vezeti be. A már felépitett file-ban lévő információ változtatását ebben a fázisban végezhetjük el. A változtatás végezhető elem, tétel vagy altétel szinten. A gyakorlat igényének megfelelően a változtatás müveletei eltávolitást. helyettesitést, módositást jelenthetnek. Emlitettük, hogy a kétféle elvi változtatási mód közül csak a DISCRETE tipus van implementálva a CDC 3300-ra. A file információ változtatására szolgáló specifikációnak és adatnak a standard bemenő egységen keresztül kell a rendszerbe lépnie. Jellegét tekintve ez a fázis az INTERROGATION és az ESTABLISHMENT fázisok bizonyos részeit felhasználja, de önálló funkcióval és vezérszavaival attól teljesen elkülönül.

Ha egy file változtatását és vizsgálatát /visszakeresést/ ugyanazon számitógépes futtatás alatt végezzük az UPDATE fázis specifikálására vonatkozó információ követheti az utolsó EXTRACTION specifikációt. Azonban a számitógépes futtatás hosszusága és a két fázis tartalmi eltérése miatt nagyon kiterjedt változtatási és visszakeresési periódust nem célszerü egyszerre végezni. Az UPDATE alatt file-be bevinni kivánt információt /tétel és altétel értékek/ ellenőrizzük az ESTABLISHMENT fázisban specifikált VALIDATIONS kritériumokra és csak azok teljesülése esetén történik meg a file tényleges változtatása. Ha hiba fordul elő, annak sulyosságától függően /lásd I.Táblázat/ az egész elem vagy tétel /altétel/ bevitele lesz letiltva és a vonatkozó hiba diagnózis nyomtatásra kerül.

6.1 Diszkrét file változtatás. Az UPDATE legnagyobb szintü szót a DISCRETE UPDATES második szintü vezérlő szó követheti. Mivel a SELECTIVE nincs implementálva és az UPDATE elegendő a fázis specifikálására, a DISCRETE UPDATES szavak el is hagyhatók. A diszkrét file változtatás egy specifikált elemre /elemekre/ lesz végrehajtva, amit az elem első tételének értékével /aminek egyszeres numerikus tipusunak kell lennie/ adhatunk meg. A lehetséges változtatási módokat három második szintü vezérlő szó valamelyike vezeti be, jelölve a változtatás jellegét:

NEW ELEMENT
REMOVE ELEMENT
MODIFY ELEMENT

Ezen vezérszavakat követően az *l* tételszámot követve /asteriskek között/ azonositani kell a vonatkozó elemet. Az első esetben a file-ban eddig még nem létező számot specifikálunk, más esetekben viszont érvényes elemszámot kell megadni.

NEW ELEMENT esetén csak olyan elemet fogad el a rendszer, amelynek elemszáma /*l* tételének értéke/ nem azonos egy már a file-ban lévő elem elemszámával. Az uj elemre vonatkozó érték-információt egyébként ugyanugy kell előkésziteni és adatként a rendszerbe bevinni, mint azt az ESTABLISHMENT fázis INITIAL INPUT fázisánál leirtuk. Az uj elemeket ugy kell egymás után rakni, hogy az *l* tétel értékeik szerint növekvő sorban legyenek. Mint már emlitettük, megegyező elemszám specifikálása esetén az uj elemet nem fogadja el a rendszer.

REMOVE ELEMENT esetén az *l* tételszámot követő elemszámmal meghatározott elemet a rendszer eltávolitja a file-ból. Ha a specifikált elem nincs a file-ban, hibadiganózis kerül nyomtatásra.

MODIFY ELEMENT vezérszóval többféle müvelet elvégzésére nyilik lehetőség. A kiválasztott elemet most is az *l* tételszámot követő elemszám azonositja. Ezt követi azoknak a tételszámoknak és a rájuk vonatkozó módositási utasitásnak valamint konstansoknak /értékeknek/ a listája, amit végezni akarunk. A módositani kivánt tétel tételszámát a DELETE, INSERT, SUBSTITUTE

szavak valamelyikének kell követnie.

- DELETE nem kiván további információt, mivel a teljes tétel-érték törlését eredményezi.

- INSERT vezérszóval egy teljes tétel-értéket helyezhetünk el a specifikált elem vonatkozó tételébe. Feltételezi a rendszer, hogy ezt megelőzően a tétel nem létezett. Ha az illető tételre már létezett érték, ezt a müveletet megelőzően is, a berakás nem történik meg és hibadiagnózist ad ki a rendszer. Az INSERT szót követnie kell a teljes értéknek, amelynek kategória és tipus szerint egyezni kell a tételre ESTABLISHMENT alatt megadott kategóriával és tipussal. Ha érvényesitő kritériumot specifikáltunk a vonatkozó tételre, annak is teljesülni kell, hogy a bevitel a file-ba ténylegesen megtörténhessen. Amennyiben a tétel érték nem helyes kategória és tipus szerint, vagy az érvényesitő kritérium nem áll fenn, hibadiagnózis kerül nyomtatásra.

- SUBSTITUTE hasonló az INSERT-hez, de akkor használható, ha a vonatkozó tételre érték már volt a file-ban. Ha a tételérték nem létezik,a vonatkozó elemre hibadiagnózis kerül kiirásra. A helyettesités a teljes tételre vonatkozik és nem használható altétel szinten. Az uj tétel érték bevitelére vonatkozó szabályok /kategória-tipus, érvényesités/ ugyanazok, mint amit INSERT-nél elmondtunk

Az egyes elemek módositani kivánt tételeire vonatkozó információ blokkot asteriskkel kell lezárni. Ugyszintén asteriskkel /eg továbbival/ jelezhetjük az utolsó tétel módositási információ után az UPDATE információ befejeződését is. Az UPDATE információ lyukasztása szempontjából ismét megjegyezzük, hogy a változtatás alá vont elemek elemszámainak növekvő rendben, egy elemen belül viszont a tételszámoknak hasonlóképpen növekvő rendben kell egymás után következni.

7. FILE MÓDOSITÁS

Ebben a fázisban a file-beli információ strukturája változtatható meg. Alapvető funkciója az, hogy a file-beli elemekre vonatkozó később szerzett információ, vagy ujabb ismeret /később szükségesnek talált jellemzők/ az addig már tárolt információ ismételt bevitele nélkül hozzáadható legyen az információ tömeghez. A rendszer a file strukturán az alábbi módositásokat tudja eszközölni:

1/ Uj tétel definiálása vagy egy előzőleg már létrehozott tétel tételleirásának megváltoztatása.

2/ A már létező tétel kategóriájának megváltoztatása egyszeresről többszörösre /kivéve alfanumerikus tételeket/.

3/ Uj kódok definiálása vagy már létező kódok megváltoztatása.

4/ Uj érvényesitő kritérium specifikálása vagy létezők megváltoztatása.

Mivel ezek a funkciók tartalmilag megegyeznek az ESTABLISHMENT alatt elvégzett legtöbb funkcióval, annak a fázisnak második szintü vezérlő szavaival indithatók a REVISION legmagasabb szintü vezérszóval bevezetett fő fázis további lépései. Mivel csak a file strukturát változtatjuk meg, az INITIAL INPUT vezérszó nincs megengedve a módositási fázisban. A módositott file strukturához szükséges tételek bevitele /vagy törlése/ érdekében egy UPDATE fázist kell lefolytatni, ami az uj specifikációnak megfelelő file-t ténylegesen létrehozza /adatinformáció bevitele révén/.

7.1 Tétel leirások. Amint emlitettük, uj tételeket adhatunk hozzá a már előzőekben definiált tételekhez, tétel leirások változtathatók meg az ITEM DESCRIPTIONS n második szintü vezérlőszó után, ahol n a revideált tételszámok maximális száma /az ujakat is beleértve/. Az uj tételeket a már

létező tételszámok után következő sorszámmal jelölhetjük.

