IX

CL & CL

Computational Linguistics and Computer Languages

computer
and
automation
institute
hungarian
academy
of sciences

COMPUTER AND AUTOMATION INSTITUTE
HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

COMPUTATIONAL LINGUISTICS
AND
COMPUTER LANGUAGES

IX.

Budapest, 1973.

This volume has been edited by Szépe György and Bence Dénesné

FOREWORD TO THE VOLUME

The present issue of Computational Linguistics is somewhat different from the previous ones in that it also bears the subtitle Kalmár-Festschrift. Within the field of computational linguistics as it has now developed, no explanation is required for the choice of this title. It is Professor László Kalmár of Szeged to whom this volume is presented by his friends, collaborators, former students and admirers.

Usually a Festschrift marks the occasion of a special anniversary of the person honored, but we do not offer this volume under the pretext of an anniversary of remainder 0 modulo 5 years of life or activity - although many such numbers could be found. Rather we conceive this Festschrift as the opportunity of working in a spatio-temporal continuity with Professor Kalmár and offer it with the hope that he may accept it in the same spirit as we present it to him.

For those who have been deprived of the privilege of knowing Professor Kalmár, either because of geographical distance from Hungary or distance in time from the year 1972, we enumerate here only some of the events connected with his life's activity which can be considered as milestones of mathematical and computational linguistics in East and Central Europe.

Professor Kalmár was already a distinguished scholar in many classical branches of mathematics as well as the newly developing fields of foundations of mathematics, mathematical logic and theory of automata, when he met linguists who were able to communicate with him about language, a subject which he had nearly pursued at the beginning of his academic career. Igor Melchuk from Moscow was the first to spark this renewed interest in linguistics when he presented Professor Kalmár his pioneering algorithmic analysis of Hungarian. When Dr. Kalmár returned to Hungary after that visit to Moscow, he realized there were no linguists around him capable of understanding this masterpiece of mathematical linguistics.

Thus he turned his attention to linguists. He began lecturing in the Linguistic Society of Budapest, at various national conferences and seminars, and began to give classes on various language-related topics by virtue of his superior knowledge of formal disciplines. He did not mind teaching linguists graph theory on airplanes or Boolean algebra at Lake Balaton. Nearly all Hungarian linguists, living anywhere, who work with formal methods are his students in some way or other. At the same time he also introduced first class scholars in mathematics to problems which were relevant to linguistics.

His chair - unique in the academic world - bears the name of Foundations of Mathematics and Computer Sciences. This is tantamount to saying the Alpha and Omega of formal studies. Linguists therefore did not forget that their field formed but a small share of his broad scope of teaching and research. But during the sixties linguistics became, for reasons which are still only partially understood, a model discipline for the humanities and social sciences. The same people who were taught by Professor Kalmár to think within the context of a formal framework, to have recourse to mathematics, and to use the computer influenced methodological approaches in folklore, literary studies, documentation, and even in musicology and other fields of research.

We do not want to exaggerate the personal factor in the growth and development of science. Social history, special history of scholarly institutions, a certain level of technology and of management were also necessary, as well as some eager linguists to absorb his unusually vast field of erudition and his committed and unconventional way of thinking. But there is no doubt that in Hungary he was the source of irradiation for these areas. A touch of his extraordinary personality is conveyed to the reader by Muszka's notes on Laci Bácsi, i.e. Uncle László.

Due to his unusually active professional life as a member of more than fifty committees - including the Working Committee for Mathematical and Applied Linguistics of the Hungarian Academy of Sciences - and to his constant teaching activity, both on a formal and informal basis, many of his ideas have become common wealth and are found on countless pages of many of us linguists and not linguists. With this Festschrift we attempt to repay, in a symbolic way, some of our debt in regard to him. We have also invited authors from other countries to join in our Fest, all friends of Professor Kalmár either through fruitful collaboration or a more-than-chance parallelism of research.

This is valid also for those Hungarian mathematicians who share a long friendship and close collaboration with Professor Kalmár.

As this issue of CL has very severe space restrictions we could not ask many persons from Hungary or from surrounding countries to contribute. We consider the volume but a small part of what could be a Kalmár-Festschrift organized on an unrestricted basis. But as the Honored Person is he who taught us qualitative mathematics, one should not judge our effort by quantity.

Papers for the volume are in English, French, German, and Russian. The last sentence will now be in Hungarian parlance - in almost Hungarian - Ad multos annos!

The Editorial Board

ONE QUANTITATIVE DEMONSTRATION OF DRAMATIC TENSION

by Iván Fónagy, Judith Baráth

I.

A poetic work - a verbal work of art - differs from other texts in two basic aspects. The "form" of a poetic work has contents, the verbal utterance is significant in itself. As to the contents of a poetic work, it has shape and organization.

It is in this superior organization and in the sharp decrease of the element of chance that poetic reality differs from relatively amorphous, everyday reality. This conspicuous difference has tempted students that, beyond the sentence, they should apply the methods of linguistic analysis to the whole of a poetic work /Propp 1958, Barthes 1966, Greimas 1966, Todorov 1966, 1968/, in an attempt to unify in some poetic grammatics the principles determining the organization of poetic works.

When looking for the main laws determining movements in a poetic work it is more relevant to start from the structure of musical works. Already the aesthetes and poets of German Romanticism called attention to this parallelism, who - on account of their antirational orientation - turned mostly to the musical aspects of literary works /Fiesel 1927/.

If we disregard the actual contents of a particular play or novel and apply some rules of generalization /the details of which must be omitted now/, we get at the inner form of the work and we can follow up the changes occurring in this inner form. In the course of such an analysis /Fónagy 194o-1941/ it becomes apparent that the organization of a poetic work /its musicalness, as referred to by Romantic authors/ derives from two tendencies: /a/ there is an added reliance on, and a great variety of, the principles of repetition in the ordering of contentual elements /repetition of motifs, parallelism, variation, antithesis, mirror-symmetry etc./; /b/ the unity of the work is secured by an endeavour to create suspense, to produce tension which, once created, is then released. The two tendencies blend in various ways and to various degrees, creating thereby a great amount of structural forms. Some of these forms were already dwelled upon by classical rhetorics /"thought patterns"/ and we have a good knowledge of the rest from the discipline of musical forms e.g.: variation, fugue, deviza or counterpoint. The Romantic terminology is absolutely justified. Music is the rhythmic procession of tension and release. What passes for form in a verbal work is in a musical work contents, essence, the musical work itself.

II.

Both classic rhetorics and Aristotelian poetics regarded tension to be the structural driving force of tragedy. Tragedy was divided into three parts according to the changes of tension: the first part /protasis/ is supposed to create tension /arkhé/, the intermediate part /meson/ increases it to the utmost /epitasis/ while the third part /teleyté/ brings the awaited release /katastrophé/. Only the release of tension can bring relief /katharsis/. The arch of tension,therefore, first goes upwards and then downwards. It takes a minimal amount of drawing ability to sketch the tension-curve. To convey, however, the precise changes in the tension of a particular play is a great deal more difficult.

It seems likely that tension is related to the <u>number of arising problems</u> awaiting solution. Obviously, this relation can only be positive: tension is greater if the number of problems rises, smaller if the arising problems are duly solved. This is indicated by the metaphor implied in the word <u>solution</u>. The tension implied in a question is indicated by the interrogative intonation. Yes-no questions /without morphemes of interrogation/ differ from affirmative sentences in a higher pitch and a rising tune /usually centred on the last three syllables of the sentence/. The frequency of the basic pitch is determined by the air-pressure below the larynx and the tenseness of the vocal chords; a higher pitch, therefore, invariably presupposes greater physiological tension.

According to our thesis dramatic tension rises of falls in direct ration with the number of yes-no questions arising in each scene.

In Scene 1. of Shakespeare's Hamlet, for instance, the following questions arise: 1. Did the soldiers really hear the ghost of Hamlet's father? 2. Will the ghost speak to Hamlet? 3. Will Fortinbras attack England? etc. If, then, we make a scene-by-scene count of the questions arising and left unanswered in Hamlet, we get a curve with two arches /fig. 2/. The curve soars first at the beginning of Act II. after Hamlet's resolution to take revenge, should the ghost be proved right, and his preparations for an investigation. The second arch comes with the end of Act IV. when Hamlet has already decided to kill the king and the king has resolved to get rid of Hamlet at any cost.

Before our attempt at an analysis of tension-curves of other plays, it seems proper to assess the use of such tension-curves. Here follows a brief account of the technical and methodological problems that arose in the course of the analyses, in an order of rising difficulty:

1. Individual authors have used totally divergent methods of dividing their works into scenes. The principle of division is fairly simple in Corneille and Racine: a new scene begins whenever a character leaves or enters the stage. In Shakespeare a new scene begins whenever the setting is altered. The last scene of Hamlet would fall under five scenes according to the French principle.

2. The problems that have arisen may be solved in the course of one single scene. In Andromaque, for instance, there is an answer to the questions posed within the same scene on five occasions. Such cases leave no trace on the tension-curve even if they undoubtedly contribute to the tension of the play as a whole. We were forced to divide the last

scene of Hamlet into four scenes in an arbitrary, almost French, method so that the sudden soar of the tension would show. According to our division Scene 2. falls into three scenes: those of the dialogue of Hamlet and Horatio, the preparation for the duel, the duel.

3. Viewed from the angle of tension, it is highly important to determine through how many scenes a particular question is left unanswered. Our tension-curve can give no indication of that, either.

4. We concealed the subjective quality of the method with a generous formula when writing about "problems arising". It is left in no small measure to the student just what questions he chooses to pose and just when. It is very likely that for two other readers the scenes of Hamlet would reveal a different number of questions than in our own count. The reader is undoubtedly influenced by his knowledge of the ending of the play. Presumably, a reader reading Hamlet for the first time would not even pose some questions while including questions we have omitted in the knowledge of its "non-relevance". In fact the student may not include a question which he does not regard to be one in the knowledge of the character's features. It is almost obvious, for instance, that Corneille's Polyeucte will not be dissuaded from his resolution to become a martyr. All we can guarantee is that we have not omitted questions deliberately.

To console ourselves as well as others all we can say to this objection is that, owing to the peculiar character of poetic communication, the reader is allotted a much more active part than a partner in an everyday conversation. In fact, Eliot /1957 pp. 308 ff./ justifies in advance his reader in interpreting his sentences in a way different from his own intentions. The objectivity of the tension-curve, therefore, is inevitably relative: it accords with the interpretation of the reader. As to the priority of a naive, first reading: in his Princeton lecture Thomas Mann warned his readers that The Magic Mountain, its musical structure in any case, was comprehensible only at a second reading.

5. Unfortunately, in the course of particular scenes the questions arising are not always "yes-no" questions but also "special" ones. Dealing with Scene 1. of Hamlet we rendered under the heading of an etc. the following question: "What exactly does the ghost want?" Obviously, special questions with more than just two alternatives are more informative, by creating more uncertainty, than binary "yes-no" questions and refuse, therefore, to be rendered under the same heading. Adopting a lesser evil, we have transformed special questions into two or more "yes-no" guestions, thus in the case of Hamlet: "Does the ghost want to tell a secret?" , "Does the ghost want to make someone do something?"

6. "Yes-no" questions leave two alternatives only but the importance of the question posed - depending on the consequences implied in a "yes" or a "no" - may vary considerably. The question, for instance, whether Hamlet's father had been killed or not, creates far greater tension than the one about Fortinbras attacking England or not. We must automatically give up the hope of tension-curves being capable of indicating differences due to the importance of particular problems.

7. Tension, then, is certainly likely to rise if there are more problems to deal with. From this, however, it does

not follow that tension is exclusively dependent on the number of problems. There are other essential, but not very marked, tension-creating elements such as the distance from a set goal or the proximity of imminent danger. At the present time, however, we do not yet know how to measure such mental distances. Neither do we know if it is possible, or even worthwhile, to measure them.

Also, we must be careful not to try too hard to give answers to all questions for the author. The dramatist may well leave some questions unanswered deliberately: when the curtain falls on the end of Cid, for instance, we cannot tell, at most we can guess, if Chimène will marry Rodrigue with the passage of a year. In many cases the auther leaves some questions open by sheer accident. Such "absent-mindedness" is quite frequent with Shakespeare. In Julius Caesar, for instance, the question arises what Cicero said about Caesar in his speech. Those present in the scene do not know since Cicero spoke in Greek. Nor do we learn what Cicero said later on. /Perhaps Shakespeare did not speak Greek himself./

While making the tension-curves we arbitrarily overlooked these remote questions, for they form no organic part of the dramatic action, so that they should not blur the author's endeavour aimed at the deliberate sustaining of the tension.

III.

After so much reservation the question arises whether it is worth considerable trouble making charts of the "tension-curves" of particular plays. What can be learnt from such curves?

We can compare the graphic layouts of three plays by Corneille and three by Racine /figg. 4-9/ with each other as well as with the tension-curves of three plays by Shakespeare /figg. 1-3/. The word "tension-curve" must, even without question-marks, be taken to indicate the changes in a certain - primarily intellectual - tension.

Here again, one advantage of graphic representation is its lucidity. Watching or reading the play, we participate in the action or - if we preserve our objectivity and aloofness - we follow closely the action. One aspect of the process, if projected into space, can, however, be surveyed at a single glance. The "level", the "decrease", the "increase" and the "peak" of the tension transforms into tangible reality from a mere metaphor. It is obvious that average tension in Iphigénie is much greater than in the other two tragedies by Racine and the average level in King Lear surpasses considerably that of Hamlet or Julius Caesar /cf. with Chart 1./. Tension in Cid rises twice /fig. 4./. It increases evenly during Act II. right until Scene 6. The Count gets into opposition with Rodrigue and the King. The outcome of the conflict is uncertain. There may be a conflict between Rodrigue and Chimène, the daughter of the Count. It is questionable if the attraction of the Infanta towards Rodrigue can thereby become more hopeful. Tension rises in Act III. again until Scene 6. and this is where it reaches its peak. Chimène becomes opposed to Rodrigue and herself. We do not know if "gloire" i.e. the strict law of family honour can prove stronger than love, if Rodrigue can defeat the Moors winning thereby the forgiveness of the King and regaining Chimène's love.

The troughs in the curve point to tension-releasing, significant events. In Cid a deep trough appears in Act

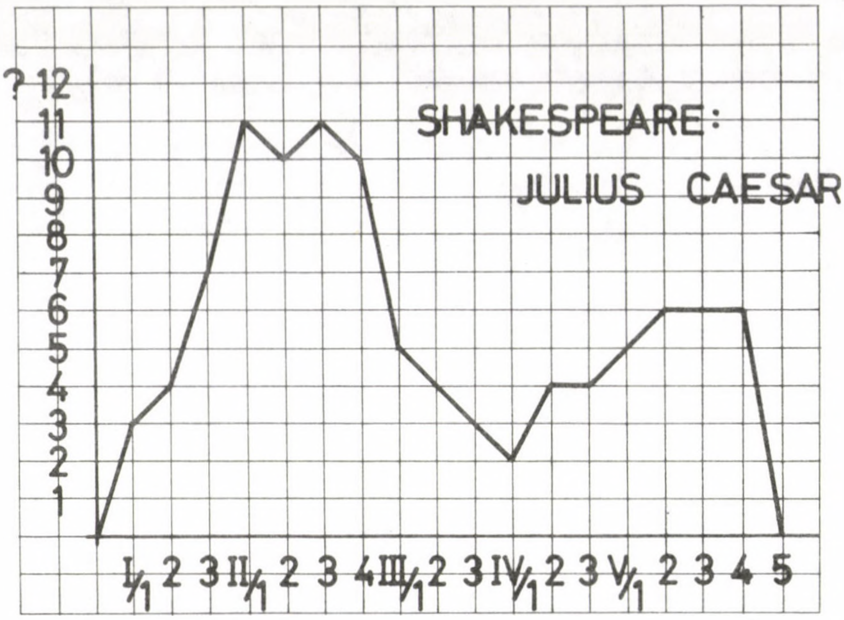


FIGURE 1.

Tension-curve of Shakespeare's Julius Caesar
a count of "yes-no" questions arising in one
scene. Horizontal
axis: acts and scenes in chronological order

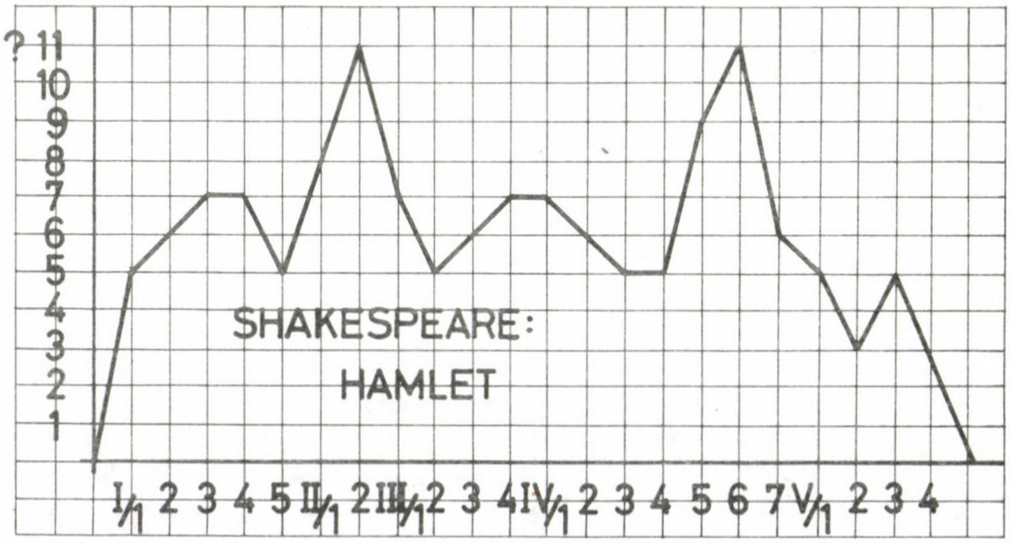


FIGURE 2.

Tension-curve of Shakespeare's Hamlet
/cf. with fig 1/

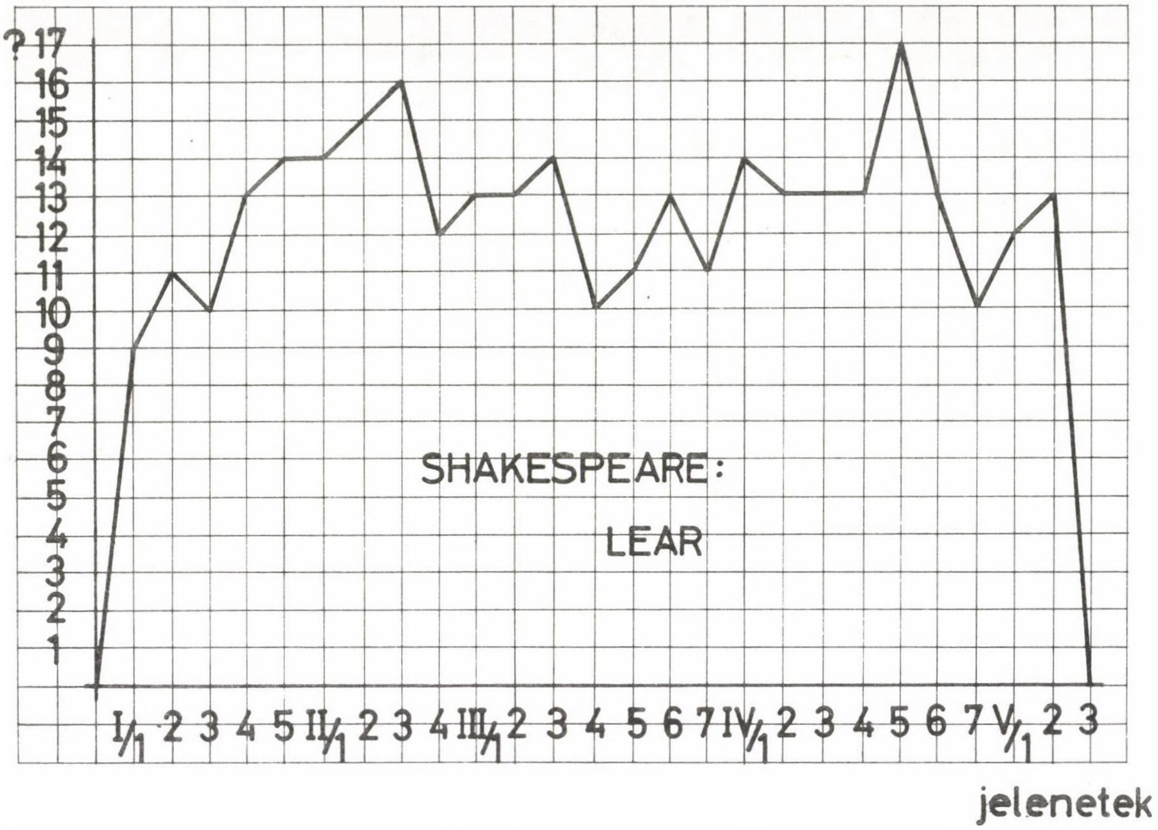


FIGURE 3.
Tension-curve of Shakespeare's King Lear
/cf. with fig 1/

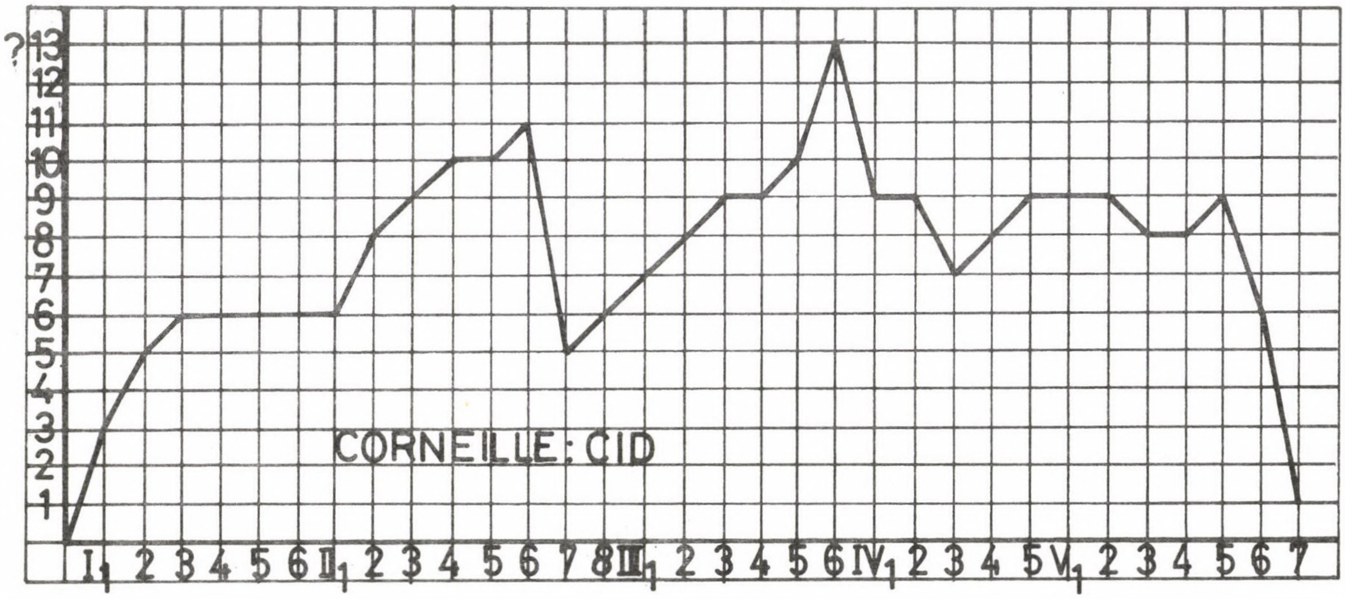


FIGURE 4.
Tension-curve of Corneille's Cid /cf. with fig 1/

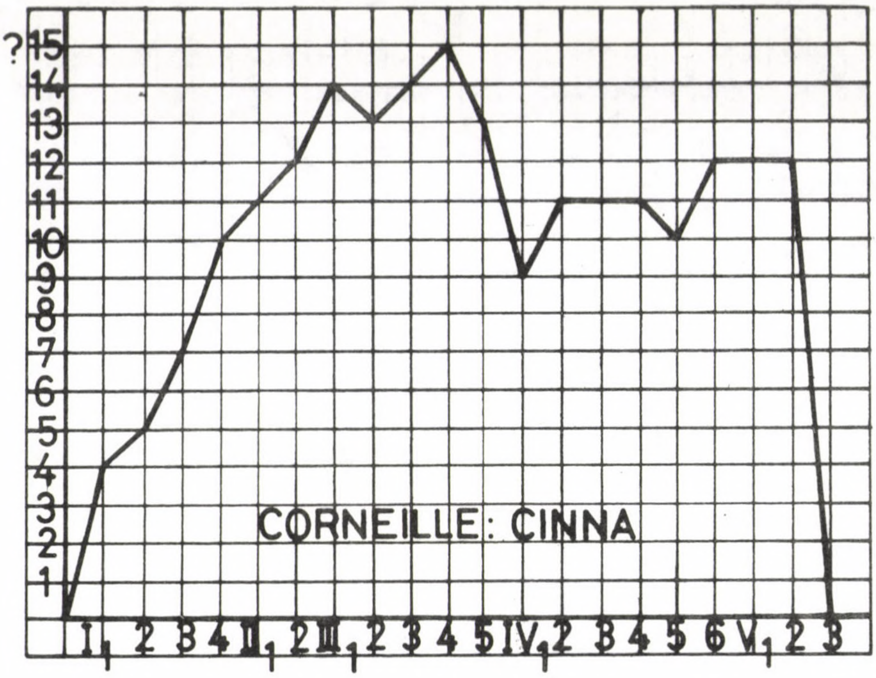


FIGURE 5.
Tension-curve of Corneille's Cinna /cf. with fig 1/

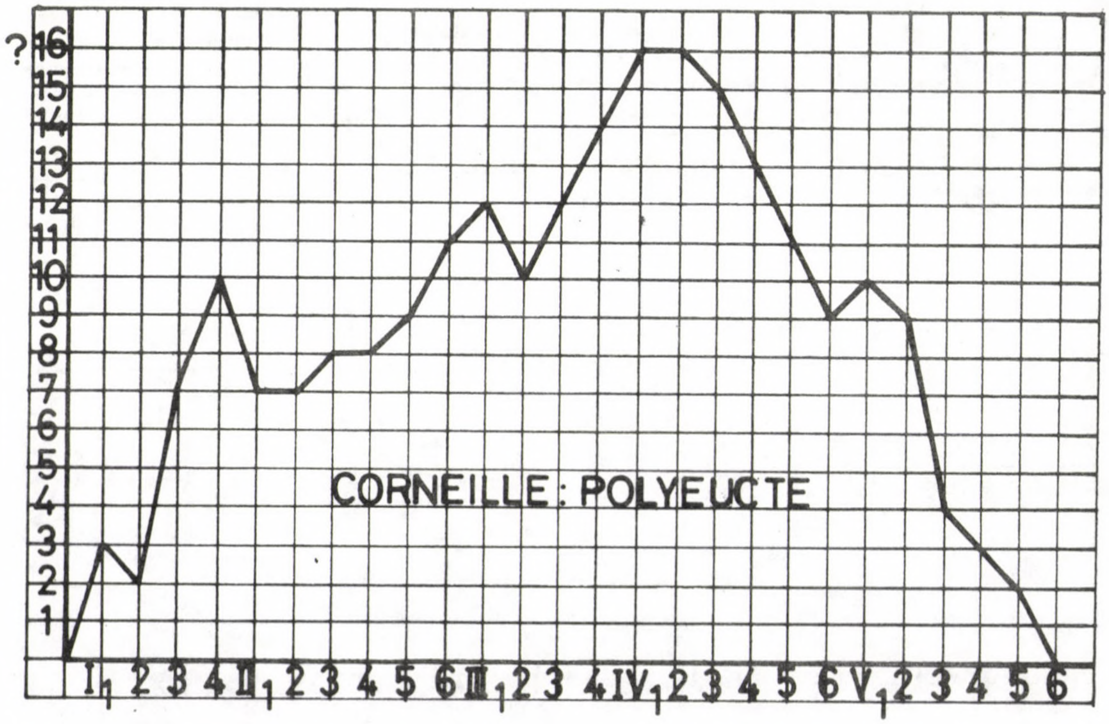


FIGURE 6.
Tension-curve of Corneille's Polyeucte /cf. with fig 1/

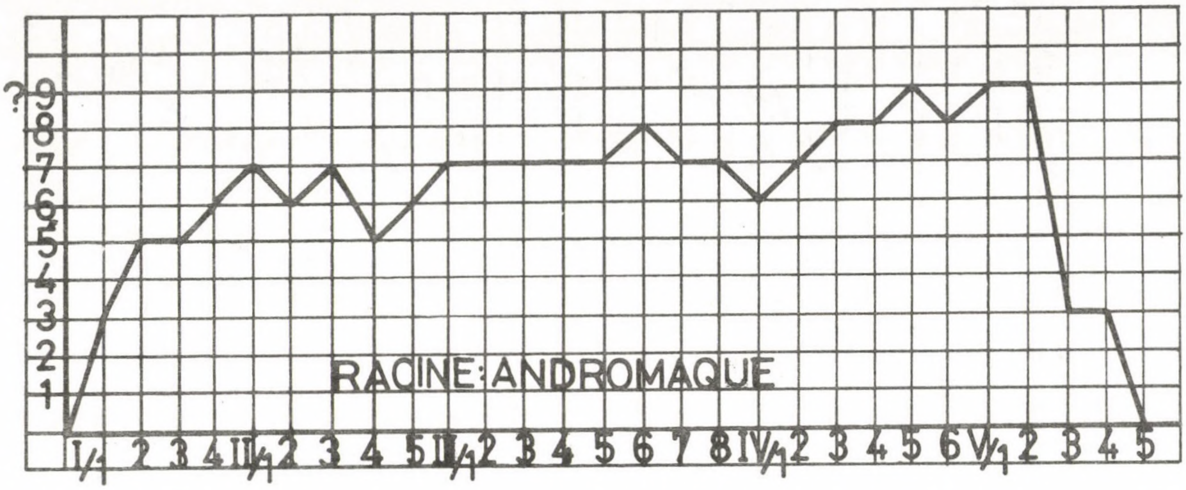


FIGURE 7.
Tension-curve of Racine's Andromaque /cf. with fig 1/

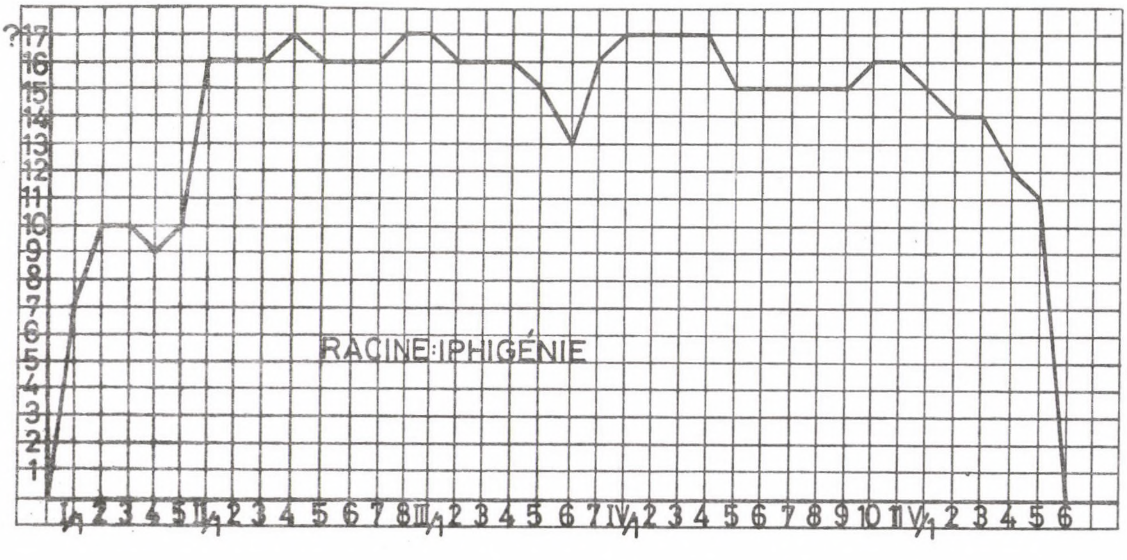


FIGURE 8.
Tension-curve of Racine's Iphigénie /cf.with fig 1/

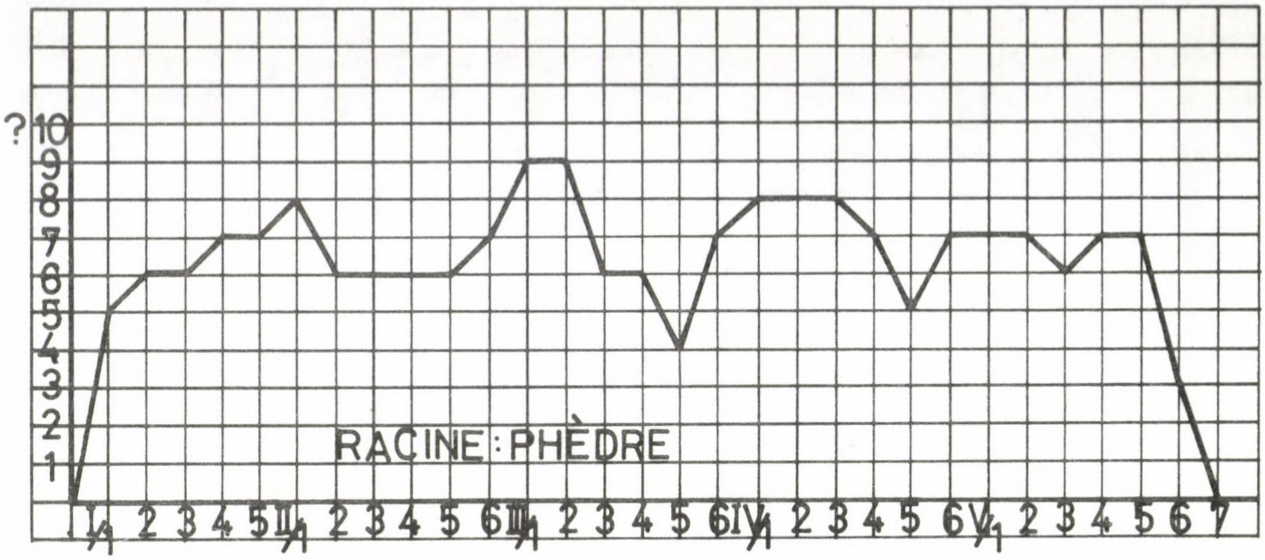


FIGURE 9.
Tension-curve of Racine's Phedre /cf. With fig 1/

FIGURE 10.
The "starting position" of Shakespeare's King Lear; relationships of Lear and his daughters and Gloucester and his sons resp. —> = positive relationship, ↛ = negative relationship.

	Andromaque	Phedre	Iphigénie
Average tension	6.1	6.4	14.0
no of questions/scene	0.9	1.3	0.9
	Polyeucte	Cinna	Cid
Average tension	8.8	10.3	7.7
no of questions/scene	1.4	1.5	1.3
	Julius Ceasar	Hamlet	Lear
Average tension	5.6	6.2	12.2
no of questions/scene	2.7	2.1	2.2

Chart 1.

II. Scene 7. when the outcome of the duel between Rodrigue and the Count becomes known. Following the peak in Act III. Scene 6. a relief is brought about by some good and bad news. Rodrigue is victorious over the Moors regaining thereby the benevolence of the King but Chimène insists on Rodrigue being beheaded. The tension-curve falls suddenly after Act V. Scene 5. Although Chimène has still not come to a decision, yet the tension-curve shows that there can be hardly any doubt about the final scene, the final outcome: only one question remains unanswered, the question with the strongest emotional implications. At the end of Iphigénie two problems remain unsolved /fig. 8./: Achille does not learn about Agamemnon's unjustified reference to him in his letter to his wife, neither does he learn about Eryphile's affection towards him. It is likely that in spite of this the spectator feels Iphigénie more rounded off than Cid. This depends on whether the spectator is more concerned with Achille's reaction than with the fact whether Achille learns about the two pieces of news at all. In the latter case tension releases with Achille's death. In the former case there fails to be a relief. Naturally, the shape of the tension-curve is related to the way we pose the questions.

The realness of the curve in Cid, however, is supported by the fact that within the context of questions solved at large the spectator does not feel unanswered questions open either. Since each question has been solved favourably, the spectator is willing to suppose that the answer to the open questions will also be positive.

In Cinna /fig. 5/ the trough "emphasises" the scene in which Emperor Augustus learns about the plot being made against him under the leadership of Cinna. In Phèdre tension falls in Act III. Scene 5. when it becomes known that Thésée is alive and we learn that Hyppolite is not going to betray Phèdre. In Hamlet the tension falls abruptly when the players perform Hamlet's experimental play and the behaviour of the King leaves hardly any doubt about his being guilty. In Julius Caesar the nadir in Act IV. Scene 1. indicates that "alea iacta est".

The differing tension-lines of particular plays call our attention to some structural differences between them. Cid is more indented than Polyeucte. Some of the problems are solved during Act II. This solution, however, poses an even greater dilemma in front of the characters. In Polyeucte the homecoming of Sévère /Act II. Scene 1./ decreases tension for the spectator realizes that Sévère still loves Pauline but fails to take revenge on his rival. From this it follows, too, that the progress of the action is determined by some other factors. Polyeucte's real enemy is not his rival but himself. Questions centre around Polyeucte: will he or will he not accept, instead of Christian martyrdom, a family happiness that is doubtful /for Pauline cannot really overcome her affection towards Sévère/. As a result of this tension is in fact rising as long as Polyeucte comes to a final decision /Act IV. Scene 2./. From this moment onwards no event can prevent the gradual decrease of tension.

Cinna, Corneille's third tragedy, differs from Cid and Polyeucte in that its peak shifts forward. Tension rises almost without interruption as long as Cinna's plot comes into the open and this occurs already at the outset of Act IV. In the second half of the play tension is maintained on a medium level by problems arising from love affairs and dilemmas of the conscience right until the last scene of the play. Emperor Augustus hesitates whether he should take revenge on the plotters. Maxime, who has revealed the plot to Augustus out of jealousy and selfish calculation, is about to commit suicide. The trough of the tension-curve divides the tragedy into a dramatic part and into one that is mostly psychological.

All this is even more true of Julius Caesar /fig. 1/. The peak obviously takes place in Act II., i.e. its first half. Following the murdering of Caesar the curve shows only a very mild rise. From this point onwards here again the tension is mostly psychological. In the framework of the Shakespearean play the civil war following Caesar's death is employed for the sake of the punishment of those guilty. Dramatic action here is the projection of psychological processes. Brutus is defeated by his own conscience appearing before the decisive battle in the shape of the dead Caesar. It is curious that this structural correspondence, as manifest also in the similarity of the tension-curves /figg. 1 and 5/, links two plays with identical theses. The protagonist in both kills the emperor who has obliged him beforehand. It is gratifying that it is precisely the curves that call our attention to the fall of the tension for it is by no means obvious that the second part, containing the battles of the civil war, should have a smaller informativeness than the first.

The dramatic structure of Hamlet and King Lear differs from that of Julius Caesar, among other things, in the centres of gravity within the line of action. Both in Hamlet and in Lear tension acquires a high level towards the end of Act IV.

The symmetry of the curve in Hamlet is conspicuous. But even the more irregular curves do show some regularity. The restless, indented curve of King Lear is in fact also a rising-falling-rising-falling curve. The "restlessness" of the curve is probably related to the fact that in Lear two self-sufficient actions are superimposed on each other. One of them is based on the relationship of Lear and his daughters while Gloucester and his sons stand in the centre of the other. The similarity of the two contexts /fig. lo/ causes the two actions to run parallel for a while. Both fathers trust in their bad offspring and prosecute the good one for which both must suffer. The two actions soon blend into each other.