A formátum előirások az uj tételek definiálásánál és a tétel leirások változtatásánál ugyanazok, mint amiket az ESTABLISHMENT vonatkozó részében leirtunk, kivéve, hogy az utolsó tételszámot egy további asterisknek kell követnie. Az elemekhez ujonnan hozzáadott tételekhez tétel leirást kell adni. Ha már létező tétel leirását változtatjuk meg, ennek /ezeknek/ az uj tételek leirását meg kell előznie, betartva a növekvő sorrendet a specifikált tételek tételszámaira. A tétel leirás megváltoztatása a régi helyett uj leirás megadását jelenti, igy az uj leirásnak teljesnek kell lenni /nem lehet csak a régi kiegészitésére szánt szövegrészt közölni/.

7.2 Kategória és tipus specifikáció . Az ESTABLISHMENT fázisban már leirt CATEGORY-TYPE vezérlőszó vezeti be azt az információt, amellyel egy már létező tétel kategóriáját egyszeresről többszörösre változtathatjuk, illetve amellyel az uj tételek kategória és tipus deklarációját elvégezzük. A tétel kategória információját most is a tételszám előzi meg és minden hozzáadni kivánt uj tételre a kategória és tipus deklarációt egyaránt meg kell adni. A már létező tételeknél csak a kategória változtatható egyszeresről többszörösre. Ha a tipust is ujra specifikáljuk, a rendszer ezt nem tudja figyelembe venni. A tételszámoknak itt is növekvő sorrendben kell következniök, ami azt eredményezi, hogy a kategória változtatásra szánt tételszámok megelőzik az uj tételek teljes kategória tipus deklarációját. Ezen uj tételek kategória és tipus deklarációit az ESTABLISHMENT-ben leirt formátum szerint kell megadni. Az uj tételek összetartozó csoportot is alkothatnak, de ehhez az összetartozó csoportokra vonatkozó szabályokat kell követniök.

7.3 Kódok. Ha az ESTABLISHMENT-ben létrehozott kódokat változtatni akarjuk, vagy az ujonnan létrehozott elemek kódoltak,a CODES második szintü vezérlőszót kell használni. Ha a már létező mnemonikus kódokat akarjuk változtatni, akkor a változtatni kivánt kódolt tételekre egy teljesen specifikált, uj kód-halmazt és kód szöveghalmazt kell megadni. A kódolt tételek formátumára és azok specifikálására ugyanazok a szabályok érvényesek,

mint amiket az ESTABLISHMENT fázis ismertetésénél leirtunk. Természetesen az ujonnan definiált tételek közül csak a kódolt értékűeknél jelenik meg információ a CODES vezérszó után. A régi kódokra vonatkozó változtatási információ itt is megelőzi az uj kód-információkat a növekvő tételszám sorrend miatt.

7.4 Érvényesités. Lehetőség van a már létező tétel érvényesitő kritériumának változtatására vagy az ujonnan létrehozott tételekre kritérium specicifikálására. Ezeket az információkat a VALIDATIONS második szintü vezérlőszó után az ESTABLISHMENT fázisban leirt formában kell megadni a tételszámok növekvő sorrendjében. Ha egy létező tétel érvényesitő kritériumát változtatjuk, akkor a tételszámot követően az összes érvényesitő /tételre vonatkozó/ kritériumot meg kell adni, nemcsak azokat, amelyeket pótlólag akarunk hozzáadni. Minden előző kritériumot ugyanis a rendszer eltávolit mielőtt az ujonnan specifikált kritériumokat bevinné. Amennyiben egy tételszámot nem követ egyetlen érvényesitő kritérium sem, az előbb specifikált összes kritériumot eltávolitjuk. Azokat a tételszámokat, amelyekre sem módositást, sem uj specifikálást nem kivánunk, nem jelentetünk meg egyáltalán. Ebben a fázisban tehát csak a módositás által érintett tételek érvényesitő kritériumai jelennek meg. Nem derül ki, hogy más tételekre van-e és milyen kritérium.

7.5 A módositott file. A REVISION fázis végén egy uj file jön létre. Ebben a file-ban a tárolt információ-adat ugyanaz, mint a módositás előtti file-ban. A struktura, vagyis az információt leiró és további információ befogadását lehetővé tevő forma azonban más. A módositással kialakitott uj struktura üres helyeire az információ-adat tömeg az UPDATE fázisban vihető be. Ugyancsak ekkor történhet meg a régi adat uj formának megfelelő átalakitása is /ill. VALIDATION fázisban/.

8. ÉRVÉNYESITÉS

Az érvényesitő fázis, amit a VALIDATIONS legmagasabb szintü vezérszó vezet be önmagában kevés értelemmel bir. Csak az előzőekben leirt REVISION és UPDATE fázisokkal együtt használatos. Szükség esetén a REVISION fázis után iktathatunk be egy VALIDATIONS fázist, amelyben az ujonnan specifikált vagy a módositott érvényesitő kritériumokkal szemben ellenőrizzük a régi adat-információt. Ez a fázis meghatározza, hogy az eddig file-ban lévő elemek közül melyik és milyen módositást kiván az UPDATE fázisban ahhoz, hogy az uj érvényesitő kritériumnak megfelelő file legyen kialakitható.

Igy a szokásos fázis sorozat egy komplett file átalakitásnál a következő:

REVISION: uj kritériumok / és tételek / specifikálása

VALIDATIONS: a régi elemek ellnőrzése az uj kritériumokkal szemben

UPDATE: módositás által megkivánt adatok és változtatások tényleges elvégzése

9. STATISZTIKAI ADATNYILVÁNTARTÁS

Valahányszor egy tételre vagy altételre vonatkozó információ lép be a file-ba, a vonatkozó információ hosszuságát megvizsgálja a rendszer és összehasonlitja a már előzőleg meghatározott hasonló statisztikai jellemzővel. Ezt az információt BOOKKEEPING statisztikának nevezzük és az ESTABLISHMENT fázis alatt kerül felépitésre. Az UPDATE fázis során ezt a statisztikai információt is változtatjuk /szükség szerint/.

A file-ra vonatkozó statisztikai adatok segitik a felhaszná-

lót /és a rendszert/, hogy a kimenő reportok elhelyezését megtervezhesse. Mivel változó hosszuságu információ egységek tárolhatók a file-ban, illetve az EXTRACTIONS lehetőségei miatt sokféle jellegü információ kiirása kérhető, az automatikus report generáláshoz, a felhasználó segitése érdekében feltétlenül szükségesek a statisztikai adatok. A BOOKKEEPING információk az ESTABLISHMENT fázis és az UPDATE fázis végén automatikusan kiirásra kerülnek. Ezért nem szükséges, hogy a felhasználó valamilyen vezérlőszóval a statisztika kiirását kérje. Minden módositási fázis után a BOOKKEEPING információ kiiródik. Mivel közben e jellemzők nem változnak /ismételt INTERROGATION futtatások végezhetők, amelyek a file-beli információt nem változtatják/ a legutolsó UPDATE fázis statisztikája érvényes a következő módositásig.

Az egyes tételekre fenntartott statisztika függ a tétel kategóriájától és tipusától. Minden többszörös tételre az altételek maximális száma kerül számitásra. Minden alfanumerikus tételre a leghosszabb tételérték /egyszeres tétel/, illetve altétel /többszörös tétel/ hossza is meghatározásra kerül az egész file-ra vonatkozóan. Kódolt tételekre a leghosszabb kódszöveg hossza kerül számitásra az ESTABLISHMENT alatt. Ez nem változtatható meg UPDATE alatt, de a REVISION fázis során módositható. Numerikus tételekre a tizedes pontot megelőző és az azt követő számjegyek száma kerül meghatározásra. Egyszeres dátum tételekre nincs semmiféle statisztika számitva, mivel teljesen egyértelmü ezen tétel formátuma a kimenetnél. Többszörös dátum esetén az altétel szám elegendő statisztikai adat hasonló okok miatt.