The main line of tension-changes divides the play into two in most cases. It is as if the trough of the tension-curve were fulfilling the function of a caesura on the level of the action. This trough - or at least one of the troughs - falls roughly upon the middle of the play. In some cases the bisection is astonishingly precise as in Phèdre and Iphigénie /figg. 8-9/. The function of the caesura is double: it releases tension i.e. it relaxes the spectator, but at the same time it maintains some of the tension and creates thereby suspense. In classic poetry the caesura usually falls upon the end of a sense-pattern or at least between two units of the sentence. Linguistic and metric division, however, may clash if the caesura divides a group of words belonging together. This contradiction usually reflects strong passions and inner struggle. In a similar way: the trough of the tension-curve may coincide with the end of the act as in Act III. of Julius Caesar, but, more often, the curve rises precisely at the end of the act as in Act III. of Phèdre. In such cases the dramatist increases tension with the help of an interval rather like the narrator making pauses before important words.

The tension-curve is the function of the action. Presumably, however, the action follows an ideal tension-curve which influences the progress of the action, rather like the metric pattern influences the syntactic structure of a line of verse. The tension-curve is one projection of the musical structure of a particular play.

From this, then, it follows that in most cases the tension-curve reaches zero in the last scene of the play. This trivial fact shows that the creating and the dissolving of tension is indeed the basic rule governing the dramatic work and that even our very imperfect tension-curve is capable of reflecting that regularity.

IV.

In spite of the multiplicity of the curves there are some constant individual features in the three authors' technique of tension. It is conspicuous that in Racine's tragedies tension is spread more evenly and shows a rising tendency, or maintains a certain level, until the end of Acts IV. In the tragedies by Corneille we have analyzed there is one dominant peak falling either upon the end of Act III. or the beginning of Act IV. Two separate peaks characterize Shakespeare's tragedies. In Hamlet and Julius Caesar ten, in King Lear thirteen scenes separate the two peaks from each other, the first peak falling upon the beginning of Act II. and the second falling upon the end of Act IV. or the beginning of Act V. The second "peak" of Julius Caesar is rather "corroded". On the other hand, in Cid a complementary peak precedes the main peak.

Corneille's tension-curves differ from those of Shakespeare less than they do from Racine's. From Chart 1. it is clear that in the three plays by Shakespeare 2.3 questions fall on one scene as opposed to 1.o questions in Racine's tragedies and 1.4 in Corneille's. The fluctuation of tension is the most abrupt in Shakespeare's plays while in Racine's tragedies it is the most gradual with Corneille in between /Chart 2./ Especially Cid is Shakespearean in this respect. This is probably due to the fact that both Shakespeare and Corneille are closer to 16th-17th century, dynamic Spanish drama than is Racine. Even if it is true that from the angle of the progress of tension Corneille is in between Shakespeare and Racine we must add that he is closer to Racine. A sustained tension characterizes Racine's tragedies which tendency is there also in Corneille. /We only have to compare his tension-curves with those of Shakespeare e.g. the related curves in Cinna and Julius Caesar./ It is as if the oxytonia of the French language, its end-stresses were leaving traces on the tension-curves as well. Naturally, we can only suppose an indirect link between the two levels. The end-stresses influence the tune of the sentence directly, though, for the intensification of the stress presupposes an increased sublaryngal pressure and, under identical circumstances, the frequency of the basic pitch changes together with the subglottal air-pressure. As a result of end-stressing the informative elements of the phrase or the sentence tend to move towards the end of the sentence: the qualifier with a greater news-value follows after the qualified word /qualified word + qualifier, predicate + adverb/. In classical French sentences both expression /signifiant/ and meaning /signifié/ possess rising tensions on their levels /Kuttner 1929, Lerch 1934, Fónagy I. and J. 1969/. This linguistic formula may have an impact on the "musical" techniques of authors whose mother-

	Tension Fluctuations /frequency percentages of level shifts/													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Shakespeare	15.1	37.6	13.6	12.1	10.9	4.5	3.0	-	-	1.5	-	-	-	1.5
Corneille	21.8	37.2	21.8	8.9	3.8	3.8	1.3	-	-	-	-	-	1.3	-
Racine	40.0	35.7	10.5	7.4	1.1	1.1	2.1	1.1	-	1.1	-	-	-	-

Chart 2.

tongue is French. Ady's technique of verse-construction is also inspired by language. In his poems the function of Hungarian barytonia, the stress on the beginning of the word and phrase is fulfilled by the frontal position of important messages /"I am the kin of death", "Kills me the pig-headed Lord", "Paris the autumn has slipped into", "Come am I with the interest, oh, my God" etc./ The inner form of Jenő Heltai's poems, on the other hand, is more "French", relying on final twists.

V.

We have referred to the fact that very much depends on whether the arising problem is solved in the same scene or only in the next or perhaps only at the end of the play. Tension-curves do not indicate that. Yet, they can easily be supplemented with charts and figures clearly representing the duration of tension as expressed in the number of scenes it persists /Chart 3, figg. 11-14/. We could perhaps call these retardation-curves.

It is perhaps Shakespeare's plays that diverge most from the angle of the duration of delay /fig. 11/. In Julius Caesar tension in most cases persists through one single scene, in eight cases it is solved within one scene and only twice do we have to wait for an answer through nine scenes. In King Lear tension persisting through eight scenes is frequent. Hamlet occupies an intermediate position: tension persisting through 2-5 scenes is prevalent there. On the other hand, tension released within one scene is most frequent in King Lear. The action there is woven from two threads. One of the

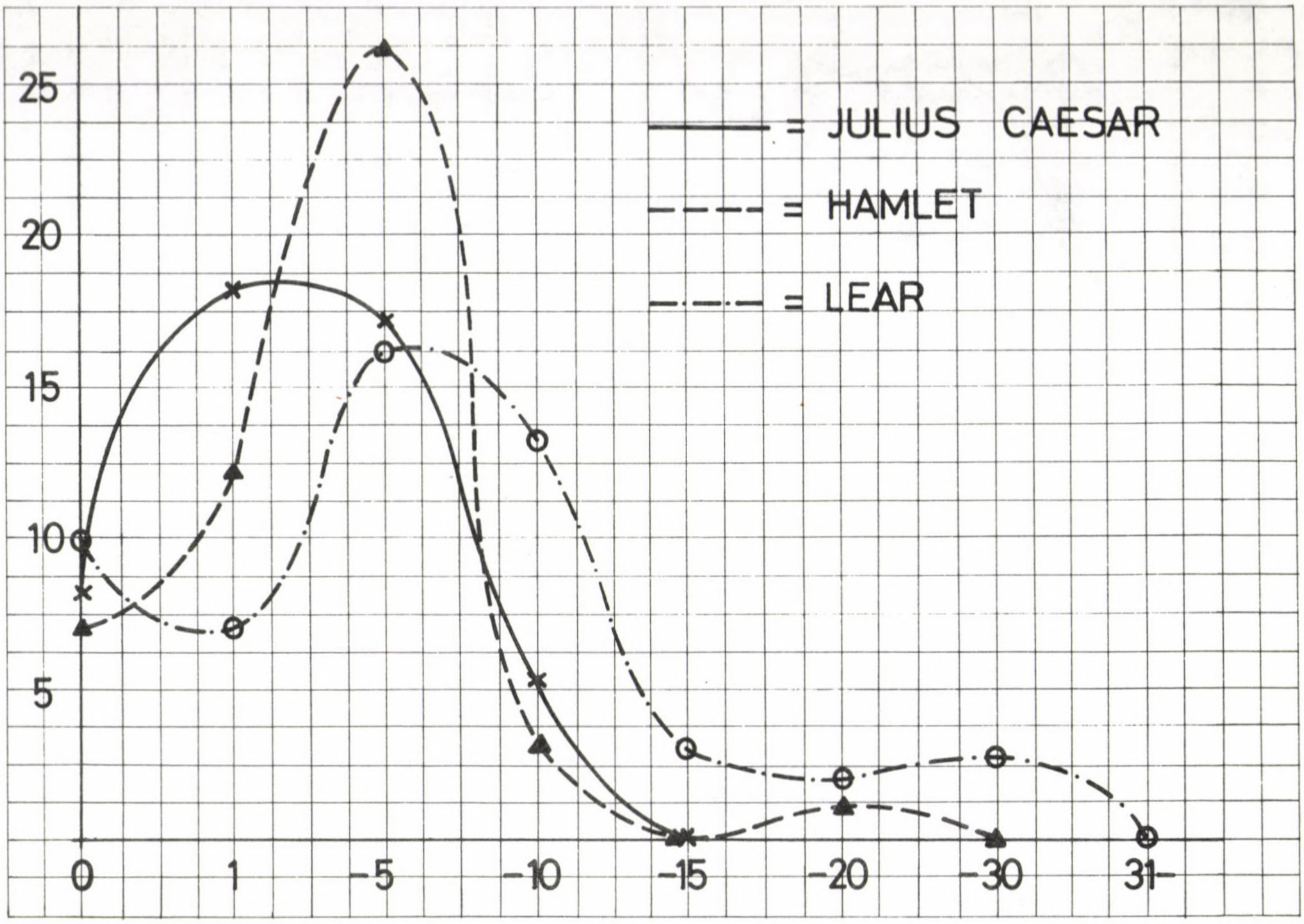


FIGURE 11.
"Retardation-curves" of Shakespeare's three plays.
Horizontal axis: the number of scenes through
which the author delays the solution of a
problem. 0 - problem solved within the same
scene of its arising. Vertical axis: the number of cases.

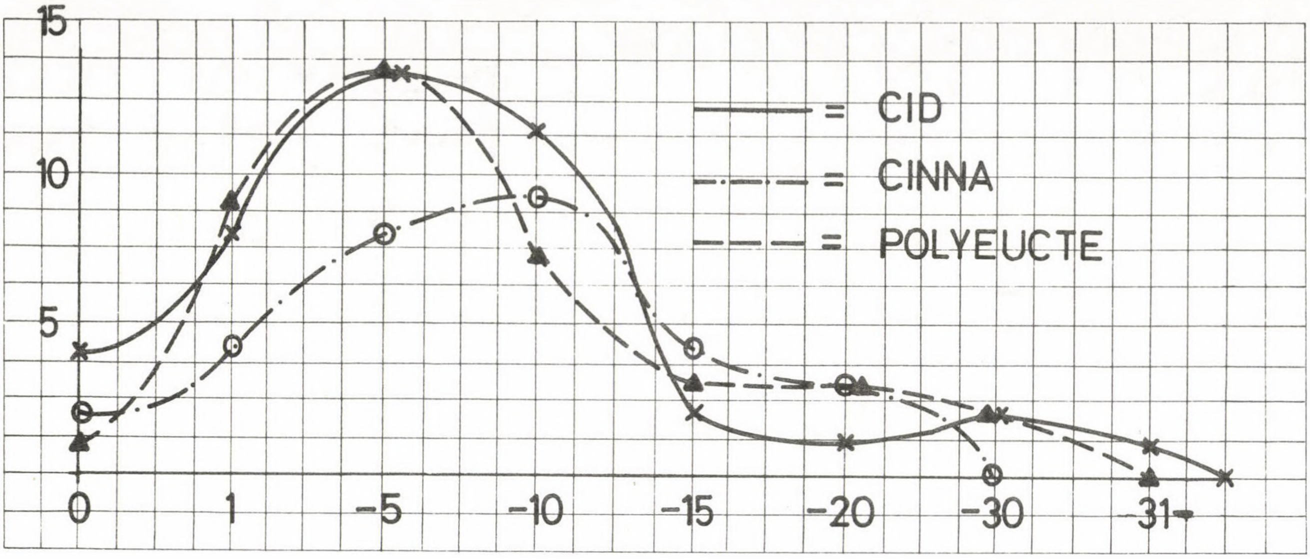


FIGURE 12.
"Retardation-curves" of Corneille's tragedies
/cf. with fig 11/.

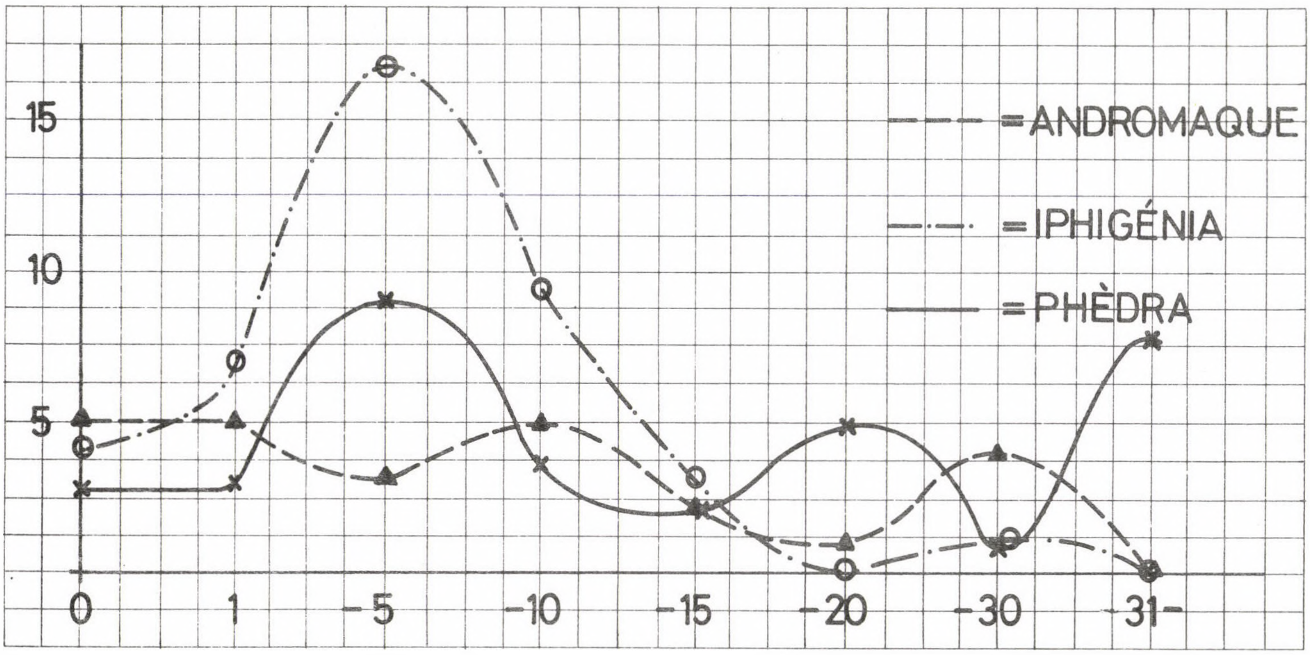


FIGURE 13.
"Retardation-curves" of Racine's tragedies
/cf. with fig 11/.

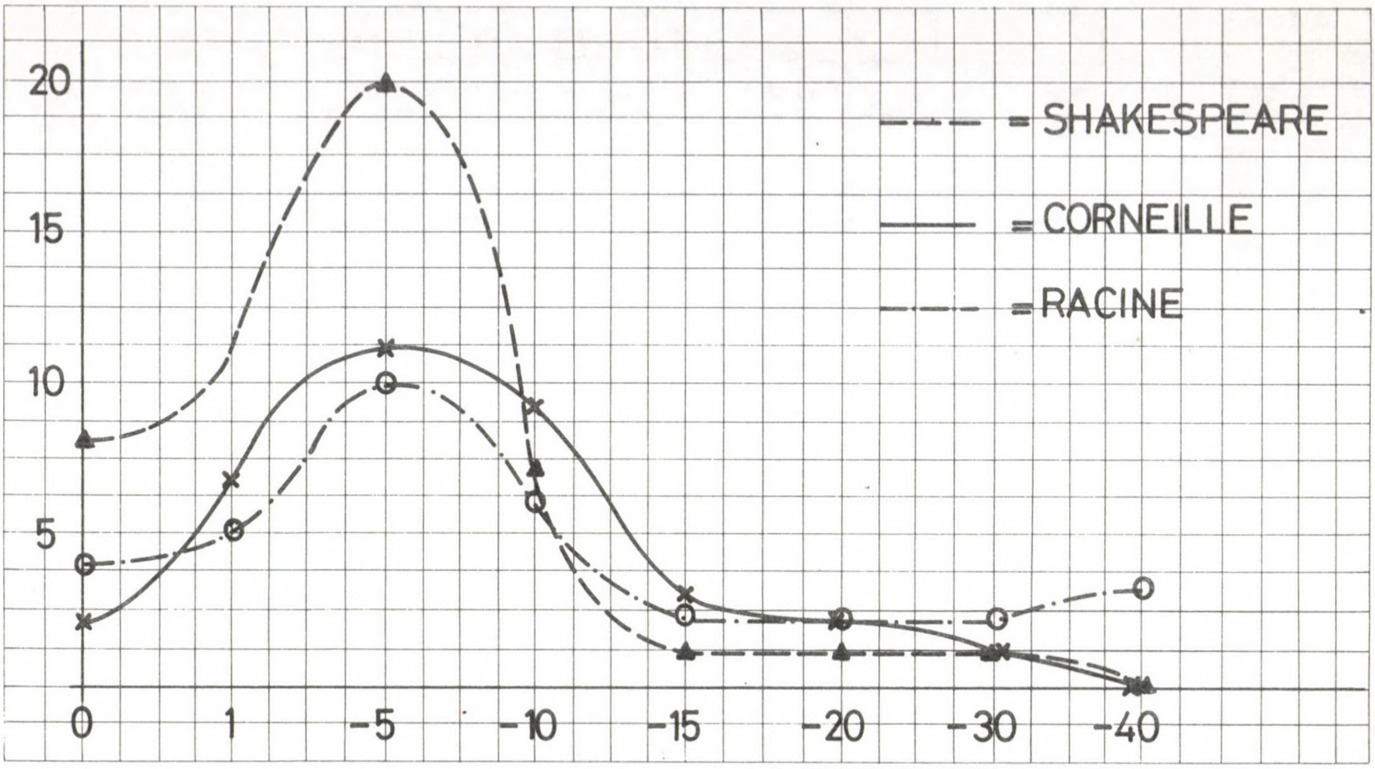


FIGURE 14.
Individual "retardation-curves" of Shakespeare, Corneille and Racine on the basis of three plays by each /cf. with fig 11/.

Number of scenes Number of cases	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	31	35	36
<u>Shakespeare</u>																														
Julius Caesar	8	18	4	3	6	4	3	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hamlet	7	9	11	5	8	2	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lear	10	7	9	4	-	3	1	-	8	2	2	1	1	-	1	-	-	-	1	1	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-
<u>Corneille</u>																														
Cid	4	8	4	4	2	3	2	2	1	4	2	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-
Cinna	2	4	1	3	3	1	-	3	2	4	-	2	1	1	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polyeucte	1	9	7	4	2	-	-	1	1	2	3	-	1	-	1	1	-	1	-	-	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-
<u>Racine</u>																														
Andromaque	5	5	3	-	-	-	3	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	3	-	-	-	-
Iphigénie	3	3	3	2	2	2	-	2	-	-	1	-	-	-	2	-	1	3	1	-	-	-	1	-	-	-	-	4	2	2
Phèdre	4	7	8	3	3	3	2	3	-	2	2	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-

Chart 3.

threads is rather like the thread in a hectic play. Soon there is an extremely high tension which is duly solved - the thread is burnt. Consider the blinding of Gloucester on the open stage. The other thread is more durable, maintaining lengthily a tension prevalently psychological in its nature. /Will Lear regret the banishment of Cordelia? Will he regret the banishment of Kent? Will Albany be willing to oppose Lear rather than breaking with his wife?/

Among Racine's tragedies the retardation of release is the most frequent in Iphigénie. His retardation-curve has as much as two "belated" peaks /fig. 13/. Considerably frequent are problems unsolved through 16-2o scenes and tensions lasting for over thirty scenes are especially conspicuous. /In four cases tension persists through 31 scenes while it lasts for 35-36 scenes in two cases each./ In Andromaque we mostly get tensions released within one scene or lasting for one scene. This is probably related to the characteristic, oscillating inner rhythm of Andromaque. Pyrrhus is in love with Andromaque who devotes her life to the memory of her husband. Hermione loves Pyrrhus who has already engaged her. We get the following situation:

Oreste ⟶ Hermione ⟶ Pyrrhus ⟶ Andromaque ⟶/Hector/

On behalf of her son Andromaque approaches Pyrrhus. Pyrrhus decides to marry Andromaque and break off his engagement. Desperate, Hermione approaches Oreste in an effort to instigate him to rebel against Pyrrhus. In another stage, however, the faithfulness of the widow gains the upper hand in Andromaque, who reject the advances of Oreste. From this peculiar oscillation it follows that tensions are solved frequently and often they recur. It turns out that Andromaque is willing to marry Pyrrhus, Hermione accepts the approaches of Oreste - only for doubts to recur: will Andromaque really marry Pyrrhus etc. /This oscillating movement, by the way, is more typical of comedies. It is rare in tragedies./

According to the retardation-curves Andromaque is also characterized by more persistent tensions of medium duration, lasting for 6-1o scenes. In Phèdre, on the other hand, the passionate nature of the heroine as well as the emotional vehemence of the play explains why the average duration of tensions is so short, as opposed to the other two tragedies /fig. 13/.

Among Corneille's three tragedies tensions are released fastest in Polyeucte. Perhaps this is the reason why contemporaries found it a very poor tragedy. Neither the tension-curve, nor the retardation-curve can reflect its main quality, its psychological realism. The tendency to retardation prevails much more in the more active Cinna and Cid.

Here again, it is worthwhile looking for constant elements typical of authors beyond the differences. Especially conspicuous is the rather neat accord of the retardation-curves of Corneille's three tragedies /fig. 12/ i.e. the relative frequency of tensions persisting through 2-5 and 6-1o scenes.

By way of an experiment we have drawn up the individual retardation-curves of the three authors on the basis of their nine plays /fig. 14/. Here again a quantitative difference is most conspicuous in that tension in Shakespeare's plays is greater. It can also be seen that the tendency to retard prevails more in the French tragedies rather like it does within the French sentence. This tendency is especially clear in Racine's tragedies. Here again, Corneille occupies an intermediate position between Racine and Shakespeare, but closer to Racine.

The retardation-curves of the three authors have some common features. Most conspicuous is the sudden fall of the retardation-curves after Scenes lo. /fig. 14/. It is as if the authors were more or less avoiding an excessive retardation of relief. Presumably, relief is less effective after a certain lapse of time /owing to the fading of memories/. It is also possible that beyond this limit tension becomes troublesome.

Before looking for aesthetic and psychological reasons we would have to know whether we are dealing with a truly universal tendency.

*

All this is hardly more than any spectator can "feel", if not know, just watching or reading these plays. In fact, it is far less. The experience of the spectator or the reader is the result of a pre-conscious /automatic/ analysis. And these analyses, even if by no means faultless and clinically "noiseless", are based on programmes far more intricate and plastic than ours.

Here again, as in the case of comically one-sided and poor analyses like our own, our aim has been to pinpoint and reproduce one element of a complex process of the consciousness. Together with the person who is celebrated and the persons who celebrated him, we, too, hope that we are open to cognition and that the activity of the consciousness, including psychological activity both preconscious and unconscious, cannot be an insoluble riddle for the consciousness.

Bibliography

Barthes, R., Introduction a l'analyse structurale des récits, *Communication* 8 (1966), 60-76.

Eliot, T.S., *The music of poetry: On poetry and poets,* (New York, 1957).

Fiesel, E., *Die Sprachphilosophie der deutschen Romantik,* (Tübingen, 1927).

Fónagy, I., A stilus zenéje, *Mühely* 5-6 (1941-1942), 17-133.

Fónagy, I. & J., Sur l'ordre des mots d'Aucassin et Nicolete, *Bull. Soc. Lingu. Paris* 64 (1969).

Greimas, A.J., Éléments pour une théorie de l'interprétation du récit mythique, *Communication* 8 (1966), 28-59.

Kuttner, *Prinzipien der Wortstellung im Französischen,* (Bielefeld, Leipzig, 1929).

Lerch, Eu., *Historische französische Grammatik* III., (Bielefeld, Leipzig, 1934).

Propp, V., Morphology of the foktale, *Jnt.J.Amer. Lingu.* 24 (1958).

Todorov, Tz., Les catégories du récit littéraire, _Communication_ 8 (1966), 125-151.

Todorov, Tz., La grammaire du récit, _Langages_ 12 (1968), 94-102.

EINIGE VERALLGEMEINERUNGEN DES ALGORITHMENBEGRIFFES

von Tamás Frey

1. Vor sechs Jahren haben wir mit Professor Kalmár erst über die Wichtigkeit und über die Möglichkeit der Optimierung der Algorithmen gesprochen. Es wurde schnell klar, dass eine prezise Fassung dieser Problemenschar nur dann schaffbar ist, wenn man eine entsprechende Verallgemeinerung des Algorithmenbegriffes angeben kann. Dies' ist nach einigen Monaten mir gelungen, undzwar durch Einführung des Hilfsbegriffes zwei zusammenwirkender Automaten. Eine Weiterentwicklung dieser Gedanken führte mich zur Lösung der adaptiven, d.h. lehrbaren Algorithmen, welche die menschliche Lernprozessen wiederspiegeln, und mit Hilfe zwei zusammenwirkender stochastischen Automaten realisierbar sing.

2. Die zu lösende Aufgabenklasse, Q ist in dem Mealyschen Aufgabenautomatenteil, $A \langle \mathfrak{A}, X, Y, f, g \rangle$ des Algorithmenkompaktums $K(A, B, X, Y)$ dargestellt, undzwar mit Hilfe der Zuständen des Automaten A, bzw. mit Hilfe einer Abbildung φ von Q in $\mathfrak{A}$. Das Eingangsalphabet X dieses Automaten representiert die anwendbaren elementaren Operationen des Lösungprozesses, das Ausgangsalphabet Y spiegelt

die Menge der möglichen elementaren logischen Entscheidungen, welche nach der Durchführung der elementaren Operationen die weitere Arbeit des Lösungprozesses orientieren. Auch die Lösungsmenge R der einzelnen Aufgaben von Q ist mit Hilfe der Zuständen des Automaten A representiert, undzwar mit Hilfe einer Abbildung ψ von R in $2^{\mathfrak{A}}$.

Der Algorithmenautomatenteil des Kompaktums, $B \langle \mathfrak{B}, Y \cup i_o, X, h, k, b_o, b_s \rangle$ ist ein pseudomealysches Anfangsautomat, mit Anfangszustand b_o und Stopzustand b_s. Die Bezeichnungen zeigen, in welcher Weise das Kompaktum arbeitet. Man gibt an B einen Initialimpuls $i_o \notin Y$, welcher B in $b^{(1)} = h(b_o, i_o)$ durchführt; B gibt dann den Output $x^{(1)} = k(b_o, i_o)$. Dieser Zeichen wird in A eingeführt, wodurch der momentane Zustand von A in $a^{(1)} = f(a^{(o)}, x^{(1)})$ durchgeführt wird, und der Ausgang $y^{(1)} = g(a^{(o)}, x^{(1)})$ sich resultiert. Dieser Zeichen wird in B geführt, usf. Die Arbeit des Kompaktums beendet sich in dem n-ten Schritt, wenn B im n-ten Schritt den Stopzustand erreicht, d.h. wenn $b^{(i)} \in \mathfrak{B} \neq b_s$ für $i = 1, 2, \ldots, n-1$, jedoch $b^{(n)} = h(b^{(n-1)}, y^{(n)}) = b_s$ gültig ist. Das Kompaktum ordnet dann zur Aufgabe $a^{(o)} \in \mathfrak{A}$ die Lösung $a^{(n)} \in \mathfrak{A}$ zu. Erreicht jedoch B in endlich vielen Schritten b_s nicht, so ist die entsprechende Aufgabe $a^{(o)}$ mit K algorithmisch unlösbar. Die Menge der mit Hilfe von K algorithmisch lösbaren Aufgaben $\hat{\mathfrak{A}} \subset \mathfrak{A}$ ist dadurch definiert, und K führt einen jeden Zustand $a \in \hat{\mathfrak{A}}$ in endlich vielen Schritten (undzwar in $N(a, K)$ Schritten) in einen Zustand $\vartheta(a) \in \mathfrak{A}$ über; gehört nun zur Aufgabe a die Lösung $\rho(a)$, so ist $\vartheta(a)$ ein Element der Menge $\psi(\rho(a)) \in 2^{\mathfrak{A}}$.

Die Güte des von K realisierten Algorithmen kann man nun entweder durch

$$T = \sup_{a \in \hat{\mathfrak{A}}} N(a, K)$$

("Tschebischeffsche Güte" von K), oder aber durch

$$S = \underset{a\in\hat{\mathfrak{A}}}{E}[N(a, K)]$$

("statistische Güte" von K) messen. Die Optimierung des Algorithmen bedeutet nun, dass wir denjenigen Algorithmenautomatenteil B von K – und dadurch dasjenige K selbst – aufsuchen, für welche T (Optimierung im Tschebischeffschen Sinne) oder S (Optimierung im statistischen Sinne) seinen Minimalwert aufnimmt.

3. Betrachten wir nun nur die Aufgaben von $\hat{\mathfrak{A}}$, nicht aber diejenigen von $\mathfrak{A} - \hat{\mathfrak{A}}$ (d.h. erfordern wir nicht, dass die Aufgaben von $\mathfrak{A} - \hat{\mathfrak{A}}$ mit Hilfe des optimalen Kompaktums K_o algoritmisch unlösbar seien), so ist das Aufsuchen von K_o – d.h. von B_o – mit der Konstruktion der optimalen Durchführungexperiment für $\hat{\mathfrak{A}}$ in A gleichwertig. Wir nennen nähmlich die Menge der Eingangswörter $W = \{w(a) | a \in \hat{\mathfrak{A}}\}$ Durchführungsexperiment für $\hat{\mathfrak{A}}$ in A, falls die folgende Bedingungen erfüllt sind:

/1/ $\alpha_1\{w(a_1)\} = \alpha_1\{w(a_2)\}$

für allen Paaren $a_1 \in \hat{\mathfrak{A}}$ und $a_2 \in \hat{\mathfrak{A}}$ ($\alpha_j\{w\}$ bedeutet hier die j Buchstaben enthaltende Anfangsfolge = Anfangswort = von $w \in F(X)$; F(X) ist die freie Halbgruppe über X);

/2/ $\alpha_j\{w(a_1)\} = \alpha_j w\{(a_2)\}$

für allen Paaren $a_1 \in \hat{\mathfrak{A}}$ und $a_2 \in \mathfrak{A}$, für welche

$$\alpha_{j-1}\{g(a_1; w(a_1))\} = \alpha_{j-1}\{g(a_2; w(a_2))\}$$

gültig ist ($g(a; w) \in F(Y)$ ist der Ausgangswort von A, generiert durch $w \in F(X)$), ausgehend aus dem Anfangszustand $a \in \mathfrak{A}$;

/3/ $f(a; w(a)) \in \psi(\varrho(a) \quad (\in 2^{\mathfrak{A}})$;

($f(a; w(a))$ bedeutet hier den Endzustand von A, in welchem der Anfangszustand $a \in \mathfrak{A}$ mit Hilfe des Eingangswortes w durchgeführt wird).

Ist nähmlich W bekannt, so können wir leicht (s.z.B. [1], [2]) einen pseudomealyschen Anfangs-stop-Automaten $B\langle\mathfrak{B}, Y, X, h, k, b_o, b_s\rangle$ konstruieren, für welche

$$h(b_o;\, g(a;\, w(a))) = b_s$$

gültig ist. Es sei hier bemerkt, dass die Existenz eines Durchführungsexperimentes nicht immer gesichert ist.

Um nun die Konstruktion des optimalen Experimentes zu erleichtern, betrachten wir erst den Begriff des verallgemeinerten gemeinsamen Schnitt eines Experimentes. Wir nennen nähmlich den Wort $\alpha_j\{w\}$ verallgemeinerten gemeinsamen Schnitt des Experimentes W, falls

/1/ $\alpha_j\{w(a_1)\} = \alpha_j\{w(a_2)\}$

für jedem Zustandspaar $a_1 \in \hat{\mathfrak{A}}$ und $a_2 \in \hat{\mathfrak{A}}$ und

/2/ Die Abbildung $f(\hat{\mathfrak{A}};\, \alpha_j(w))$ von $\hat{\mathfrak{A}}$ in $\mathfrak{A}$

umkehrbar eindeutig ist (wo $f(\hat{\mathfrak{A}};\, \alpha_j(w))$ die Zustandsmenge bezeichnet, in welche der Eingangswort $\alpha_j(w)$ die Menge $\hat{\mathfrak{A}}$ überführt , endlich

/3/ es gibt kein Index grösser als j, für welche /1/ und /2/ gleichzeitig gültig wären.

Die Konstruktion des besten Durchführungsexperimentes kann man nun so vereinfachen, dass man Schritt zu Schritt die verallgemeinerte gemeinsame Schnitte dieses Experimentes für die entsprechende Zustandsteilmengen mit immer grösseren Mächtigkeiten aufsucht.

So bekommt man eine grobe Abschätzung für S_0 bzw. T_0:

$$S_0 < N! \sum_{\nu=0}^{n-1} \frac{1}{(N - n + \nu)!} + N \cdot n$$

$$T_0 < N! \sum_{\nu=0}^{n-1} \frac{1}{(N - n + \nu)!} + N \cdot n,$$

wo $N = Z\{\mathfrak{A}\}$ und $n = Z\{\hat{\mathfrak{A}}\}$. Man kann daneben die verallgemeinerte gemeinsame Schnitte des Experimentes folgendermassen konstruieren. Zu jedem Wort $p \in F(X)$ definieren wir eine Kongruenzrelation γ_p und eine Abbildung [3] δ_p von $\mathfrak{A}$ in $\mathfrak{A}$, undzwar sei

$$a_i \equiv a_j \ (\mathrm{mod}\ \gamma_e)$$

für jedes Paar $a_i \in \mathfrak{A}$ und $a_j \in \mathfrak{A}$ (e ist der Nullelement von $F(X)$),

$$\delta_e(a) = a \quad (\text{für jeden } a \in \mathfrak{A})$$

ferner

$$a_i \equiv a_j \ (\mathrm{mod}\ \gamma_{px}) \Longleftrightarrow \Big[f(a_i;\ x) \equiv f(a_j,\ x),\ (\mathrm{mod}\ \gamma_p)$$

$$\wedge\ g(a_i,\ x) = g(b_i,\ x)\Big] \text{ und}$$

$$\delta_{px}(a) = \delta_p\,[f(a,\ x)].$$

Satz 1. Für jeden Wort $p \in F(x)$ und für jedes Zustandspaar

$$a \in \mathfrak{A}, \quad \text{und} \quad b \in \mathfrak{A}$$

$$f(a,\ p) = \delta_{p^*}(a);$$

$$g(a,\ p) = g(b,\ p) \Longleftrightarrow a \equiv b \ (\mathrm{mod}\ \gamma_{p^*}),$$

wo p^* die Inverse von p bezeichnet (d.h. $(px)^* = xp^*$).

Satz 2. Die notwendige Bedingungen dafür, dass $\alpha_j \{w\}$ ein verallgemeinerter gemeinsamer Schnitt eines Durchführungsexperimentes in Bezug der Anfangsmenge $\hat{\mathfrak{A}}$ sei, sind die folgende

/1/ $a_{i_1} \equiv a_{i_2}$ $(\mathrm{mod}\ \gamma_{\alpha_{j-1}\{w\}^*})$

für alle Paare $a_{i_1} \in \hat{\mathfrak{A}}$, $a_{i_2} \in \hat{\mathfrak{A}}$, jedoch

$$\delta_{\alpha_{j-1}\{w\}^*}(a_{i_1}) \neq \delta_{\alpha_{j-1}\{w\}^*}(a_{i_2})$$

wenn $a_{i_1} \neq a_{i_2}$ ist;

/2/ Entweder soll $\hat{\mathfrak{A}}$ mindenstens zwei Kongruenzklassen schneiden $(\mathrm{mod}\ \gamma_{\alpha_j\{w\}^*})$, oder aber es existiere mindestens ein Zustandspaar $a_{i_1} \in \hat{\mathfrak{A}} \neq a_{i_2} \in \hat{\mathfrak{A}}$, für welches

$$\delta_{\alpha_j\{w\}^*}(a_{i_1}) = \delta_{\alpha_j\{w\}^*}(a_{i_2})$$

gültig ist.

Satz 3. Die notwendige und hinreichende Bedingungen dafür, dass der n Eingangssymbol enthaltende Wort w ein universelles Duchführungsexperiment in Bezug der Anfangsmenge $\hat{\mathfrak{A}}$ sei, welches aber keinen verallgemeinerten gemeinsamen Schnittteil hat, sind die folgende

/1/ $a_{i_1} \equiv a_{i_2}$ $(\mathrm{mod}\ \gamma_{\alpha_{n-1}(w)^*})$

für alle Paare $a_{i_1} \in \hat{\mathfrak{A}}$, $a_{i_2} \in \hat{\mathfrak{A}}$, jedoch

$$\delta_{\alpha_{n-1}(w)^*}(a_{i_1}) = \delta_{\alpha_{n-1}(w)^*}(a_{i_2})$$

wenn $a_{i_1} \neq a_{i_2}$ ist;

/2/ für jeden $a_{\nu_\gamma} \in \hat{\mathfrak{A}}$ die Relation

$$\delta_{w^*}(a_{\nu_\gamma}) \in \psi(\varrho(a_{\nu_\gamma}))$$

gültig sei.

Haben wir also die Menge der Kongruenzrelationen γ_p bzw. die Menge der Abbildungen δ_p für die Wörter $p \in F(X)$ hinreichend lang dargestellt, so können wir mit Hilfe eines dynamischen Programmierungsprozesses das optimalen Durchführungsexperiment für $\hat{\mathfrak{A}}$ konstruieren.

Betrachten wir nun auch die Aufgaben von $\mathfrak{A} - \hat{\mathfrak{A}}$, und erfordern wir die algorithmische Unlösbarkeit dieser Aufgaben in Bezug der optimalen Kompaktums K_0, so soll man die Konstruktion des optimalen Durchführungsexperimentes so modifizieren, dass die Zuständen von $\hat{\mathfrak{A}}$ und $\mathfrak{A} - \hat{\mathfrak{A}}$ unterschiedbar seien, d.h. für jeden Zustand $a^* \in \mathfrak{A} - \hat{\mathfrak{A}}$ und für jeden Wort $w(a) \in W$ die Relation

$$g(a^* ;\ w(a)) \neq g(a;\ w(a))$$

gelte, d.h.

$$a^* \not\equiv a \ (\mathrm{mod}\ \gamma_{w(a)}).$$

4. Es ist nun leicht zu zeigen, dass alle rekursiev lösbaren Problemklassen mit Hilfe von entsprechend gewählten Kompakten mit endlichem Algorithmenautomatenteil und mit rekursievem Aufgabenautomatenteil lösbar sind, und auch umgekehrt, die mit rekursieven Algorithmen- und Aufgaben-automatenteil algorithmisch lösbaren Aufgabenklassen rekursiev sind. Jedoch mit allgemeineren Kompakten kann man auch allgemeinere Problemenklassen lösen.

5. Den stochastischen Algorithmenbegriff definieren wir mit Hilfe zwei zusammenwirkender stochastischen Mealy-Automaten. Die zu lösende Aufgabenklasse Q ist im stochastischen Aufgabenteil $A \langle \mathfrak{A}, X, Y, F, G \rangle$ dargestellt, undzwar mit Hilfe von Belegungen $P_\gamma(\mathfrak{A})$ von $\mathfrak{A}$. Beschränken wir

uns auf Automaten mit abzählbaren Zustandsmengen, d.h. ist $\mathfrak{A} = \{a_1, a_2, \dots, a_n, \dots\}$, so kann man $P_\gamma(\mathfrak{A})$ mit Hilfe der Folge $p_1^{(\gamma)}, p_2^{(\gamma)}, \dots, p_n^{(\gamma)}, \dots$ angeben, wo

$$\sum p_n^{(\gamma)} = 1, \quad p_n^{(\gamma)} \geqslant 0$$

gültig ist. Auch die Lösungen representieren wir mit Hilfe von Belegungen über $\mathfrak{A}$ ψ ist jetzt eine Abbildung von R in $2^{\{P_\gamma \mid \gamma \in \Gamma\}}$.