10. FILE-OK KONKRÉT LÉTREHOZÁSA ÉS VIZSGÁLAT TIPUSOK

A bevezetőben emlitettük, hogy a file-beli adat /és leiró/ információ tárolására diszk vagy mágnesszalag használható. Attól függően, hogy a file-val milyen jellegü tárolási és visszakeresési funkciókat akarunk ellátni, többféle file létrehozás lehetséges. Egyszer, vagy csak nagyon ritkán használt file-ok esetén az adat információ tárolási közege a lyukkártya lehet. Ekkor a file-ok átmeneti jelleggel kerülnek létrehozásra a diszken "scratch"-file-ként. Egy ESTABLISHMENT és INTERROGATION fázis befejezése után ezek a file-ok megszünnek és további esetleges felhasználáshoz ismételt felépitésük szükséges. Elvileg lehetséges lenne az "aktuális file" kiépitése azon tárolási fázisok megismétlésével /ESTABLISHMENT, UPDATE-ok és REVISION-ok sorozata/ és valamennyi adat-információnak kártyáról történő bevitelével, amelyekkel a jelen állapotbeli vizsgálathoz érvényes adatokat tartalmazó file-t létrehoztuk. Nyilvánvaló, hogy csak kis méretü file-ok vagy stabil információ állományu file-ok kezelhetők ilymódon diszken /vagy szalagon/, átmenetileg történő tárolással.

A gyakorlatban előforduló file-ok természete szükségszerüen előirja, hogy ne kártya közeg legyen a tároló médium a tényleges file-ba vitel idejét kivéve. Például a "legyártandó alkatrészek file-ja" egy szerszámgépes mühely esetén /amit hosszabb időtartamban - egy évre vagy még hosszabb időre - felépités-változtatás-módositás fázisokon keresztül fejlesztettünk/ mindig csak az aktuális elemeket tartalmazza. Esetenként közömbös is lehet a felhasználó számára, hogy milyen fejlődési folyamat eredményeként alakult ki a pillanatnyilag érvényes file, máskor viszont a módositások, elem eltávolitások dátuma /ami a teljes file megszünéséig tárolva marad/ nagyon fontos információ a felhasználó számára. Ezzel itt nem is kivánunk foglalkozni, mivel alkalmazástól függ, hogy mi a hasznos információ és hogyan kezeli azt a felhasználó. Érthető viszont egyértelmüen, hogy állandó, külső közegen tárolt file-ok létrehozására kell orientáltnak lennie az INFOL nyelvnek.

A stabil file-ok szalag egységen, vagy diszken fenntartott file-ok lehetnek. E két közegtől függően a file hozzárendelés egy kissé eltér, mivel a "fizikai file-ok" sajátságai a két esetben eltérnek. Annak ellenére, hogy a szalag tároló-közeg az utóbbi időben ismeretes hátrányai miatt háttérbe szorult a diszkekkel szemben, mégis ebben az esetben gyakran célszerü szalagon felépiteni a file-t. A file jellegétől és alkalmazásától függően ugyanis az ESTABLISHMENT, UPDATE, REVISION fázisok nagy számitógépen történhetnek /vagy csak azon/, mig az INTERROGATION /illetve az előzőekben leirt tárolási lehetőségeknek egy korlátozott része/ kis számitógépre implementálva a CDC 3300-tól fizikailag tetszőleges távolságra és tőle függetlenül is elvégezhető. Gépipari alkalmazásokhoz, csoportos szerszámgép vezérlésnél, adaptiv irányitáshoz a tényleges irányitást végző kisszámitógép számára a "napi" file igy a CDC 3300-al hozható létre és annak INTERROGATION-ja már az INFOL egy sub-setjével biztositható célberendezés vagy kisszámitógép segitségével.

A továbbiakban először a mágnesszalag tároló közegre vonatkozó ismereteket irjuk le, majd a szalag és diszk tárolás különbözőségét ismertetjük. A szalag egység számok fiktiv számok, az INFOL lehetővé teszi a felhasználó által elfogadható szám használatát. Ez a lehetőség biztositja, hogy bár az INFOL egyidejüleg csak egy file-val tud foglalkozni, mégis több összetartozó file-al dolgozhassunk. Ehhez persze szükséges a kivánt számu mágnesszalag egység fizikai jelenléte. Ugyanaz a probléma diszk esetén nem jelentkezik ezen tároló közeg fizikai sajátságai miatt.

Ha a file-ot meg kell őriznünk későbbi INTERROGATION-okra, UPDATE vagy REVISION fázisokra, akkor az üres mágnesszalagot /ESTABLISHMENT előtt/ vagy az előző müveletek révén pillanatnyilag érvényes file-t tartalmazó szalagot/UPDATE vagy REVISION, illetve INTERROGATION előtt/ a 3-as szalag egységen kell elhelyezni. Az ujonnan létrehozott file ekkor a 3-as egységen lévő mágnesszalagra kerül, illetve a 3-as egységen lévő szalag jelenti az információ forrást INTERROGATION alatt és az UPDATE és REVISION bizonyos lépé-

seinél. Az INFOL alapvető elve, hogy a REVISION és UPDATE révén keletkező uj file-t nem az eredeti /fizikai/ szalag átirásával, hanem a régi információ /3-as szalagegység információja/ és az uj adat /kártyákon lévő információ egy további file-on történő egyesitésével hozza létre. Ezért az UPDATE fázis az 5-ös egységen eredményez uj file-t annak a fázisnak sikeres befejeződésével. Hasonlóképpen a REVISION fázis a 6-os egységen fogja létrehozni az uj információt és a régi adatot tartalmazó mágnesszalagot. Igy ha a felhasználó UPDATE-ot akar végrehajtani, a 3-as egységen kell elhelyeznie a régi file-szalagját és a 5-ösön az üres mágnesszalagot, ahol az uj file szalagot megkapja. Ha REVISION-t is akar végrehajtani,a 6-os egységre is üres szalagot kell elhelyeznie, ahol a módositott formátumu, de már előzőleg tárolt adatokat tartalmazó file-t kapja. Az UPDATE és REVISION eredményeként előálló file-ok /vagy az eredeti 3-as egységen lévő szalag/ a későbbiekben INTERROGATION, REVISION, UPDATE fázisok lefolytatásához ismét a 3-as egységre helyezendők. Természetesen a felhasználóra tartozik, hogy a változtatott és módositott file-jai külső specifikációit ismerje /milyen elemek, tételek maradtak a file-ban, kategória és tipus deklarációk, kódok és értékeik, érvényesitő kritériumok stb./. Az INFOL rendszer egy további scratch file-t is igényel, amit akár diszken, akár szalagon alakithatunk ki. Ha csak szalag külső tárolóra alapozunk, akkor a 4-es egység szolgálhat erre a célra. Ennek az egységnek mindenféle vizsgálat kombinációnál jelen kell lennie, akárcsak a 3-as egységnek. Ez a file a vizsgálat végén nem használható fel.

Amennyiben a diszken tartjuk fenn a file-t, akkor a 3-as, 5-ös és 6-os szalag egységnek megfelelő file-oknak állandó, fix cimü file-oknak kell lenni. A 4-es scratch-file lehet ami a számitógépes futás után automatikusan megszünik. Szemben a szalagegységekkel, ahol a szalagegység száma a file jellegét is megadta és a fizikai mozgatás /szalag átrakás/ mindig fix file-hozzárendelést eredményezett, a diszk esetén az állandó diszk-file-ok száma és a hozzájuk tartozó információ-file jellege dinamikusan kapcsolt. A felhasználóra van bizva, hogy nyilvántartsa, hogy az előző vizsgálat eredményeként hol van a "régi" információ-file /melyik a 3-as szalag megfelelője/. Ugyszintén ő deklarálja, hol akarja felépiteni a

REVISION illetve az UPDATE fázis révén előálló állandó file-t. Egy ujabb vizsgálat inditásánál a felhasználó közli a rendszerrel, melyik a "3"-as, "5"-ös ill. "6"-os file megfelelője. Ezt az információt az INFOL file-ok azonositására, valamint a II részben emlitett nap-hónap-év vagy a hónap-nap-év sorrendü dátum deklarálására szolgáló adattal együtt a különböző vizsgálatokat inditó első legmagasabb szintü vezérszó előtt kell megadni.

Az INFOL által lehetővé tett vizsgálat tipusok nagyon sokrétüek lehetnek. Az előzőkben leirt file létrehozás és szalag illetve diszk file hozzárendelés miatt azonban egy számitógépes futás alatt az ESTABLISHMENT, UPDATE és REVISION fázisok csak egyszer jelentkezhetnek. Közöttük azonban akárhány INTERROGATION végrehajtó, ha a felhasználó értelmesnek és érdemesnek tartja az általa definiált file-on a többfázisu futtatást. Minden fázist természetesen a fázis legmagasabb szintü vezérlő szava jelez és az a deck követ, amely a ténylegesen kért módositásokat, adatokat, vizsgálatokat tartalmazza. A leggyakoribb vizsgálat tipusok:

a. ESTABLISHMENT-INTERROGATION
b. INTERROGATION
c. UPDATE-INTERROGATION
d. INTERROGATION-REVISION-UPDATE-INTERROGATION
e. REVISION-UPDATE
f. REVISION-UPDATE-INTERROGATION

Befejezésül hangsulyozni szeretnénk, hogy az INFOL jelenlegi formája nem tekinthető véglegesnek. Általánossága miatt konkrét alkalmazásokhoz egy ennél szükebb, esetleg néhol bővebb lehetőséget biztositó nyelv gyorsabb lehet. Kisebb számitógép konfigurációhoz, vagy másféle háttér memóriával rendelkező számitógépre az INFOL sub-setje alakitható ki jelentéktelen változtatások, vagy a leirt tulajdonságok helyenkénti erőteljesebb módositásával. Jelenlegi formájában az INFOL angol nyelven érthető vezérlőszavakat tartalmaz, amelyek pótolhatók minimális átalakitással magyar szavakkal. Igy a felhasználó számára sokkal érthetőbb a vizsgálat felépitése, de problémát jelenthet az éke-

zet nélküli karakter-set jelenléte. Ez egyébként a magyar nyelvü szöveg információk tárolásának sulyos problémája is, amit kielégitően nem lehet megoldani. Ezen oknál fogva egyelőre célszerübbnek tartjuk az angol nyelvi elemek használatát, mivel a viszonylag kevés vezérszó könnyen megtanulható.

I. FÜGGELÉK

Mintapéldák és vizsgálatok az INFOL nyelv alkalmazására

Az előbbiekben ismertetett információ tároló és visszakereső rendszer alkalmazását egyszerü példákon keresztül mutatjuk be. A bevezetőben emlitett gépipari alkalmazások nagyon bonyolult példát jelentenének és sok speciális szakismeretet kivánnának. A nyelv formális szabályainak bemutatására, a leirás alapján nem teljesen érthető formai irásmód apró részleteit, a nyelvi elemek alkalmazásának módját érintő kérdések megvilágitására egyszerübb példa alkalmasabb. Sokkal jobb "mankót" jelent a felhasználó számára egy jó mintapélda, mintha a nyelv leirásából absztrakcióval kellene biztonságosan megkonstruálnia az elemleirás minden részletét és a vezérlő utasitás sorozatot. Olyan alkalmazási példákat választunk, amelyek mindenki számára közismertek és számos területen az itt ismertetendő megoldásnál részletesebb specifikációval meg is valósithatók.

Tételezzük fel, hogy egy Intézet /vagy annak egy részlege/ levelezését akarjuk számitógépes file formájában fenntartani, dokumentálni. Lehetővé akarjuk tenni, hogy az Intézet bejövő és kimenő levelezése az egység vezetője és munkatársai számára témák vagy más lényeges jellemzők szerint bármikor áttekinthetők legyenek. A file karbantartó INFOL nyelvhez további alkalmazói programot is akarunk illeszteni, ami a levelezéssel kapcsolatos adminisztrációs és szakmai tevékenységet irányitani tudja, vagy arról a részleg vezetőjét és az Intézet kiválasztott dolgozóit értesiti.

A felépitendő file elemei most az egyes levelekkel kapcsolatos információt tartalmazzák. Természetesnek érződik, hogy ez az információ részekre, tételekre bontható, amelyek más-más aspektusból lehetnek fontosak. A teljességre törekvés nélkül mi egy lehetséges tétel-halmazt specifikálunk /adminisztrativ egységek munkatársai bizonyára más és több tételt tartanának fontosnak/, amelyeken keresztül be tudjuk mutatni az INFOL szabályait és használatát.

Legyenek a levelezési file elemeinek tételei az alábbiak:

1. A levél száma
2. Küldő szerv vagy intézmény
3. Küldő személy
4. A feladás dátuma
5. A feladó iktatószáma
6. A levél jellege
7. Érkezett hozzánk
8. Bontotta
9. Iktatószám nálunk
10. Tárgya
11. A levél teljes szövege
12. Referens az Intézeten belül
13. Látták az Intézet dolgozói közül
14. Láttamozási dátumok
15. A láttamozók reakciója, megjegyzései, javaslatai
16. A választ megirta
17. A végleges választ láttamozta
18. Válaszlevél száma
19. A válaszlevél dátuma
20. Iktatószáma
21. A válaszlevél teljes szövege

Tételezzük fel, hogy már van egy hagyományosan fenntartott levelezési file-ünk, amit az előbbiekben ismertetett tétel-felbontás szerint elemenként dokumentálni akarunk. Ehhez egy ESTABLISHMENT fázist hajtunk végre, amelynek során a file elemek specifikációja és a már meglévő levelezés ledokumentálása megtörténhet. A továbbiakban az ESTABLISHMENT fázis al-fázisait és a szükséges kártya deck-et fogjuk ismertetni, imitálva a lyukkártya strukturát. Vagyis 80 leütést engedünk meg egy sorban és az egyes poziciók a kártya vonatkozó oszlopát jelölik.

Az alábbi kártya deck-et kell összeállitani a tétel leirás feldolgozhatóságához:

```
ESTABLISHMENT
ITEM DESCRIPTIONS 21
A LEVEL SZAMA *1* KULDO SZERV VAGY INTEZMENY *2* KULDO SZEMELY *3*
A FELADAS DATUMA *4* A FELADO IKTATOSZAMA *5* A LEVEL JELLEGE *6*
ERKEZETT HOZZANK *7* BONTOTTA *8* IKTATO SZAM NALUNK *9* TARGYA *10*
A LEVEL TELJES SZOVEGE *11* REFERENS AZ INTEZETEN BELUL *12*
LATTAK AZ INTEZET DOLGOZOI KOZUL *13* LATTAMOZASI DATUMOK *14*
A LATTAMOZOK REAKCIOJA, MEGJEGYZESEI, JAVASLATAI *15* A VALASZT MEGIRTA *16*
A VEGLEGES VALASZT LATTAMOZTA *17* VALASZLEVEL SZAMA *18* A VALASZLEVEL DATUMA
*19* IKTATO SZAMA *20* A VALASZLEVEL TELJES SZOVEGE *21*
```

Ez után következik a megadott tételek kategória és tipus deklarációja. A tételek természetének megfelelően végezhető ez a hozzárendelés, amelyben bizonyos szabad választás is van. Az alábbi, közvetlenül lyukkártya formátumban irott deklarációt választjuk, amit folytatólagosan, a tétel leirásra vonatkozó utolsó kártya után rakhatunk.

```
CATEGORY-TYPE
*1* UNARY NUMERIC *2* UNARY ALPHANUMERIC *3* UNARY ALPHABETIC *4* UNARY DATE
     *5* UNARY ALPHANUMERIC *6* UNARY ALPHANUMERIC *7* UNARY DATE *8* UNARY COD
ED *9* UNARY ALPHANUMERIC *10* UNARY ALPHANUMERIC *11* UNARY ALPHANUMERIC
  *12* UNARY CODED *13* MULTIPLE ALPHABETIC ASSOTIATION 1 *14* MULTIPLE DATE ASS
OTIATION 1 *15* MULTIPLE ALPHANUMERIC ASSOTIATION 1 *16* UNARY ALPHABETIC
               *17* MULTIPLE CODED *18* UNARY NUMERIC *19* UNARY DATE
*20* UNARY ALPHANUMERIC *21* UNARY ALPHANUMERIC
```

Látható a kategória-tipus deklarációból, hogy személyneveknél a tipus biztositotta védelmet használtuk ki, kódolt tételeket viszont célszerünek tartott titkosság és a file szakmai védelme miatt alkalmaztuk.