Der Algorithmenteil des Kompaktums, $B\langle \mathcal{B}, Y \cup i_o, X, H, K, b_s\rangle$ ist ein pseudomealyscher, stochastischer Anfangsautomat mit Anfangsbelegung P_o, und Stopzustand b_s. Die Arbeitsweise des Kompaktums ist die folgende: Der Initialimpuls i_o führt B in die Belegung $P^{(1)}(\mathcal{B}) = H(P_o; i_o)$ durch, und B ergibt die Output-Belegung $P^{(1)}(X) = K(P_o; i_o)$ über X; diese Belegung ist die Inputbelegung von A, welche wird dadurch in die Belegung $P^{(1)}(\mathfrak{A}) = F(P_\gamma(\mathfrak{A}), P^{(1)}(X))$ durchgeführt, und A ergibt die Outputbelegung $P^{(1)}(Y) = G(P_\gamma(\mathfrak{A}), P^{(1)}(X))$. Diese Belegung wird wieder in B eingeführt, usf. Der Zustand b_s hat die folgende Rolle: er generiert zu jeder Belegung das ideale Ausgangs(Null)-Element $x_o \in X$, und B bleibt in b_s; x_o generiert in A das ideale Ausgangs(Null)-Element y_o, und bleibt in derselben Belegung, wo er war. y_o spielt dieselbe Rolle für B, welche x_o für A. Eben deswegen ist die Belegung $P^{(n)}(b_s)$ von b_s eine nichtabnehmende Funktion von n. Existiert nun die Limesbelegung

$$P(\mathfrak{A}) = \lim_{n \to \infty} P^{(n)}(\mathfrak{A})$$

für irgendeine Aufgabe $P_\gamma(\mathfrak{A})$, so nennen wir diese Aufgabe durch K(A, B, X, Y) algoritmisch lösbar. Ist der Erwartungswert

$$E(n;\ P_\gamma) \quad = \sum n\left[P^{(n)}(b_s) - P^{(n-1)}(b_s)\right]$$

endlich, so nennen wir die Aufgabe P_γ ($\mathfrak{A}$) praktisch lösbar durch K.

Satz 4. Ist P_γ ($\mathfrak{A}$) praktisch lösbar durch K, so ist sie auch algorithmisch lösbar durch K.

Es ist nun nicht schwer zu zeigen, dass man eine solche irrekursieve Aufgabenklasse, bzw. dazu ein stochastisches Kompaktum mit endlichem A und B angeben kann, welche die Aufgabenklasse algoritmisch löst. Man kann aber auch zeigen, dass durch die mit Hilfe von endlichen stochastischen Automaten konstruierte stochastische Kompakten sind nur rekursieve Aufgabenklassen praktisch lösbar (Eine Aufgabenklasse nennt man praktisch lösbar, wenn alle Aufgaben der Klasse praktisch lösbar sind).

Es sei hier bemerkt, dass man die obige Begriffe auch für verallgemeinerte Belegungen ($\sum p_n = 1$; $\sum |p_n| < \infty$; p_n nicht notwendig nichtnegativ) erweitern kann.

6. Wenn wir nur solche stochastische Kompakten betrachten, welche die angegebene Aufgabenklasse praktisch lösen, so können wir die Optimalität durch die Minimalisation von $\sup\limits_{\gamma} E(n;\ P_{(\gamma)})$ (Optimalität im Tschebischeffschen Sinne) bzw. von $\underset{\gamma}{E}\ \underset{n}{E}\ (n;\ P_\gamma)$(Optimalität im statistischen Sinne) erfassen. Die konkrete Konstruktion des optimalen Kompaktums kann man ebenso algoritmisieren, wie bei den deterministischen Kompakten, da die stochastische Mealy-Automaten in Bezug der Belegungen über die Zustandsmenge - betrachtet als verallgemeinerte Zustandsmenge - in Bezug der Belegungen über das Eingangs- bzw. Ausgangsalphabet - betrachtet als ve-

rallgemeinerte Eingangs- bzw. Ausgangsalphabet - lediglich deterministisch sind. So kann man das optimale Durchführungsexperiment aufsuchen, welche den Algorithmusautomatenteil des optimalen stochastischen Kompaktums angibt. Man kann auch solche Algorithmen angeben, mit Hilfe welcher ein stochastisches Mealy-Automat konstruierbar ist, welche das angegebene Experiment realisiert.

7. Die Struktur des deterministischen Kompaktums kann man im Falle, wenn die Komponenten endliche, oder abzählbare Automaten sind, nur "unstetig" variieren; eben deswegen kann man die dadurch realisierten Algorithmen nicht zielmässig abändern. Die Struktur des stochastischen Kompaktums ist aber stetig variierbar (durch die Änderung von H und K); dadurch kann man auch die adaptiven, d.h. lernenden Algorithmen definieren bzw. instrumentieren, und gute Lernprozesse angeben.

Eine tiefgehende, detaillierte Darstellung der obigen kann man in meinem Buche über Optimisation und Approximation von Automaten und Algorithmen finden, welcher im nächsten Jahr bei Akademischen Verlag erscheinen wird.

References

[1] T.Frey, Über die Konstruktion von nichtvollständiger Automaten, Acta Math. Ac. Sc. Hung. XV. (1964).

[2] T.Frey, Über die Reduktion von nichtvollständiger Automaten, Publucations of the Balatonszabadi Colloquium on Mathematical Linguistics (1968).

[3] Die hier angegebene vereinfachte Fassung meiner ursprünglichen Konstruktion stammt von A. Ádám.

SOME GRAMMATICAL NOTIONS AND THE THEORY OF AUTOMATA

by Alla Goralčíková, Jarmila Panevová

The purpose of this short contribution is to show some properties of a certain formal device that can be interpreted as a generative description of natural language with certain properties, and to point out that this type of mechanism is appropriate for the generative description whose linguistic and formal framework is given by P.Sgall (cf. e.g. [1] and other works by the same author).

A generative description - as is well known - should specify all sentences of a given language and only those sentences and to assign them appropriate structural descriptions. The particular types of generative descriptions may differ in how they meet these conditions, depending partly on the linguistic conception and assumptions on which the generative description in question is based. This also may condition the choice of mathematical apparatus - e.g. the immediate constituent conception is connected with the apparatus of phrase structure grammars. Our system is based on dependency syntax and on the hypothesis of a hierarchical arrangement of the language system in the form of language levels each of which has its own units, which are in certain relations to the units of adjacent levels. The structural description of a sentence is given as a sequence of the representations of the given sentence on all levels, the representation of a sentence on the highest level is the representation of its semantic structure. By the means of transduction rules these representations are transduced to lower - syntactic, morphemic, morphonological, phonetical - levels, i.e. to "surface" structures. Due to synonymy and homonymy existing in natural languages the transductions are not one-to-one mapping but are conditioned by the context. The rules of transduction specify the relevant features of context first of all with the aid of such notions of dependency grammar as the governing word and the dependent word. The transduction to a lower level proceeds from the governing word of a syntagm to the dependent words, since the choice of a unit - or feature - of a lower level as a rule depends not only on the corresponding unit of the higher level but also on the features of its governing word. Sometimes it is necessary to take into consideration also the categories of words dependent on the word in question. The dependency relation - and its various kinds - on the highest level is denoted by functors whose position in the representation of a sentence is similar to that of functors in the predicate calculus; the functors are transduced to the lower level as syntactic sentence parts. The linear representation of the sentence renders both the structural relation of elements - the dependency relation - and the linear order of these elements - which may be interpreted for instance as the deep or surface word order, according to the level concerned.

Every level has its alphabet and thus the sets of representations of sentences on every level can be understood as languages of a special type; in the process of generation the procedure of translation from one language to another is then concerned. A suitable mechanism for such a procedure is supplied by the theory of automata. In Chomsky's theory of grammar the relationship between grammars and types of automata has been used in the general theory of grammar, e.g. for the evaluation and comparison of the strength of grammars. However, we want to show that the use of the theory of automata in theoretical linguistics may be deeper and that it may serve directly as a basis for a mathematical model of linguistic description, which enables to define explicitly linguistic notions concerning individual levels, including such notions of dependency syntax as the governing unit - head - and the dependent unit - adjunct.

Before we can proceed to characterize the formal properties of the given mechanism, we have to adopt the following notational convention: the symbol $\emptyset$ denotes the empty set. "$A \subset B$" is read "A is a subset of B for any non-empty sets A, B". Let A be a non-empty set. Finite sequences of elements of A composed from symbols in A by an associative operation of concatenation denoted by a juxtaposition of symbols will be called strings over A. Strings will be denoted by underlined letters from Latin alphabet. In the sequel, the following notation is used: if $B \neq \emptyset$ is a set of symbols, then B' is the set $\{ b' \ / \ b \in B \}$. For $j = 0,1, \dots ,4$ A_j and F_j are finite non-empty sets such that $A_0 \subset A_1 \subset A_2 \subset A_3 \subset A_4$. The sets A_4 and E_j for $j = 0,1, \dots,4$ are all pairwise mutually disjunct.

The system concerned consists of a context-free phrase-structure grammar G and of two ordered pairs of pushdown store transducers (henceforth pdt) $H_k = (T_{2k-1}, T_{2k})$ for k=1,2.

The notion of pdt is used in a form similar to that of Evey [2], but for the sake of brevity, it was slightly modified. The concrete shapes of G and T_j for j = 1,2,3,4 are described in [1] and [3].

We shall now define the sets L_{2k} and L_{2k-1} for k = 1,2.

Definition 1.

(i) $A_{2k} \subset L_{2k}$;

(ii) If $\underline{u},\underline{v} \in L_{2k}$, $f \in F_{2k}$, then $\underline{uv}f$, $\underline{uv}f' \in L_{2k}$;

(iii) L_{2k} contains no other element.

Definition 2.

(i) $A_{2k-1} \subset L_{2k-1}$, $A'_{2k-1} \subset L_{2k-1}$;

(ii) If $\underline{u},\underline{v} \in L_{2k-1}$, $f \in F_{2k-1}$, then $f\underline{uv} \in L_{2k-1}$;

(iii) L_{2k-1} contains no other element.

For i = 0,1, ...,4 elements of the sets A_i and A'_i will be called terms, elements of the sets F_i and F'_i functors, elements of the sets L_{2k} for k = 0,1,2 phrases.

In the article [3] it was proved that every pdt T_i for i = 1,2,3,4 has as its input language the set L_{i-1} and as its output language a subset of the set L_i, and that L_G, i.e. the language generated by the grammar G is a subset of the set L_0. Thus, if we denote the input or output language of T_j for j = 1,...,4 by the symbol ${}^{i}L_j$ or ${}^{o}L_j$, respectively, we can formulate the main result of [3] as follows:

$$L_G \subset {}^{i}L_1;\ {}^{o}L_1 \subset {}^{i}L_2;\ {}^{o}L_2 \subset {}^{i}L_3;\ {}^{o}L_3 \subset {}^{i}L_4.$$

In the system described, L_G is interpreted as the tectogrammatical level of the description of a natural language. That part of the output language of H_1 or H_2 which is the result of translations of strings in L_G by H_1 or by the sequence of H_1 and H_2 is interpreted as the phenogrammatical or morphemic level.

Definition 1. and the results of [3] give us the shape of a representation of a sentence on different levels of the description. For a phrase $\underline{w}$ in L_{2k} or $\underline{w}$ in L_{2k-1} it is possible to define some notions that are commonly used in linguistic descriptions of sentence structure. A more detailed account of these notions and of their application in the generative description is given in [4].

Definition 3.

(i) Let $\underline{w} \in L_{2k}$ and let $\underline{w} = a$ for some a in A_{2k}. Such a term a is called the governing term of $\underline{w}$.

(ii) Let $\underline{w} \in L_{2k}$ and let $\underline{w} = \underline{u}\underline{v}f$ or $\underline{w} = \underline{u}\underline{v}f'$. Then the governing term of $\underline{v}$ or that of $\underline{u}$ is the governing term of $\underline{w}$; the governing term of $\underline{u}$ or that of $\underline{v}$ is the term left-dependent or right-dependent on the governing term of $\underline{w}$ with regard to the functor f or f', respectively.

Definition 4.

(i) Let $\underline{w} \in L_{2k-1}$ and let $\underline{w} = a$ for some a in $A_{2k-1} \cup A'_{2k-1}$. Such term a is called the governing term of $\underline{w}$.

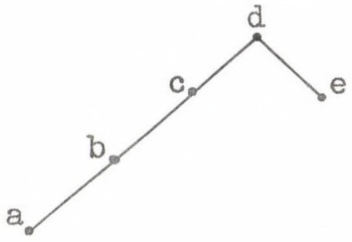
(ii) Let $\underline{w} \in L_{2k-1}$ and let $\underline{w} = f\underline{u}\underline{v}$. Then the governing term of $\underline{v}$ is the governing term of $\underline{w}$; the governing term of u (henceforth b) is the term dependent on the governing term of w with regard to the functor f. When $b \in A_{2k-1}$ or $b \in A'_{2k-1}$, we shall speak of the term left-dependent or right-dependent on the governing term of w, respectively.

It is intuitively evident that it is possible to assign to every string of the language L_j for $j = 1,\ldots,4$ a dependency tree (a graph of the type specified in § 2.2.2 of [1]) in such a way that there exists a one-to-one mapping between these graphs and the strings of the given language.

A more detailed examination of these questions and a proof of the existence of a one-to-one mapping between a certain set of dependency trees with labelled nodes and a language L_v similar to a language L_{2k}, can be found in [5] .

Example.

Let $w \in L_{2k}$ and w = abcffdef'f. Then according to Definition 3. the governing term of the string def' (hence d) will be the governing term of w. The governing term of abcff will be a term left-dependent on d. Similar considerations concerning the strings u = abcff and v = def' lead to the following graph representing the structure w:



References

[1] P.Sgall & al., A Functional Approach to Syntax in Generative Description of Language, (New York, 1969).

[2] R.J.Evey, The Theory and Application of Pushdown Store Machines, Math. Ling. and Autom. Translation Rep. No. NSF-10 (Harvard Comput. Laboratory, Cambr. Mass., 1963).

[3] A.Goralčiková, L.Nebeský, On a Possible Application of Pushdown Store Transducers, The Prague Bulletin of Mathematical Linguistics 9, 10 (1962).

[4] A.Goralčiková, an article about transducers applied to linguistic description, prepared for The Prague Bulletin of Mathematical Linguistics 14.

[5] D.Pospišil, On a Linearization of Projective W-trees, The Prague Bulletin of Mathematical Linguistics 6.

AUTOMATION OF ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF FOLK-TUNES
EXPERIMENT 1: COMPARISON NOTE BY NOTE

by István Halmos

Hungarian ethnomusicologists have been dealing with the characterization - nowadays we say: modelling - of folk-tunes for 60 years. When folk-tunes are characterized, several of their features - such as rhythm, meter, pitches, range, end-notes of the lines etc. - are marked with figures and letters. These marks are applied (i) to characterize a single tune with the help of as many features as possible - this is analysis; (ii) to sort out a large number of tunes according to one of these features - maintaining that common features gather common tunes and different features separate the differing ones. Thus B.Bartók made a rhythm+meter system of ten thousand Hungarian folk-tunes and Z.Kodály made a system of the end-notes of the lines of more than ten thousand tunes. That's what we call classification. (iii)

Analysis and classification unite when (several musical) indices are used in musical collections (books) for looking for single tunes.

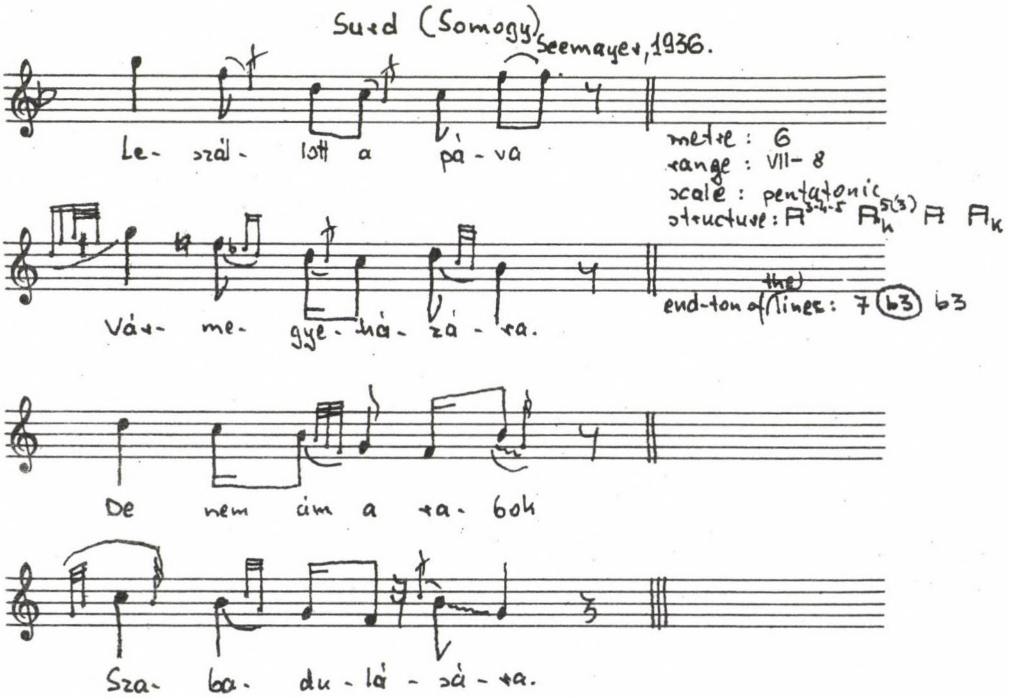
During these 60 years Hungarian ethnomusicologists have naturally learned the bounds of these means. (i) A single feature does not gather all the analogous tunes and does not separate all the not analogous ones because the identity of the tunes remains in spite of the change of a single feature. (ii) At the same time we cannot counterbalance this phenomenon by piling the features because the area of the search would thus be restricted and the sources of errors would cumulate. (iii) Thus the musical relationship cannot be generalized either by the absoluteness of a single feature or by summing up several features. With the help of musical features tunes could be divided into crude groups only to be analyzed later "by hand". Analyzing the tunes one by one, some intuition is necessary to observe their relations. Then musical features help again the intuition to determine these relations. Intuition usually means in this effect the recognition of the decisive significance of a single musical feature in a single tune.

The aim of the experiments with computer were analysis and classification and indices from which here we report one experiment on classification. More or less we knew that we should not solve or replace intuition in a single step. Solving would have ment to find cure-all deciding the relationship of tunes. To replace: this was our aim. We imagine to approach the opportunity of automizing classification of folk tunes step by step.

An experiment for comparison note by note.

The materials of comparison. One of the greatest family of the Hungarian folk-tunes called "Peacock" consists of 31 types and hundreds of songs. Example No 1 shows the original folk song which was arranged by Kodály in the well-known "Peacock variations". Mr. Olsvai picked out 31 tunes from many others to characterize the types. In our experiment we used the first four types from that of 31. See: Types Nos. 1 - 4 of the "Peacock" in Example No 2. From the first two lines of the 4 types we made 10 melodies, or motives or units, consisting of 4 bars of 2/4 metre each. See: Motives of the experiment Nos +1-+10. The subject of the experiment was the 296 tunes in Volume 1 of C.Sharp's English Folk Songs from the Southern Appalachian Mountains. We wanted to learn whether such motives or similar ones existed in this English collection. The second aim was to learn whether the way of comparison note by note was effective.