Mivel kódolt tételeket deklaráltunk a kategória-tipus meghatározás során, az alkalmazható kód értékeket meg kell adnunk. Mindhárom kódolt tétel személyneveket vagy az Intézet egyes osztályait jelölheti, ezért mnemonikus kódok alkalmazása kézenfekvő. A kód értékek az alábbiak lehetnek és specifikálásuk a következőképpen történik:

```
CODES
*8* MNEMONIC IG VAMOS TIBOR%IGAZGATO< * IGHT ARATO MATYAS%TUDOMANYOS IGAZGATO
HELYETTES< * IGHA KERESZTELY SANDOR%AKI-BOL< * IGHB GERTLER JANOS%SZK-BOL< *
IGHG DELY PAL%GAZDASAGI IGAZGATO HELYETTES< * MU BENDY PALNE%MUNKAUGYI< *
SZE DOHANYNE %SZEMELYZETTS< * TT SER VLADIMIR%TUDOMANYOS TITKAR< *
*12* MNEMONIC ET FREY TAMAS * UM UZSOKY MIKLOS * HJ HATVANY JOZSEF * HL HELM LA
SZLO * RI RACZ ISTVAN * PJ PALLAI IVAN * PE POLYA ENDRE *
*17* CODED AS *8**
```

A kategória-tipus deklaráció, valamint a kódolt tételek részben biztositják a levelezési file titkosságát, vagyis, hogy a file felépitői, kezelői, karbantartói és felhasználói véges számu személyből álló csoport lehessen /természetesen az egész tétel struktura, kategória-tipus és a kódok is titkosak lehetnek, ami a szinte kizárt véletlentől eltekintve lehetetlenné teszi a file illetéktelenek általi használatát/. Ugyanezt a célt szolgálhatják az érvényesitő kritériumok is, bár ezek inkább olyan védelmi célt szolgálnak, hogy hiányos információju elem ne léphessen be a file-ba. Az előbbiek alapján az INFOL érvényesitő deklarációs lehetőségei alapján a VALIDATIONS vezérszó után megadható lenne a legfontosabb tételekre a NECESSARY deklaráció és esetleges további kritérium. /Ezek a deklarációk összefüggnek a levelezési file tervezett használatával és fejlesztésével, ezért a következőkben még visszatérünk az érvényesitás kérdésére./

Az előző deklarációk megadása után a file felépitéséhez rendelkezésre álló adattömeg kezdő elem-halmaz formájában bevihető a file-ba. Ehhez egy mintát adunk meg, a többi elem ugyenezen forma szerint /természetesen más tétel értékekkel/ vihető be. A 80 oszlopos kártya első 5 oszlopát fogjuk identifikációs célra használni,/amelyből az első három az elem számát tartalmazhatja /az első tétel értékét/, a 4. és 5.oszlop viszont az elem tétel-értékeket tartalmazó kártya sorrendjét adhatja meg/.

```
INITIAL INPUT 5
    *1* 1 *2* MAGAS SZERV *3* A MAGAS SZERV FONOKE *4* APR.15,1972 *5* 512/1/72
    *6* GRATULALO *7* 4-18-72 *8* IG *9* 872/A/72 *10* INTEZETEK EGYESITESE
    *11* KEDVES TIBOR A KET INTEZET EGYESITESENEK MEGTORTENTE ALKALMABOL FOGADD
     OSZINTE JOKIVANSAGAIMAT ES GRATULACIOMAT. REMELEM, HOGY EREDMENYEKENT UJ F
     EJEZET KEZDODIK A MAGYAR SZAMITASTECHNIKABAN. BARATI UDVOZLETTEL
                                                        A NAGYFONOK
    *12* HJ *13* HATVANY JOZSEF * SOMLO JANOS * UZSOKY MIKLOS * ES MEG SOKAN MA
     SOK * *14* 4-18-72 * 4-18-72 * 4-19-72 * *15* TERMESZETESNEK VETTE * GRATU
     LALT * OKE * A LEGKULONFOZOBB * *16* HATVANY JOZSEF *17* IG * IGHB * TT *
    *18* 2 *19* 19720421 *20* 873/1/72 *21* KEDVES NAGYRABECSULT NAGYFONOK
     KOSZONOM ELISMERO SZAVAIDAT. MAGAM IS HOSONLOKEPPEN VELEKEDEM.
                                        BARATI UDVOZLETTEL   TIBOR. *
```

A levelezési file-ba bevinni kivánt elemek, az előbbihez hasonlóan megadhatók és teljes vagy hiányos formában /azok a tételek, amelyekre nincs NECESSARY érvényesités, vagy eleget tesznek a többi megkivánt érvényesitők vagy kategória-tipus deklarációnak/bevihetők a file-ba kezdeti bemenő adatként.

A file-val való dolgozás nagyon sokrétü lehet. Ezt az INFOL képes elvégezni, de lehetőség van fix levelezési ügyrendet meghatározó alkalmazói program irására is, amely részben automatikusan, részben bizonyos személyek utasitására /ismételt INFOL futtatások/ viszi előre és biztositja egy levél-válaszlevél lerendezését. Ennek eredménye lesz az, hogy UPDATE fázisok eredményeként a következő elemek minden tétele betöltésre kerül. Például a levél bontójának döntése után, aki a referenst és a véleményezésre kijelölt személyeket meghatározza,az elem egyes tételei már a file-ba kerülhetnek. A referens gyüjti össze a véleményezők javaslatait, intézkedik a válaszlevél megirásáról és felépiti ilymódon az elem további tételeit. A kész vagy nyers szövegü válasz ismét visszakerülhet a vezetőhöz vagy láttamozókhoz, majd azok jóváhagyása után az esetleg számitógéppel formátumozott /vagy hagyományosan legépelt/ levél elindulhat a cimzett felé és ezzel teljessé válhat a file-elem információja. Ezzel a levélváltás is teljesen dokumentálttá válik az ügymeneti lépések dátumainak tárolásával /ezt az INFOL adja hozzá az UPDATE-ok alatt/ és az üggyel kapcsolatba került személyek adataival együtt.

A már emlitett alkalmazói program révén az ügymenet automatikussá tehető, vagyis a "be nem fejezett" /csak elinditott vagy folyamatban lévő/ levelekhez a rendszer a megfelelő személyek felé utasitásokat, figyelmeztetéseket is küldhet. Személyes találkozás nélkül tarthatják a számitógépen keresztül a kapcsolatot a válasz megirásában érdekelt személyek. Talán feleslegesen bonyolultnak tünhet az előbb vázolt megoldás, de ha figyelembe vesszük, hogy a levelezés volumene, a levelezést kézben tartó személy elfoglaltsága vagy az érintett személyek térbeli távolsága miatt nehéz a hagyományos levelezés irányitása, akkor elfogadható lehet ez a fajta automatizált kezelés. Különösen egyszerü lehet ez az ügymenet, ha a számitógépes terminálok széles körben elterjedtek. Az viszont vitathatatlan, hogy hosszabb le-

velezés áttekintése érdekében a file formájában történő kezelésnek számos előnye van.

A tervezett file használattól függően kell az érvényesitést deklarálni. Ha ugyanis egy olyan tételt deklarálunk szükségesnek, ami csak a későbbi ügymenet során jön létre, akkor nem lehet az elem első részeit a file-ba bevinni /az INFOL letiltja/. Többféle megoldás követhető ennek áthidalására, de ezekkel most nem kivánunk foglalkozni /pl. az ESTABLISHMENT fázist szigoru érvényesités mellett végrehajtani, majd az érvényesitést módositani/.

A fentebb vázolt levelezési stratégia azt kivánná, hogy az uj levelek inditó adatát, valamint a folyamatban lévő levelek már meglévő tételeit UPDATE fázisokban adjuk a file-hoz. Ha a 212 levélszámu elemet éppen inditani akarnánk /a dokumentálandó levél beérkezett és bontója megadta azokat az instrukciókat, amelyek a lerendezéshez szükségesek/, a 32 sorszámu levelet el akarnánk távolitani és egy még ügyintézés alatt lévő 118-as levelet módositani akarnánk az ujonnan vele kapcsolatban megszerzett ismeretekkel, akkor az alábbi deck-et kellene összeállitani:

```
UPDATE
DISCRETE UPDATES
REMOVE ELEMENT *1* 32 *
MODIFY ELEMENT
*1* 118
*6* SUBSTITUTE FELSZOLITAS
*12* DELETE
*16* INSERT  SOMLO JANOS
*17* INSERT  IG * IGHT * IT **
NEW ELEMENT
*1* 212 *2* ORSZAGOS MUSZAKI FEJLESZTESI BIZOTTSAG *3* HAJOS GYORGY *4* 7-11-72
*5* 315/G/72 *6* TAJ KOZTATO *7* 7-13-72 *8* IGHT *9* 125/C/72 *10* TANFOLYAM
     *12* UM *13* SER VLADIMIR * KOMAROMI EVA * HENCSEI GUSZTAV * *14* 7-15-72
  * 7-16-72 * 7-16-72 * *15* JELENTKEZETT * KIHIRDETTE * SZERVEZI * *16* SER VL
ADIMIR *17* IG * IGHA * *18* 1 *19* 7-18-72  *20*  129/C/72  *
```

Természetesen több elemre is végezhető egy futtatás során UPDATE, itt csak az INFOL által megengedett három tipus mindegyikére egy-egy példát adtunk. Ugyancsak a MODIFY alatt megengedett utasitások mindegyike előfordul legalább egyszer.

Az ESTABLISHMENT alatt létrehozott és az ismételt UPDATE-okkal

folytonosan fejlesztett file REVISION-jára különböző okok miatt lehet szükség. A munka során kiderülhet, hogy egy tétel leirás félreértésekre ad okot, eltérően értelmezik az egyes személyek. Egyes tételek feleslegesnek ltászottak, mivel INTERROGATION alatt nem használtuk őket és nem nyujtottak különösebb információt a használók felé. Ugyszintén a szisztematikus használat eredményezheti a kategória és tipus bizonyos változtatását. Kódolt tételeknél személyi változások, átszervezések okozhatnak változást, amit a file megfelelő elemeinek követniök kell. Csak a teljesség kedvéért emlitjük meg az érvényesitő kritériumok változtatásának esetleges előfordulását.

Az INFOL nagy előnye, hogy az előbbiekben emlitett módositásokat lehetővé teszi anélkül, hogy a felhasználónak sok munkát kellene végezni és előző dokumentálásra forditott erőfeszitéseinek egy része feleslegessé váljon. Nagyon sok előzetes munka takaritható meg a módositás lehetőségeit ismerve, mivel előre, kellő tapasztalat nélkül nagyon nehéz megbizhatóan eldönteni egy információ struktura legcélszerübb adatstrukturává konvertálásának módját. Ez persze nem jelenti azt, hogy az ESTABLISHMENT fázishoz ne a legcélszerübb tétel leirást, kategória-tipus deklarációt, kódokat és érvényesitési kritériumokat válasszuk. Ugyanis hiába segit nagyon sokat az INFOL a módositás végrehajtásánál, egy nagyon sok elemre kiterjedő átstrukturálás még igy is tetemes munkát jelent.

Tételezzük fel, hogy az előzőekben részletezett strukturáju file-hoz

a/ három uj tételt akarunk hozzáadni,

b/ két előzőleg már használt tétel leirását módositani akarjuk,

c/ egy tétel kategóriáját egyszeresről többszörösre kivánjuk változtatni,

d/ egy kódolt tétel értékeit módositani akarjuk.

Ehhez a müvelethez az alábbi kártya-deck-et kell összeállitani:

```
REVISION
ITEM DESCRIPTIONS 24
A LEVEL ELSO OLVASOJA ES MEGVALASZOLASANAK FELELOSE *8* A VALASZLEVELHEZ AZ ANY
AGOT SZOLGATATTAK *16* SZERZODESES MUNKA VAGY KUTATASI TEMA, AMELLYEL A LEVEL
KAPCSOLATOS *22* AZ ERINTETT TEMAERT FELELOS OSZTALY *23* A VALASZLEVELET KAPT
A AZ INTEZETEN BELUL *24**
CATEGORY-TYPE
*16* MULTIPLE ALPHABETIC *22* MULTIPLE CODED ASSOTIATION 2 *23* MULTIPLE CODED
ASSOTIATION 2 *24* MULTIPLE ALPHABETIC
CODES
*12* MNEMONIC ET FREY TAMAS * SJ SOMLO JANOS * UM UZSOKY MIKLOS * VK VOROS KARO
LY * HJ HATVANY JOZSEF * KG KRAMMER GERGELY * HL HELM LASZLO *RT RACS ISTVAN *
NI NAGY ISTVAN * PT PAILAI IVAN * PE POLYA ENDRE *
      *22* NUMBER PENZ KERESES * TUDOMANY CSINALAS * HIRUNK VERESE * SOK MUNKA
    * EGYEB * *23*MNEMONIC DIO DIGITALTSZUZSOKY< * DIS DISZKRETXHATVANY< * ELM
        ELMELETIXFREY< * MUSZ MUSZAKIXPOLYA<* *
```

Ezzel a file-val kapcsolatos valamennyi tárolási funkcióra mutattunk be példát, ami segitséget nyujthat a felhasználóknak a formai szabályok megértéséhez, ugyanakkor mutatja az INFOL óriási potenciális lehetőségeit és azt az eleganciát, egyszerü felépitést, amivel a nyelv elemeit felhasználva minden tárolási feladatot megoldhatunk. A következő-ben az INTERROGATION-nal foglalkozunk röviden.

A visszakeresési fázisban a felépitett file-ban lévő elemek közül különböző feltételeknek eleget teve tételeket, elemeket kereshetünk ki és az igénytől függően az egész elemet, bizonyos tételeket vagy csak általános jellemzőket jelenithetünk meg. A levelezési file esetén a visszakeresés egy témakörben kapott vagy elküldött levelek számára, bizonyos dátumokkal megjelölt határidőkkel összefüggő levelekre, a levelezés referenseire, azok aktivitásának ellenőrzésére, áttekintésére vonatkozhat. Az INFOL INTERROGATION lehetőségeit a levelezési file-on keresztül nehéz lenne bemutatni, mivel kevés kategória-tipussal jellemzett tétel és csak néhány többszörös tétel szerepel. Mivel a legtöbb kvalifikátor specifikálás többszörös tételekre vonatkozik /azok közül is némelyiknek csak NUMERIC tipusnál van értelme/, a következőkben megadandó visszakeresési kritériumok és report tipusok nem lesznek alkalmazhatók /vagy nem lesz értelmük a levelezési file-ra/ erre a file-ra.