The method of comparison. (i) The comparison took place note by note. For example, when a Hungarian motive consisted of 11 pitches the computer first compared it with the pitches Nos 1-11 of an English tune. Then followed the 2-12th pitches of the English tune, then pitches Nos 3-13, 4-14 etc. At the end of the English tunes pitches of diminishing number were compared with each other. (ii) Instead of pitches, in fact, the intervals were compared. The computer transformed the pitches into intervals subtracting the neighbouring pitches successively. Thus we received the sets of intervals from the changes of the ascent, descent and level of the pitches. These were "relativ tunes". See: Figures below the Motives Nos +3, +7 and + 10 in the Example No 2. By means of this method comparison could be carried out in any ranges of the English tunes. (iii)

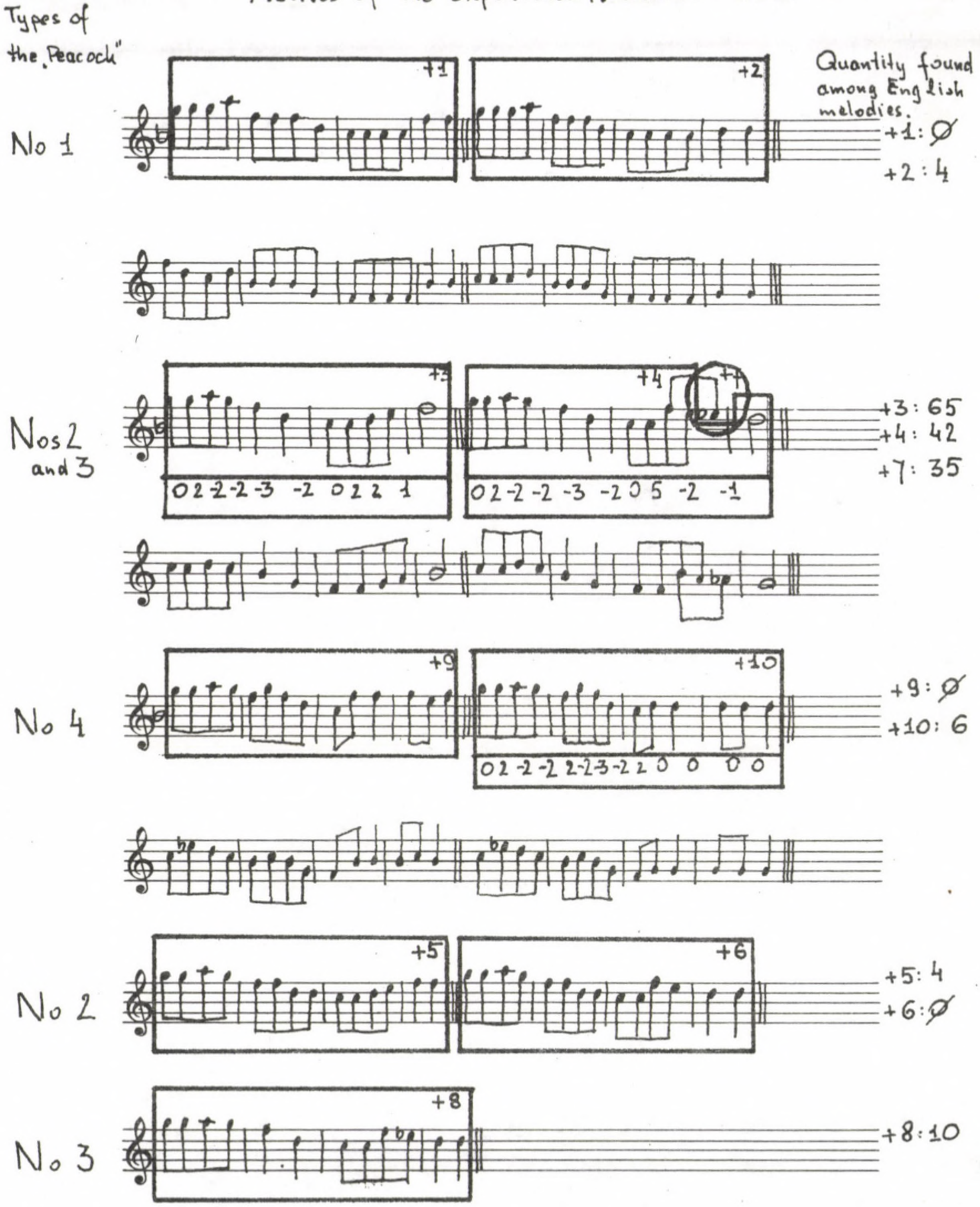


Sued (Somogy) Seemayer, 1936.

metre : 6
range : VII- 8
scale : pentatonic
structure : A^{3-4-5} $A_k^{5(3)}$ A A_k
end-ton of (the) lines: $7\ \boxed{\flat 3}\ \flat 3$

1. Example

Motives of the experiment. Nos. +1 — +10.



2. Example

Rhythm and bar of the Hungarian motives were ignored and the intervals were left over alone. Rhythm bar and the mark of the end of the lines of the English tunes were ignored, the intervals and the marks of the end of the tunes were left over. Conditions (iii) and (iv) narrowed - or enlarged! - the search to the melody paying no regards to rhythm, form, and line. (v) 60 per cent identity was stipulated to be a threshold. When the computer found 6 intervals out of 10 to be identical - the place was indicated . All the 10 Hungarian motives were being looked for in 296 English tunes.

Results of comparison. (i) 166 identities of 60 per cent or higher percentage were found and we received the data of these places as followes: number of the English tune, number of the Hungarian motive, the identity in terms of percentage, the number of the comparison and a mark when comparison took place at the end of the English tune with less intervals, see: Example No 3. (ii) The highest percentage received was 76·9 in a single case, this was followed by 72·7 per cent in two cases; 60 per cent was shown in 122 cases which is the overwhelming majority of the cases analysed.

The experiences of the experiment analysing the English tune No 49 K and its relatives shown by the computer, see Example No 4. (i) 3 identities were shown by the computer [in angular paranthesis], 2 were missed (in round paranthesis) because of programming that didn't take into consideration the repeating places of the English tune. The identities referred to the Hungarian motives No +3, +7 and +10. (ii) We can state of the musical examples that the English tune and the types of the "peacock" aren't either common or similar in spite of the identities shown by the computer. These identities cannot be recognized from the whole tune either. (iii) In the next examples the parts paralleled are picked out of the whole

14003600	+ 7	+,600	+ 121
14003701	+ 3	+,600	+ 123
14003801	+ 3	+,600	+ 128
14003802	+ 2	+,692	+ 129
14003803	+ 3	+,600	+ 130
14003803	+ 5	+,692	+ 130
14003804	+ 3	+,600	+ 131
14003804	+ 4	+,600	+ 131
14003804	+ 7	+,600	+ 131
14003900	+ 3	+,600	+ 132
14003902	+ 3	+,600	+ 134
14004002	+ 4	+,600	+ 139
14004002	+ 7	+,600	+ 139
14004003	+ 3	+,600	+ 140
14004003	+ 4	+,600	+ 140
14004003	+ 7	+,600	+ 140
14004003	+ 8	+,636	+ 140
14004006	+ 3	+,600	+ 143
14004008	+ 3	+,600	+ 145
14004102	+ 3	+,600	+ 148
14004102	+ 4	+,600	+ 148
14004102	+ 7	+,600	+ 148
14004106	+ 4	+,600	+ 152
14004107	+ 3	+,600	+ 153
14004107	+ 4	+,600	+ 153
14004107	+ 7	+,600	+ 153
14004203	+ 5	+,692	+ 160
14004400	+ 3	+,600	+ 162
14004408	+ 4	+,600	+ 170
14004804	+ 4	+,600	+ 182
14004804	+ 7	+,600	+ 182
14004807	+ 5	+,692	+ 185
14004808	+ 3	+,700	+ 186
14004808	+ 4	+,600	+ 186
14004808	+ 7	+,600	+ 186
14004910	+ 3	+,600	+ 197

14004910	+ 10	+,769	+ 197
14004910	+ 7	+,600	+ 197
14004916	+ 3	+,700	+ 203
14005005	+ 7	+,600	+ 213
14005100	+ 3	+,600	+ 214
14005102	+ 3	+,600	+ 216
14005104	+ 3	+,700	+ 218
14005104	+ 4	+,600	+ 218
14005104	+ 7	+,600	+ 218
14005105	+ 10	+,692	+ 219
14005106	+ 3	+,600	+ 220
14005107	+ 3	+,700	+ 221
14005107	+ 3	+,700	+ 221
14005107	+ 7	+,700	+ 221
14005107	+ 8	+,727	+ 221
14005302	+ 3	+,600	+ 226
14005500	+ 3	+,600	+ 230
14005502	+ 3	+,600	+ 232
14005502	+ 4	+,600	+ 232
14005502	+ 7	+,700	+ 232
14005502	+ 8	+,727	+ 232
14005601	+ 3	+,600	+ 234
14005604	+ 3	+,600	+ 237
14005607	+ 2	+,692	+ 240
14005702	+ 3	+,600	+ 246
14005702	+ 4	+,600	+ 246
14005702	+ 7	+,600	+ 246
14005706	+ 3	+,600	+ 250
14005709	+ 4	+,600	+ 253
14005802	+ 2	+,692	+ 256
14006300	+ 3	+,600	+ 268
14006500	+ 3	+,600	+ 273
14006500	+ 4	+,600	+ 273
14006500	+ 7	+,600	+ 273
14006503	+ 4	+,600	+ 276
14006510	+ 3	+,700	+ 283

3. Example

Sharp, App. I. 49K

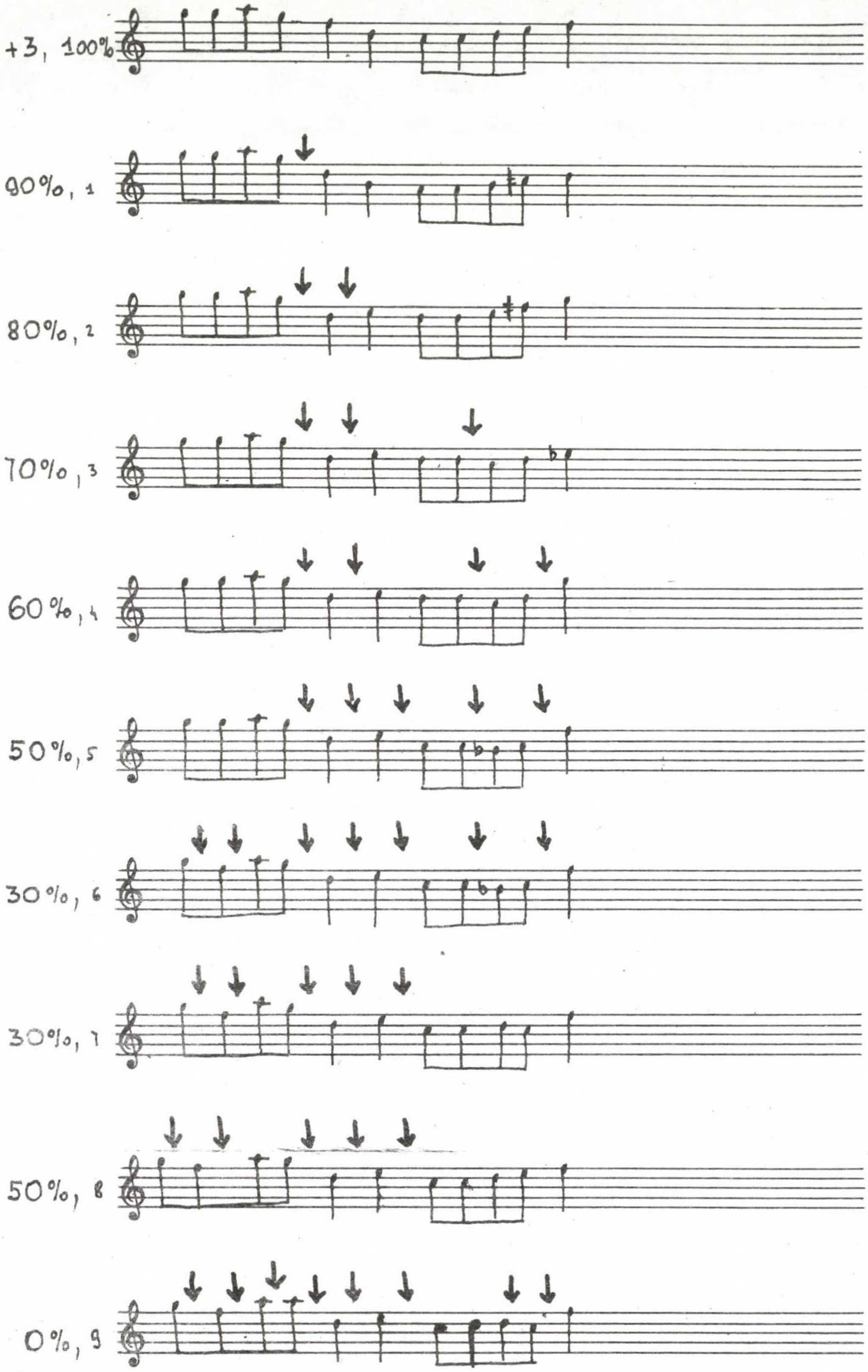
4. Example


49K1
in it's own rhythm
in the rhythm of +3
0 2 -2 -5 2 -2 0 -2 2 5
identify: 60%
0 2 -2 -2 -3 -2 0 2 2 1
+3
49K2
3
0 2 -2 -5 2 -2 0 -2 2 5 0 0 0
identity: 76.8%
0 2 -2 -2 2 -2 -3 -2 2 0 0 0 0
+10
49K3
2 2 -2 -2 -3 3 0 -1 -2 2
identity: 60%
0 2 -2 -2 -3 -2 0 5 -2 -1
+7

5. Example

tune and placed together. On the basis of the examples and figures that marked the intervals we can point out that the computer did consider the conditions and the identifications are in existence. But in spite of this there is no musical relation between the melodies and even the recognition of identities needs concentration; see Example No 5. (iv) The recognition of the identities is easier if the melodies have a common rhythm. Example No 5 shows the English tunes with the rhythm of the Hungarian motives. (v) Common rhythm dissolved also the differences in structure: the Hungarian motives are musical units, lines, the English tune-parts, however, don't start at the beginning of a line and don't end at the end of a line. (vi) Summing up: as many common musical features (like structure of the tune, structure of the line, rhythm) as possible were added to the English tune-part, thus the identity with the Hungarian motives became more recognizable.

The evaluation of the comparison with the"percentage method"-this is an immediate consequence of the note by note method-is very problematic. 100 per cent similarity certainly means absolute relationship between two melodies, but 75 % similarity means no relationship at all. Does it mean that we have to increase the identity beetwen 75 % and 100 % to reveal any relationship? This method wouldn't correspond to our experiences in analysis and classification! Let us consider the 90 % - 80 % - 70 % etc. correspondences. For research purposes we alter the intervals in motive No +3. In the example No 6_1 only one interval differs from melody No +3, so identity is 90 % beetwen them; in the example No 6_2 two intervals differ from No +3 with an identity of 80 %. And this is followed by melodies with identities of 70 %, 60 %, 50 %, 30 %, 30 %, 50 % and 10 %. We can draw a lesson from the examples that variants from No 6_5 to No 6_9



6. Example

with 50-0 % identities are more similar to motive No +3 than the variant No 6_1 with 90 % identity and much more similar than the variant No 6_3 with 70 % identity.

The note by note comparison seems to be unsuitable for the recognition of the relationship of tunes. Intuition rezognizes in a trice real identities and strangenesses that were totally missed by the research with percentage method. In a second experiment we started on another basis: we didn't want to devise a method for the comparison of all kinds of tunes but we formulated the most general characteristics of the Peacock tune family. We may report on this experiment on another occasion.

Having stated the unsuitability of the note by note method for the comparison of folk-tunes we have to form an opinion concerning the identities which were nevertheless revealed by the program. A small and hardly recognizable identity of tune-construction may be discovered, this doesn't come, however, from a definite type of tune. One of the possibilities is that pentatonic music - if a large enough set of intervals is considered - by all means gives shorter or longer common melodies..

GENERATION OF NOMINAL CONSTRUCTIONS IN HUNGARIAN

by György Hell

According to the transformational linguistic theory the competence of a native speaker can be modelled by a recursive system of rules, which enables him to understand and produce in a finite organism an infinite number of different sentences. This finite system of rules gives theoretically a certain type of the abstract automata and so it can be used as a program for computers. Machine experiments are not only good proofs for the theory but they also check how right our ideas are about the regularity of a linguistic expression.

The following Hungarian nominal constructions are generated as linear structures without transformational rules [1] . It is known that by this way of generation substantial grammatical relations between the constituents remain unexplained, nevertheless the explication of the regularity in the linear connexion imports great values for language teaching.

The nominal construction in Hungarian may contain the following word categories: nouns, adjectives, attributive nouns with formatives -i, -s, -ú, -ű, participles and adverbials. The attributive complement line before the head noun can be very long. Theoretically there is no limit for such constructions even when in Hungarian only two nouns in genitive can be concatenated to a third, because innumeral participal constructions can be placed before the head constituent.

The possible nominal construction in Hungarian

$$\mathrm{NOM} = \begin{pmatrix} \mathrm{T} \\ \mathrm{Adj} \\ \mathrm{PA} \\ \mathrm{N_i} \\ \mathrm{Adj}\ \mathrm{N_i} \\ \mathrm{NO} \end{pmatrix} \mathrm{N}$$

where

N = the head noun in the construction,
T = "a", "az", "egy" /definite and indefinite articles respectively/.

$$\mathrm{Adj} = \left\{ [\mathrm{T}] \begin{pmatrix} \mathrm{Nu} \\ \mathrm{A} \\ \mathrm{Nu\ A} \\ \mathrm{Adv.\ A} \\ \mathrm{Nu\ Adv.\ A} \end{pmatrix} \right\}.$$

where

Nu = numeral,
A = adjective,
Adv = adverbial.

/As you can see, repetition of adjectives, what is grammatical in Hungarian, is here excluded./

$$PA = \left[\begin{pmatrix} Nx \\ TN_x \\ Adj\ N_x \\ N_i\ N_x \\ NO \end{pmatrix} Pa \right]$$

where

N_x = suffixated noun,
N_i = noun with formatives "-s", "-i", "-ú", "-ű",
Pa = participle.

$$NO = \left\{ \left\{ \left[\begin{pmatrix} T \\ Adj \\ N_i \\ PA \end{pmatrix} N_{G_1} \right] \begin{pmatrix} T^* \\ Adj \\ N_i \\ PA \end{pmatrix} N_{G_2} \right\} \begin{pmatrix} Adj \\ N_i \\ PA \end{pmatrix} \right\} - S_b$$

where

N_{G_1} = noun without any suffix,
N_{G_2} = noun with the suffix "-ának-a", "-ének-a",
$-S_b$ = the possessive suffix on the head noun of the construction,
T^* = indefinite article or definite article if there is no preceeding N_G.

The program was written in COMIT. For having a more convenient form, first the above given linear rules were transcribed by V. Yngve into the tree construction shown in Table 1.

In this scheme:

┌──┐ = exclusive disjunction,

∧ = ... if there ... connection,

│ = transcription ,

NO1A or NO1	gives the line Adj + N,
NOM2	gives attributal nouns on -i, -s, -ú, -ű,
NO3	gives a genitive concatenation of two nominal constructions /NO_{G_1} + $N\text{-}S_b$/,
NO2	gives the participal construction.

For reasons of simplification the formatives -ú, -ű are expressed as -UE, the possessive ending is -A.

The noun complements to the participles LAATOO = = /"seeing"/, IIROO /"writing"/ may have one of the seven given suffixes:

- T /accusativus/, -BAN /inessivus/, -BOL /elativus/, - IG /terminativus/, -TOL /ablativus/, -ROL /delativus/, -NAK /dativus/, but the program has some restrictions on them. So e.g. nouns with suffixes -ROL, -NAK are accepted with the participle LAATOO, nouns with suffixes -T, -IG are possible with IIROO, etc. Other restrictions are imposed on the attributive nouns with the formatives -UE because they are grammatical only if there is also an adjective before them.

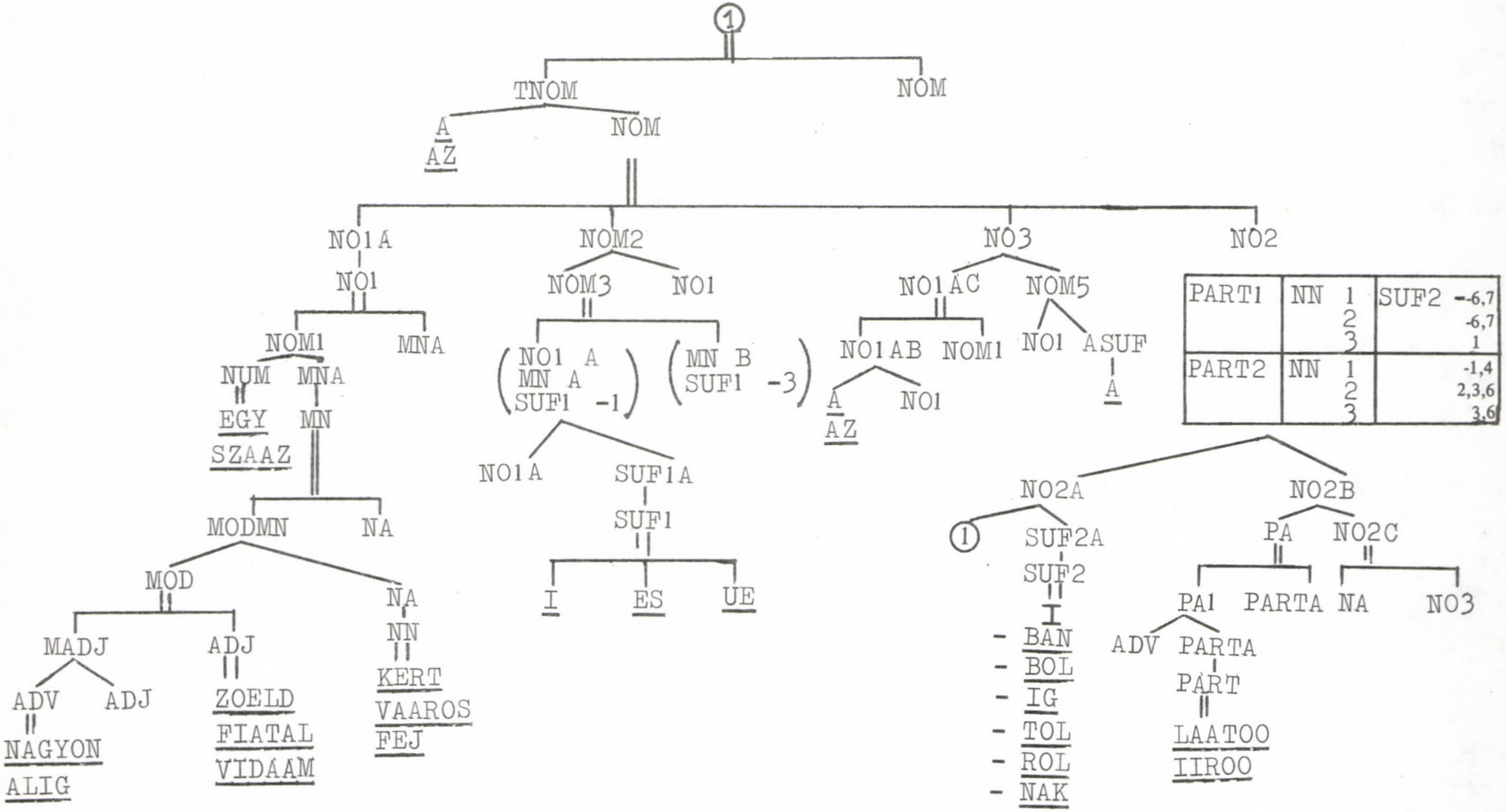

①
TNOM
NOM
A
AZ
NOM
NO1A
NOM2
NO3
NO2
NO1
NOM1
MNA
NUM
MNA
EGY
SZAAZ
MN
MODMN
NA
MOD
NA
MADJ
ADJ
NN
ADV
ADJ
ZOELD
FIATAL
VIDAAM
KERT
VAAROS
FEJ
NAGYON
ALIG
NOM3
NO1
NO1 A
MN A
SUF1 -1
MN B
SUF1 -3
NO1A
SUF1A
SUF1
I
ES
UE
NO1AC
NOM5
NO1AB
NOM1
NO1
ASUF
A
AZ
NO1
A
PART1
NN 1 2 3
SUF2 -6,7 -6,7 1
PART2
NN 1 2 3
-1,4 2,3,6 3,6
NO2A
NO2B
①
SUF2A
SUF2
I
- BAN
- BOL
- IG
- TOL
- ROL
- NAK
PA
NO2C
PA1
PARTA
NA
NO3
ADV
PARTA
PART
LAATOO
IIROO

Table 1.

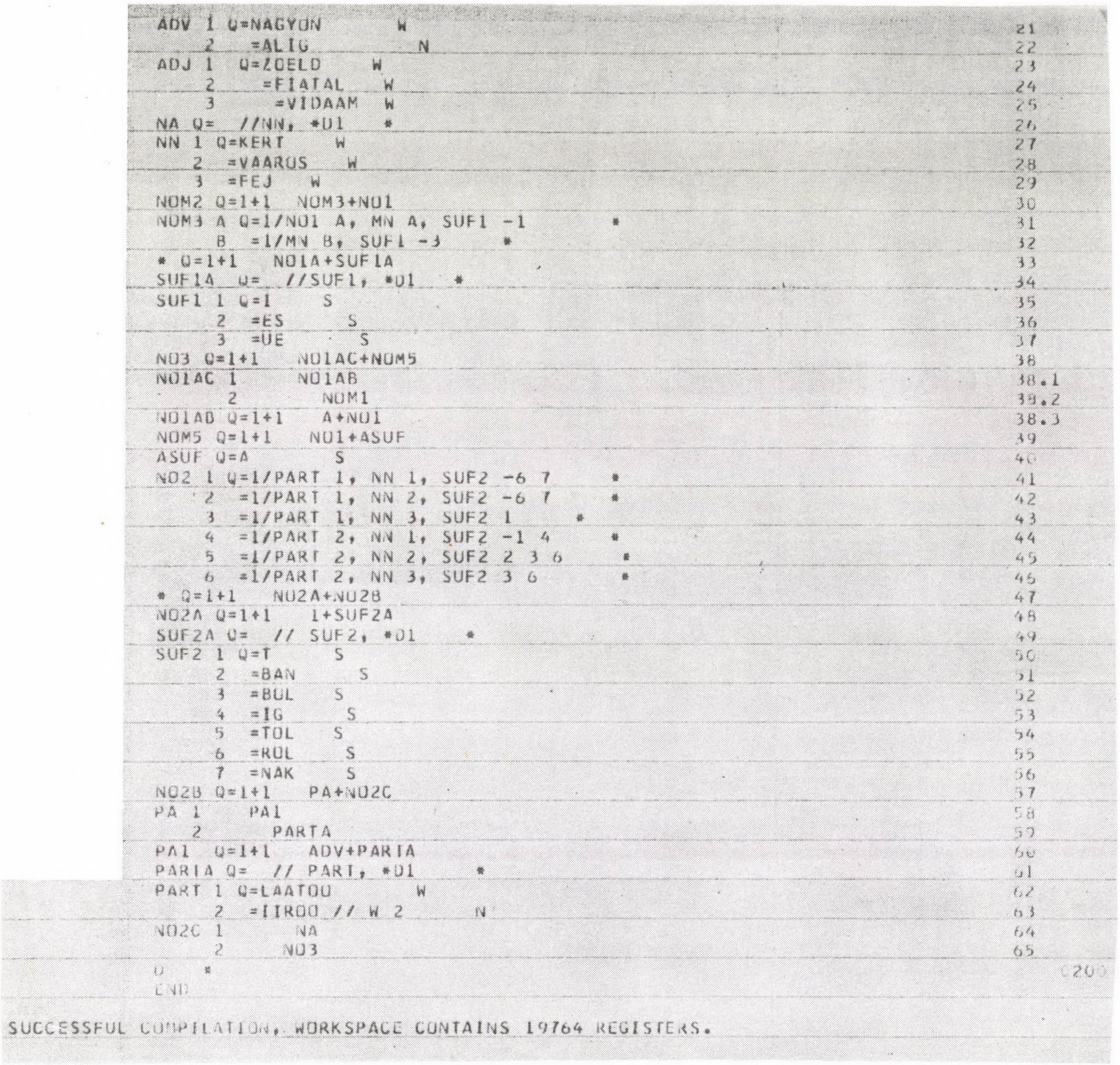
Some of the generated nominal constructions can be seen on the following pages [2].

NOTES

[1] The author is indebted to the kind help of Victor Yngve. The program was written and run in the Institute for Computer Research, The University of Chicago, Illinois.

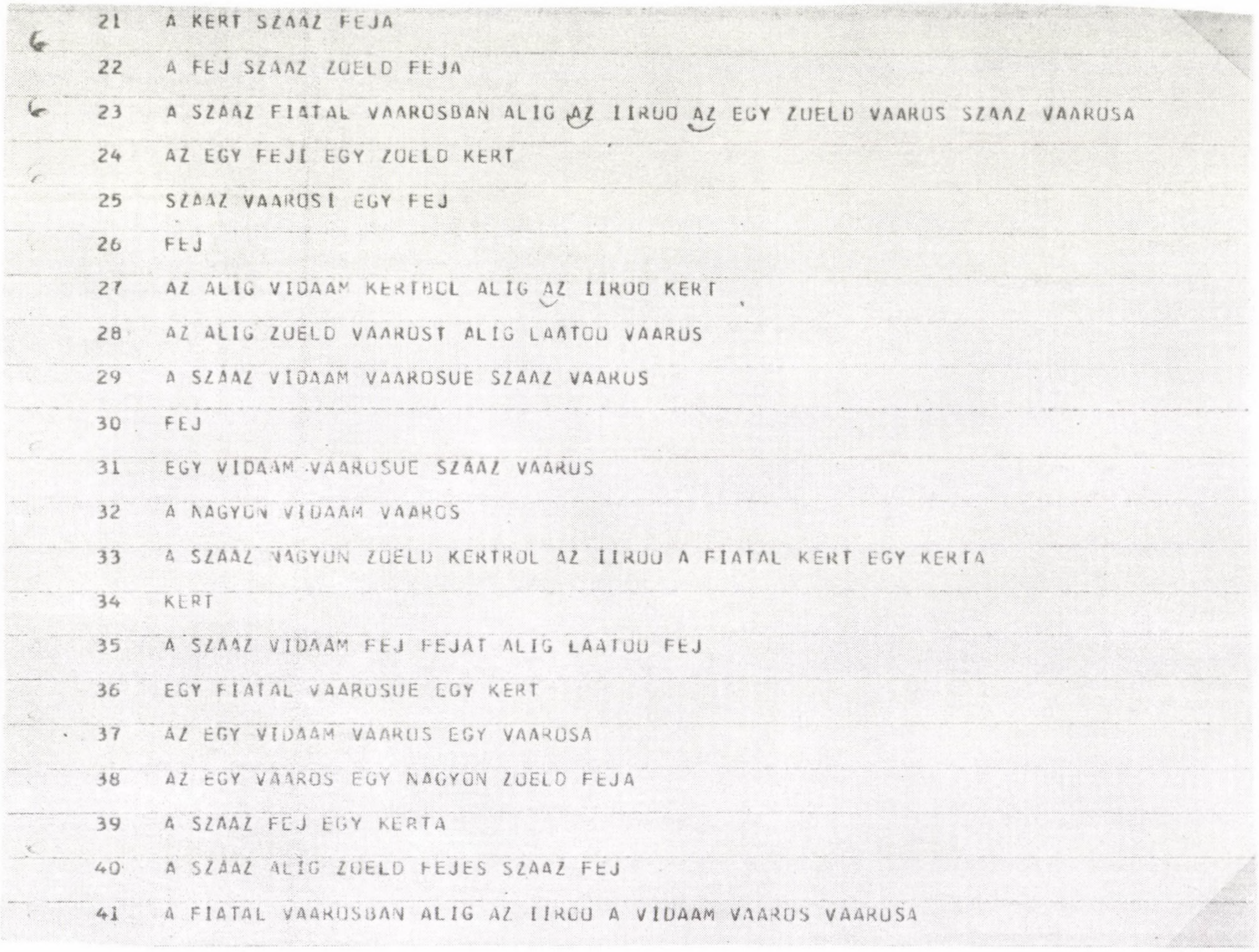
[2] The program was completed in a very short time /a couple of hours/ and due to this through the recursiveness of /1/ under NO2 the repetition of the definite article was permitted, what is ungrammatical in Hungarian.

```
   UNIVERSITY OF CHICAGO COMIT / VERSION  3-JULY66                                                  06/15/67   1244.4


*        COMIT(YNGVE HELL    )
         ALARM 5000
*     $ = *1-*.  //*WAM1       *
*    $ = *A/.1 + Q //  *S127 1, W 1    * (INITIALIZE EXECUTIVE PROGRAM)        0020
L $0 + Q + $0 = *.-*. + 2+2 // *WAM1, *N127 1  **+L (READY NEXT ... )           0030
,*    E (ERROR)                                                                 0040
*     $1/.L101 = 1/*CNS1 + 1/.11 + --     //*S127 2   W+1 (...GENERATION)   50
*    D (END OF RUN)                                                             0060
.W 1  $ + Q = - + 1 + 2   // *WAM1 2   +  (GO HERE TO WRITE OUT A WORD)         0070
   2          =               // W 1        ** (PREFIX IT WITH A/AN)            0080
*    E  (ERROR)                                                                 0090
B 1    $ + Q = -A-   + 1 + 2   // *WAM 1 2   + (PREFIX WORD BY A)               0100
  2              = -AZ- + 1 + 2 //*WAM1 2 +                                    H150
*    E   (ERROR)                                                                0120
.S      $ + Q =   // *WAM1    + (GO HERE TO WRITE OUT A SUFFIX)                 0130
*    E   (ERROR)                                                                0140
.A   Q = 0    // W 2, B 1    +  (GO HERE FOR THE INDEFINITE ARTICLE)            0150
E    $ = 1 + Q    // *AO 1, *AO 1, W 1    L  (ERROR.  TRY A NEW SENTENCE)       0160
N     // B 2   W (GO HERE TO WRITE OUT A WORD THAT MIGHT TAKE AN)               0170
.D   Q = 0   + (GO HERE TO ZERO A CONSTITUENT)                                  0161
*       E  (ERROR)                                                              0162
      (INSERT THE GRAMMAR HERE.  BEGIN IT WITH A RULE NAMED 1)                  0180
                                                                                0190
1 A          TNOM                                                          1
  B          NOM                                                           2
TNOM Q= 1 + 1   A+NOM                                                      3
NOM 1      NO1A                                                            4
    2      NOM2                                                            5
    3      NO3                                                             6
    4      NO2                                                             7
NO1A Q= //NO1, *D1 *                                                       8
NO1 A        NOM1                                                          9
    B        MNA                                                           10
NOM1 Q= 1 + 1   NUM+MNA                                                    11
NUM 1 Q=EGY            N                                                   12
    2   =SZAAZ   W                                                         13
MNA Q=  //MN, *D1  *                                                       14
MN A         MODMN                                                         15
   B         NA                                                            16
MODMN Q=1+1   MOD+NA                                                       17
MOD 1         MADJ                                                         18
    2         ADJ                                                          19
MADJ Q=1+1    ADV+ADJ                                                      20
```

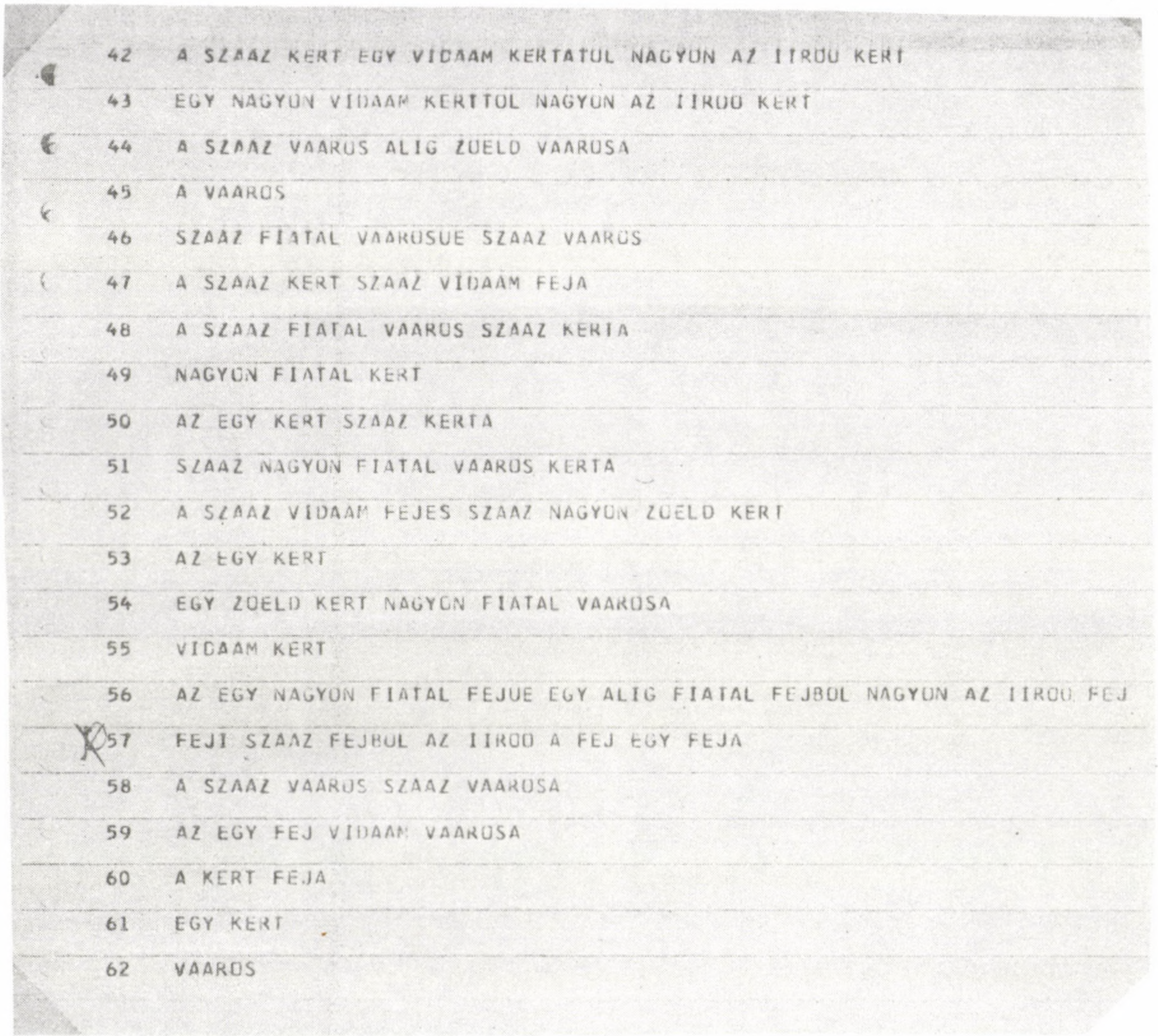


```
     ADV 1 Q=NAGYON       W                                              21
         2   =ALIG            N                                          22
     ADJ 1  Q=ZOELD     W                                                23
         2     =FIATAL   W                                               24
         3       =VIDAAM  W                                              25
     NA Q=  //NN, *D1    *                                               26
     NN 1 Q=KERT     W                                                   27
        2  =VAARUS    W                                                  28
        3  =FEJ    W                                                     29
     NOM2 Q=1+1  NOM3+NO1                                                30
     NOM3 A Q=1/NO1 A, MN A, SUF1 -1           *                         31
          B  =1/MN B, SUF1 -3         *                                  32
     * Q=1+1   NO1A+SUF1A                                                33
     SUF1A  Q=  //SUF1, *D1    *                                         34
     SUF1 1 Q=I      S                                                   35
          2  =ES      S                                                  36
          3  =UE    .  S                                                 37
     NO3 Q=1+1    NO1AC+NOM5                                             38
     NO1AC 1      NO1AB                                                  38.1
         2          NOM1                                                 38.2
     NO1AB Q=1+1    A+NO1                                                38.3
     NOM5 Q=1+1    NO1+ASUF                                              39
     ASUF Q=A          S                                                 40
     NO2 1 Q=1/PART 1, NN 1, SUF2 -6 7        *                          41
         2  =1/PART 1, NN 2, SUF2 -6 7        *                          42
         3  =1/PART 1, NN 3, SUF2 1        *                             43
         4  =1/PART 2, NN 1, SUF2 -1 4        *                          44
         5  =1/PART 2, NN 2, SUF2 2 3 6        *                         45
         6  =1/PART 2, NN 3, SUF2 3 6          *                         46
     * Q=1+1    NO2A+NO2B                                                47
     NO2A Q=1+1     1+SUF2A                                              48
     SUF2A Q=  // SUF2, *D1     *                                        49
     SUF2 1 Q=T         S                                                50
          2  =BAN         S                                              51
          3  =BUL    S                                                   52
          4  =IG       S                                                 53
          5  =TOL    S                                                   54
          6  =ROL      S                                                 55
          7  =NAK      S                                                 56
     NO2B Q=1+1    PA+NO2C                                               57
     PA 1     PA1                                                        58
        2        PARTA                                                   59
     PA1  Q=1+1    ADV+PARTA                                             60
     PARTA Q=  // PART, *D1       *                                      61
     PART 1 Q=LAATOU          W                                          62
          2  =IIROO // W 2         N                                     63
     NO2C 1       NA                                                     64
          2     NO3                                                      65
     0   *                                                                 0200
     END

SUCCESSFUL COMPILATION, WORKSPACE CONTAINS 19764 REGISTERS.
```

```
1   A KERTI FEJ
2   AZ EGY ALIG FIATAL KERTUE SZAAZ KERTBOL LAATOO SZAAZ KERT EGY KERTAT LAATOO A SZAAZ VAAROS EGY FIATAL VAARUSA
3   A KERT
4   A KERT KERTA
5   A ZOELD KERT
6   A SZAAZ NAGYON FIATAL KERT ALIG ZUELD KERTA
7   AZ EGY NAGYON VIDAAM FEJES SZAAZ FEJT LAATOO FEJ
8   NAGYON VIDAAM VAARUS
9   EGY ZOELD VAARUSES SZAAZ FIATAL KERT
10   AZ EGY NAGYON FIATAL FEJ SZAAZ NAGYON ZUELD VAARUSA
11   AZ EGY ZOELD VAAROS EGY ALIG ZUELD VAARUSARUL AZ IIROO EGY FIATAL VAAROS SZAAZ ZOELD VAAROSA
12   SZAAZ KERTI EGY KERTBAN LAATOO KERT
13   A SZAAZ NAGYON VIDAAM FEJ FEJAT LAATOO EGY VIDAAM FEJ ZUELD FEJABAN AZ IIROO A SZAAZ VIDAAM VAARUS EGY
VIDAAM VAARUSA
14   A SZAAZ ALIG FIATAL FEJUE EGY ALIG FIATAL FEJROL NAGYON AZ IIROO FEJ
15   A SZAAZ ZOELD FEJUE SZAAZ FEJ
16   A SZAAZ KERT EGY FEJA
17   A SZAAZ ALIG ZOELD KERTBOL LAATOO A SZAAZ FIATAL KERT EGY KERTATOL LAATOO EGY ALIG FIATAL VAAROS NAGYON
ZOELD VAAROSA
18   A VAAROSI ALIG VIDAAM VAAROSBAN ALIG LAATOO A SZAAZ ALIG VIDAAM VAAROS SZAAZ NAGYON FIATAL VAARUSABAN ALIG
LAATOO A FIATAL VAARUS VAAROSA
19   A KERT FIATAL FEJA
20   A SZAAZ VAAROS ZOELD KERTA
```

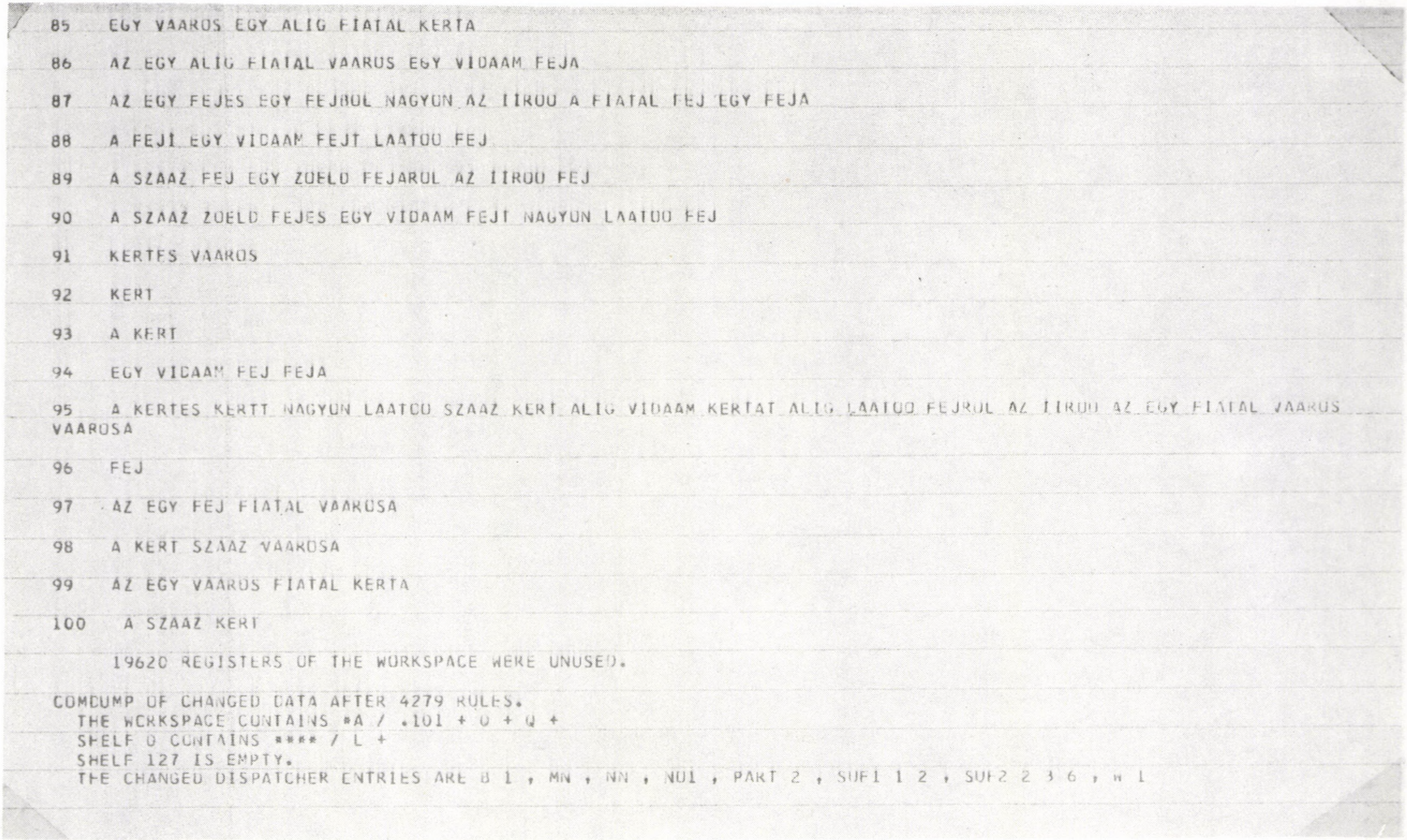


```
21   A KERT SZAAZ FEJA
22   A FEJ SZAAZ ZOELD FEJA
23   A SZAAZ FIATAL VAAROSBAN ALIG AZ IIROO AZ EGY ZOELD VAAROS SZAAZ VAAROSA
24   AZ EGY FEJI EGY ZOELD KERT
25   SZAAZ VAAROSI EGY FEJ
26   FEJ
27   AZ ALIG VIDAAM KERTBOL ALIG AZ IIROO KERT
28   AZ ALIG ZOELD VAAROST ALIG LAATOO VAAROS
29   A SZAAZ VIDAAM VAAROSUE SZAAZ VAAROS
30   FEJ
31   EGY VIDAAM VAAROSUE SZAAZ VAAROS
32   A NAGYON VIDAAM VAAROS
33   A SZAAZ NAGYON ZOELD KERTROL AZ IIROO A FIATAL KERT EGY KERTA
34   KERT
35   A SZAAZ VIDAAM FEJ FEJAT ALIG LAATOO FEJ
36   EGY FIATAL VAAROSUE EGY KERT
37   AZ EGY VIDAAM VAAROS EGY VAAROSA
38   AZ EGY VAAROS EGY NAGYON ZOELD FEJA
39   A SZAAZ FEJ EGY KERTA
40   A SZAAZ ALIG ZOELD FEJES SZAAZ FEJ
41   A FIATAL VAAROSBAN ALIG AZ IIROO A VIDAAM VAAROS VAAROSA
```



```
42   A SZAAZ KERT EGY VIDAAM KERTATUL NAGYON AZ IIROU KERT
43   EGY NAGYON VIDAAM KERTTOL NAGYON AZ IIROO KERT
44   A SZAAZ VAARUS ALIG ZUELD VAARUSA
45   A VAAROS
46   SZAAZ FIATAL VAARUSUE SZAAZ VAAROS
47   A SZAAZ KERT SZAAZ VIDAAM FEJA
48   A SZAAZ FIATAL VAARUS SZAAZ KERTA
49   NAGYON FIATAL KERT
50   AZ EGY KERT SZAAZ KERTA
51   SZAAZ NAGYON FIATAL VAARUS KERTA
52   A SZAAZ VIDAAM FEJES SZAAZ NAGYON ZOELD KERT
53   AZ EGY KERT
54   EGY ZOELD KERT NAGYON FIATAL VAAROSA
55   VIDAAM KERT
56   AZ EGY NAGYON FIATAL FEJUE EGY ALIG FIATAL FEJBOL NAGYON AZ IIROO FEJ
57   FEJI SZAAZ FEJBOL AZ IIROO A FEJ EGY FEJA
58   A SZAAZ VAAROS SZAAZ VAAROSA
59   AZ EGY FEJ VIDAAM VAAROSA
60   A KERT FEJA
61   EGY KERT
62   VAAROS
```

```
63   EGY VIDAAM VAAROSES SZAAZ FEJ
64   SZAAZ ALIG ZOELD KERTUE SZAAZ KERTTOL AZ IIROO SZAAZ ALIG FIATAL KERT EGY KERTA
65   AZ EGY NAGYON FIATAL VAAROS SZAAZ NAGYON FIATAL KERTA
66   FEJ
67   A SZAAZ VIDAAM KERTES SZAAZ ZOELD KERTBAN AZ IIROO A SZAAZ FIATAL KERT SZAAZ ALIG FIATAL KERTA
68   A SZAAZ ZOELD VAAROS EGY FEJA
69   A SZAAZ KERT SZAAZ FEJA
70   EGY FEJ EGY FIATAL FEJA
71   EGY KERT
72   FIATAL FEJ
73   SZAAZ VAAROS VAAROSA
74   AZ EGY ALIG VIDAAM KERTUE EGY ALIG ZOELD KERTIG LAATOO KERT
75   KERT
76   FEJES KERT
77   AZ EGY KERT NAGYON FIATAL KERTA
78   A KERT
79   A VAAROSBAN NAGYON LAATOO AZ EGY NAGYON VIDAAM VAAROS VAAROSA
80   EGY VIDAAM FEJ FIATAL KERTA
81   SZAAZ ALIG VIDAAM KERTES SZAAZ FIATAL FEJ
82   EGY KERT EGY FIATAL VAAROSA
83   AZ EGY ZOELD VAAROSES SZAAZ NAGYON VIDAAM KERT
84   A SZAAZ FIATAL VAAROSES SZAAZ ALIG FIATAL VAAROSROL ALIG AZ IIROO SZAAZ VIDAAM VAAROS EGY VAAROSABOL NAGYON
AZ IIROO FEJ
```



```
85    EGY VAAROS EGY ALIG FIATAL KERTA

86    AZ EGY ALIG FIATAL VAAROS EGY VIDAAM FEJA

87    AZ EGY FEJES EGY FEJBOL NAGYON AZ IIROO A FIATAL FEJ EGY FEJA

88    A FEJI EGY VIDAAM FEJT LAATOO FEJ

89    A SZAAZ FEJ EGY ZOELD FEJAROL AZ IIROO FEJ

90    A SZAAZ ZOELD FEJES EGY VIDAAM FEJT NAGYON LAATOO FEJ

91    KERTES VAAROS

92    KERT

93    A KERT

94    EGY VIDAAM FEJ FEJA

95    A KERTES KERTT NAGYON LAATOO SZAAZ KERT ALIG VIDAAM KERTAT ALIG LAATOO FEJROL AZ IIROO AZ EGY FIATAL VAAROS
VAAROSA

96    FEJ

97    AZ EGY FEJ FIATAL VAAROSA

98    A KERT SZAAZ VAAROSA

99    AZ EGY VAAROS FIATAL KERTA

100    A SZAAZ KERT

      19620 REGISTERS OF THE WORKSPACE WERE UNUSED.

COMDUMP OF CHANGED DATA AFTER 4279 RULES.
  THE WORKSPACE CONTAINS *A / .101 + 0 + Q +
  SHELF 0 CONTAINS **** / L +
  SHELF 127 IS EMPTY.
  THE CHANGED DISPATCHER ENTRIES ARE B 1 , MN , NN , NO1 , PART 2 , SUF1 1 2 , SUF2 2 3 6 , H 1
```

К КЛАССИФИКАЦИИ РУССКИХ ГЛАГОЛОВ ПО УСЕЧЕННОЙ ОСНОВЕ /УО/

Ш.Яношка

I. Классифицируя русские глаголы в 1962 году, автор настоящей статьи преследовал учебные цели [I] . Эта работа, однако, послужила основой для классификации венгерских глаголов [2] в целях ее применения при машинной обработке глагольного материала семитомного Толкового словаря венгерского языка /ТСВЯ/. Коллектив, подготовивший материал ТСВЯ к машинной обработке под руководством Ф.Паппа, постоянно чувствовал помощь и поддержку со стороны академика Кальмара. Будучи инициатором и вдохновителем всех начинаний в области матлингвистики в нашей стране, Л.Кальмар не мог не оказать влияния на формирование Ф.Паппа как матлингвиста. Ф.Папп является автором многих работ по популяризации и внедрению матлингвистики в Венгрии. Он является автором классификации русских глаголов по УО [3] , написанной как в учебных целях, так и для возможного ее применения при машинном синтезе [4] . Настоящая работа – попытка внести некоторые предложения по усовершенствованию классификации русских глаголов по УО, и, в свою очередь, она является также результатом того плодотворного влияния, которое оказал и оказывает на отечественную матлингвистику академик Л.Кальмар.

2. Классификация русских глаголов по УО основана на понятиях УО /2.I./, стандартных формообразующих суффиксов СФС /2.2./, стандартных личных окончаний СО /2.3./ и стандартных изменений СИ в стандартных местах СМ /2.4./.

2.I. УО - это та часть глагольных форм, которая остается неизменной перед СФС или претерпевает лишь СИ в СМ. УО оканчивается либо на гласный звук [5] /глаголы I-ого структурного класса, внутри которого выделяются следующие подтипы: а/ чита-ть; б/ име-ть; в/ пе-ть; г/ гни-ть; д/ бри-ть; е/ кры-ть; ж/ ду-ть/, либо на согласный /глаголы II-ого структурного класса с подтипами: а/ пис-ать; б/ молч-ать; в/ говор-ить; г/ крикн-уть; д/ вид-еть; е/ кол-оть/. Как особый третий класс выделяется глагольный тип типа рисовать.

2.2. В качестве СФС выделяются следующие формообразующие суффиксы ФС: {T'}, {L}, {Ɉ}, выступающие между УО и СО и реализуемые в двух вариантах / ⟨t'⟩, ⟨l⟩ и ⟨j⟩ для глаголов I-ого класса и ⟨At'⟩, ⟨Al⟩ и ⟨∅⟩ для глаголов II-ого класса; "A" в символах обозначает любой из перечисленных гласных: a, e, i, u, o/.

2.3. СО - это два ряда личных окончаний для наст. /и простого буд./ вр. изъявит. накл.: I/ -u, -oš, -ot, -om, -ot'e, -ut для I-ого спряжения /I-й класс и подтипы а/, г/, е/ II-ого класса, а также глаголы типа рисовать/ и 2/ -u, -iš, -it, -im, -it'e, -at для II-ого спряжения /б/, в/, и д/ подтипы II-ого класса/.

2.4. СИ - это обязательные изменения конечного звука или звукосочетаний УО. I/ для I-ого спряжения ⟨b - bl', p-pl', m-ml'; s, ch-š; z, g, d-ž /d иногда žd/; t, k-č /t иногда šč/; sl-šl'; e-o; i-e⟩ /последнее СИ после твердых согласных реализуется как [ы] - [о] / и 2/ для II-ого спряжения ⟨b-bl', p-pl', m-ml', v-vl', f-fl'; s-š, z-ž, st-šč, t-č / t иногда šč /, d-ž, zd-žd'⟩.

СП для СИ - это личные формы наст. /и простого буд./ вр. изъяв. накл., формы повел. накл., действительные и страд. причастия, а также и деепричастие наст. вр. для глаголов I-ого спряжения и I. л. ед. ч. наст. /и прост. буд./ вр. и страд. причастие прош. вр. для глаголов II-ого спряжения.

2.5. Все глаголы, не входящие в стандартные типы, являются нестандартными. Нестандартные глаголы делятся на три класса: глаголы с одной нестандартной основой представляют собой нестандартный класс первой степени, с двумя нестандартными основами - нестандартный класс второй степени, а с тремя нестандартными основами - нестандартный класс третьей степени. Каждый нестандартный класс включает в себя подтипы.

3. Классификация русских глаголов, изложенная в предыдущем пункте, взята из последней работы Ф.Паппа /Курс.../, в которой по сравнению с классификацией в его первых двух работах легко отметить некоторые усовершенствования [3] . Согласно общей тенденции этих усовершенствований и в настоящей работе будут высказаны некоторые предложения по дальнейшему усовершенствованию классификации русских глаголов по УО.

3.I. Среди подтипов I-ого стандартного класса /УО с конечным гласным/ в первых двух работах /I962, I963/ фигурировали еще и глаголы типа бить со СИ их УО ⟨i - j⟩ для наст. вр. (b'i-t' - bj-ut). Видимо, глаголы типа бить были изъяты из стандарта не потому, что в них имело место изменение не ⟨i-j⟩ , а ⟨i-ϕ⟩ (bi-t' - b'ϕ-j-ut) , что, в конечном счете, можно было бы включить в список СИ, а потому, что распространением СИ для СИ на другие формы глаголов I-ого спряжения, в том числе и на формы повелительного наклонения, выяснилось, что тут имеется изменение ⟨i - ϕ⟩ для основы наст. вр. и ⟨i-e⟩ для основы повелительного наклонения.

3.2. Круг СФС со времени первых двух работ Ф.Паппа не был расширен. Во всех его работах говорится, что по образцу выделенных трех СФС для основных глагольных форм легко присоединяются к УО и ФС других глагольных форм. Однако, учет всех ФС, имеющих место при образовании остальных глагольных форм, подтверждает это предположение не полностью.

Кроме СФС {T'} , {L} , {J} , для остальных глагольных форм имеются следующие ФС: {FŠ} для дейст. прич. прош. вр., {N̄} или {T} для страд. прич. прош. вр., {E} для дееприч. прош. вр., {ŠČ} для действ. прич. наст. вр., {M} для страд. прич. наст. вр., {A} для дееприч. наст. вр. и {J} для повелит. накл. Одни ФС /{FŠ}, {T}, {E} /, имея по две формы для реализации /⟨fš⟩, ⟨t⟩, ⟨f⟩ после УО с конечным гласным и ⟨Afš⟩, ⟨At⟩, ⟨Af⟩ после УО с конечным согласным/, присоединяются к УО так же, как и СФС {T'} и {L} , другие ФС / {ŠČ}, {M}, {A}, {J} /, реализуемые в аломорфах / ⟨jušč⟩, ⟨jom⟩, ⟨ja⟩, ⟨j⟩ для УО с конечным гласным и в аломорфах ⟨ušč/ašč⟩, ⟨om/im⟩, ⟨a⟩, ⟨ϕ⟩ для УО с конечным согласным/ - как СФС основы наст. вр. {J} . При этом ⟨ušč⟩ и ⟨om⟩ прибавляются к УО глаголов I-ого спряжения, а ⟨ašč⟩ и ⟨im⟩ - к УО глаголов II-ого спряжения.

ФС {N̄} , кроме глаголов типа говорить, присоединяется к УО так