Már a 4.Fejezetben is megadtunk néhány visszakeresési krité-

riumot a leirás illusztrálására. A következőkben egy nagyobb visszakeresési és report generálási set-et adunk meg, amit röviden szöveggel is illusztrálunk a szabályok nyomonkövetése és alkalmazási módja érdekében. Legyen egy fiktiv file-ra deklarálva az alábbi visszakeresési kritérium halmaz:

```
INTERROGATION
RETRIEVAL CRITERIA 1
*12* EXISTS OR ENTRY DATE GT SEPT 1964
EXTRACTIONS 1
*1* REPORT
*2* REPORT
*12* REPORT
RETRIEVAL CRITERIA 2
*6* DOES NOT EXIST OR TOTAL GT 16
*15* EXISTS AND ENTRY DATE LT 1963
*20* ENTRY DATE GT 19640903
EXTRACTIONS 2
REPORT ALL
RETRIEVAL CRITERIA 3
*4* GT 6 AND LT 12
*5* TOTAL GE 12 OR SUM GE 175
*7* %TOTAL GE 4 AND SUB-ITEM 4 EQ B17< OR LAST EQ A17 *17* ALL GT 12 FEB 71
EXTRACTIONS 3
 REPORT LIST
RETRIEVAL CRITERIA 4
*5* ANY EQ ROMA OR BUDAPEST OR NEW YORK *21* ANY NE A13 AND A14
EXTRACTIONS 4
 REPORT NUMBER
```

Az előbbiekben specifikált kritériumok értelme az alábbi lesz:

- Az 1.kritérium igaz lesz azokra a vonatkozó file elemekre, amelyeknél a x12x tétel értéke létezik és a tétel érték 1964 szeptember 1. után lépett be a file-ba. A kritériumhoz tartozó kivonás azt eredményezi, hogy a kritériumot kielégitő elemek x1x, x2x és x12x tétele lesz megjelenitve.

- A 2.kritérium azokra az elemekre lesz igaz, amelyeknek három tételére egyidejüleg /a tétel-kritériumokat AND kapcsolja össze/ teljesül bizonyos feltétel. A specifikáció szerint a x6x tételnek nem szabad léteznie, vagy 16 altételnél többnek kell benne lenni /nyilvánvaló, hogy a 6-os tétel többszörös tétel/ ahhoz, hogy ez a kritérium teljesüljön. A x15x tételnek léteznie kell és 1963 január 1.előtt kellett a file-ba belépni ezen kritérium teljesüléséhez. Végül a x20x tétel belépésére /létezés feltételezése mellett/ vonatkozóan 1964 szeptember 3.utáni belépésnek kell teljesülni,

hogy ez a tétel-kritérium teljesüljön. Ha mindhárom tétel kritérium igaz valamely elemre, akkor a kivonási kritérium szerint az elem valamennyi tétele megjelenitésre kerül.

- A 3.kritérium szintén összetett. A *4* tételre teljesülni kell /ez a tétel egyszeres, numerikus deklarációju/, hogy 6-nál nagyobb és 12-nél kisebb legyen. Az *5* tételben /amely többszörös-numerikus/ 12 vagy ennél több elemnek kell lenni, vagy a tételben lévő elemek értéke összegének /12-nél kevesebb altétel jelenléte esetén/ 175-nél nagyobbnak kell lenni. A *7* tételben /amely többszörös-kódolt tétel/ 4 vagy ennél több altételnek kell lenni, a 4.altétel értékének a B17 kódnak kell lenni; vagy ha ezek nem teljesülnek, de az utolsó altétel A17 értékü, a tétel-kritérium akkor is teljesül az illető tételre. A *17* tételnek /amely többszörös dátum tétel/ 1971 február 12-nél későbbi dátumnak kell lenni /minden altételnek/. Természetesen, ha az előbbiekben zárójelben megadott kategória-tipus deklarációk nem állnak fenn a vizsgált file-ra, az INFOL hibajelzéssel áll le és nem is folytatja tovább az illető kritérium vizsgálatát. Természetesen a további /soronkövetkező/ kritériumok analizisével folytatni fogja az INTERROGATION fázis végrehajtását. A 3.kritériumhoz tartozó kivonási feltétel szerint csak azoknak a tételeknek az elemszámát fogjuk megkapni, amelyekre az előzőkben leirt négy tétel-kritérium mindegyike teljesült. Ezek ismeretében a RETRIEVAL feltétel változatlanul tartása /vagy módositása/ után megváltoztathatjuk az EXTRACTIONS kritériumot bármelyik előbbiekben már ismertetett változatra.

- A 4.kritérium ismét egyszerübb strukturáju. Az *5* tételre /többszörös tétel/ akkor áll fenn a megadott kritérium, ha az altételek valamelyike a felsorolt három városnév valamelyike /itt több külső érték van megadva OR-al összekötve/. A *21* tételre vonatkozó tétel-kritérium viszont akkor teljesül, ha van legalább egy altétel /többszörös kódolt tételről van szó/,

amely nem A13 vagy A14 értékü. A visszakeresési feltétel teljesülése esetén most csak számszerüen az kerül kiirásra, hogy hány elemre teljesült a specifikált feltétel. Ez a számérték az előző háromféle kiirás esetén a tétel értékek után automatikusan kiirásra kerül, de most csak ez az egyetlen eredmény, amit az INTERROGATION ezen visszakeresési akciója visszaad.

Az előzőekben ismertetett levelezési file tárolási és visszakeresési akcióinak rövid tárgyalása és az INFOL részletes leirása alapján nagyon egyszerü lenne megkonstruálni pl. egy Intézet dolgozóiról /személyzetéről/ információt tartalmazó file-t, amelyben a személyi, szakképzettségi, tudományos és egyéb aktivitásra vonatkozó adatok lennének tárolva. Hasonlóképpen egyszerü lenne könyvtárak szakkönyv, folyóirat és egyéb dokumentum állományának file formájában való rögzitése, folyóirat cikkek adott rendszer szerinti dokumentálása, stb. Minden olyan esetben, amikor homogén vagy homogénnak tekinthető sok elem nyilvántartásáról, állaguk változásának figyelemmel kiséréséről van szó /raktárak állománya, mühelyek, javitó részlegek, szerviz állomások stb./ a vonatkozó elemek tétel-strukturájának létrehozása és az információ file-on történő fenntartása, számitógéppel történő kezelése kézenfekvő.

II. FÜGGELÉK

Az általános leirás és az I.Függelék mintapéldái alapján nyilvánvaló, hogy az INFOL nagyon sokrétü file kezelést, tárolást és visszakeresést képes megvalósitani. Önmagában, felhasználói program nélkül azonban egy átfogó alkalmazásnál nehézkes az alkalmazása és potenciális lehetőségeinek csak egy része aknázható ki. A következőkben a gépipari alkalmazások skáláját és azok hierarchikus kapcsolódását vázoljuk. Ez azonban nem jelenti azt, hogy ez az egyetlen, vagy legjobb elképzelés az integrált anyag- és információ áramlás irányitására, de remélhetőleg hozzásegit a számitógépek lehetőségeinek bemutatásához és a hagyományos szemlélet megváltoztatásához. Ugyanakkor megmutatja azt is, hogy a számitógépes dokumentáláshoz és ezen file-ok használhatóságához nagymennyiségü, már meglévő ismeret rendszerezésére és azok standardizált formátumozására van szükség.

Azt hiszem, nem szükséges bizonyitani, hogy a gépipari tervezés és gyártás számos olyan problémát mutat fel, ahol az INFOL vagy hozzá hasonló rendszer alkalmazható, sőt már alkalmazva van. A főbb területek az alábbiak lehetnek:

1. Számitógépes tervezés dokumentumainak kezelése, fenntartása és a tervező felé történő prezentálása.
2. Nagyobb berendezés gyártásának előkészitése, dokumentálása /az alkatrészek, szerelési adatok, gyártási adatok összefoglalása/.
3. Közvetlen gyártás előkészités és irányitás mühely szinten.
4. Raktárak fenntartása, irányitása.

1. Számitógépes tervezés

A mai rendszer- és részrendszer tervező gyakran elvész a rendelkezésre álló tervezési segédletek, kézikönyvek, szabványok /házi, hazai, nemzetközi előirások/ stb. ismeret tömkelegében. Ugyanakkor természetes korlátok miatt, vagy tapasztalata folytán csak egy véges müszaki ismeret-halmazt használ munkájában és fennáll a veszély, hogy nem a legujabb szabványok, egyéb müszaki ismeret birtokában tervez. A számitógépes tárolás és visszakeresés - feltételezve azt, hogy egy nagyobb file karbantartó és tervező gárda folyamatosan javitja és tapasztalatai folytán kiegészíti - megbizhatóvá teszi az információ tömeget,óriási lehetőséget biztosit. A tervező a számitógép output berendezésétől függően nyomtatott formában /printerek/, vizuális megjelenitésként /display-ek/ vagy hard-copy-ként /filmen tárolt anyag/ prezentálhatja a kért tervezési segédletet. Egy ilyen rendszer, bár a perifériáktól függően más és más szervizt biztosit,lényegében egy információ tároló és visszakereső rendszer, amelynél a belső tárolás és keresés lefolytatása nagyrészt független a prezentálástól. Az INFOL-hoz azokon a helyeken, ahol jelenleg nyomtatási utasitások szerepelnek, bármilyen más kimenő egység is csatlakoztatható és igy az igénynek megfelelő visszakeresés biztositható.

2. Gyártáselőkészités

Amennyiben a tervezés megtörtént és a legyártandó berendezés teljes tervdokumentációja elkészült, a gyártás tényleges beinditásához a termelő egység kapacitásait és a tervben specifikált feladatokat illeszteni kell. Ehhez több szakositott osztály szokott hozzáfogni, ami a beszerezhető és legyártandó alkatrészekre más és más procedurát indit el, ugy ütemezve az időpontokat, hogy egy későbbi időpontban a szerelés sorra kerülhessen. A legyár-

tandó alkatrészekre a gyártás technológiai paramétereit nagyrészt műhelytől függetlenül /megmunkálási fázisok, sorrend, időigény, közbenső ellenőrzések stb./ lehet meghatározni, az alapanyagot raktárról vagy külső rendelésből kell előteremteni, kiinduló méretre darabolni stb. A technológiai előkészités az alapja az alkatrészek egy adott gépparkkal, felszerszámozással ellátott műhelyben történő legyártásának. Ez az illesztés /általános technológia-speciális műhely/ legtöbbször már magába foglalja a termelés programozását is, ahol a műhely kapacitásának megfelelően kiosztásra kerül adott időszakra a gépeken gyártandó alkatrésztfajta és darabszám.

Ezen a szinten a tervezéssel létrehozott berendezés /amely egy file elem lehet/ terve további file-okra bomlik, amelyekben az egymástól különböző alkatrészcsoportok vagy adott előkészitettségi állapotban lévő alkatrészek találhatók. Ugyancsak további file-ok alakithatók ki az egyes gépeken legyártandó alkatrészekből is.

3. Közvetlen gyártáselőkészités és irányitás

A technológiai tervnek megfelelően az egyes gépeken a gyártás szerszámok, alkatrészek és gépek kölcsönhatásba hozásával történik. Az adott gépen elvileg rendelkezésre álló vagy adott időpontban felhasználható szerszám választék nyilvánvalóan file strukturáju lehet és a szerszámok méret, anyagféleség és számos más technológiai jellemzőjét tartalmazza. Az NC, DNC vagy AC gépeken sorrakerülő gyártás során fix vagy a körülményekhez alkalmazkodó irányitó hatás választja ki az alkatrész által megszabott feladatoknak megfelelő szerszámot. A gyártás ütemezése sem lehet olyan merev, ahogyan a termelés programozás megszabja, mert objektiv okok mindig felboritják az előzeteseb meghatározott idő-tervet. Az adaptiv irányitásnál a dinamikus termelés-programozás, a szerszámoknak a követelmények szerinti kiválasztása természetes és ennek megvalósitása nyilvánvalóan a file elemek kiválasztása, mó-

dositása /későbbi gyártási időpont meghatározása/ formáját ölti.

4. Raktározás, katalogizálás

A modern igényeket rugalmasan kielégitő gyártás nem képzelhető el fix vagy átmeneti elemek tárolása, későbbi felhasználásig kezelő raktárak nélkül. A raktár gazdálkodás alapvető problémája a raktározási költségek és a raktár nélküli /"piacról" vagy "piacra" termelés/ gazdálkodás miatti veszteségek összhangba hozása. A tulságosan nagy választékkal vagy magas "minimális tételszám"-okkal gazdálkodó raktár költséges, mig a kis választék és tartalékok az anyagbeszerzés késleltetése miatt a gyártást és szerelést akadályozhatják.

Nyilvánvaló, hogy egy raktár homogén vagy homogénnak tekinthető elemei file-ként tarthatók fenn. Az elemeket müszaki és raktározási szempontból jobban leiró jellemzők alkotják ezen elemek tételeit. A legegyszerübb felhasználás adott tulajdonságu elemek kiválasztását vagy uj beszerzés raktárba helyezését jelentheti. Már raktárgazdálkodásnak tekinthető az olyan automatikus akció, amikor bizonyos minimális készletek elérésekor a beszerzésre vonatkozó instrukciókat a rendszer adja ki.

Ez a rövid áttekintés nem azt célozta, hogy bármelyik feladatra elem strukturát, részletes tétel leirást hozzunk létre kategória-tipus deklarációval és más specifikáló adattal együtt. Ehhez alapos munka, az egyes részterületek lényeges jellemzőinek összegyüjtése szükséges. Bár az INFOL a folyamatos file módositást /REVISION/ is lehetővé tesz, mégis jelentős erőfeszités takaritható meg, ha az elem strukturákat a fent ismertetett területeken előzetes diszkusszió után hozzuk létre.

Az ismertetett négy nagy terület szervesen kapcsolódik egymáshoz és nem erőltetett az az elképzelés, hogy az INFOL-hoz kapcsolódó felhasználói program további procedurák illesztése után képes lehet a teljes gyártási folyamat automatikus vagy félig automatikus irányitására. Az MTA AKI Müszaki

Osztályán érvényben lévő szervezeti felépités mutatja, hogy a tudományos osztályokkal történő kapcsolat tartástól a tervezésen, gyártás előkészitésen, alkatrész gyártáson, szerelésen és a legyártott berendezések ellenőrzésén át vezető láncolatban hogyan valósitható ez meg. Mivel a Müszaki Osztály nem tulságosan nagy egység és az egyes csoportok tevékenysége jól áttekinthető, könnyen megállapitható, hol, milyen felépitésü, részletességü file-ok lennének létrehozhatók és kinek, milyen információt tárolnának. Az egyes file-okból a tervezés, előkészités és gyártás előrehaladtával egyes személyek utasitására vagy automatikusan kerülhetnek előre az adatok és a további munka során megszerzett információ.

Különösen fontosnak érződik az automatikus szervezés és átgondolt irányitási stratégia, ha nagy értékü gyártó berendezések /NC gépek, csoportos irányitást végző kisszámitógép/ optimális kihasználásáról van szó. Ugyancsak jelentős lehet a megtakaritás, ha egy berendezés legyártásának teljes ideje lerövidithető, ami prototipusoknál, uj termékek esetén nagyon fontos.

A jelen ismertetés az INFOL nyelv bemutatását célozta és nem kivánt a gépipari alkalmazások mélyebb analizisével foglalkozni. A számitógépes tervezés, a DNC és AC témák még a kutatás kezdeti stádiumában vannak. Érzésem szerint akár modellezés, akár előkészitő vizsgálatok lefolytatásához az apparátus oldal rendkivül fontos mindhárom területen. Csak kellően rugalmas, a mai lehetőségeket maximálisan kihasználó megközelités vezethet előre és határozhatja meg reálisan a kutatás további fázisait. Az már más kérdés, hogy a gyakorlati implementációhoz az INFOL által használt adatstrukturát és nyelvi elemeket célszerü-e használni. Ez az INFOL leirás az apparátus oldal egy részét kivánta bemutatni a DNC és AC kutatásokhoz.

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA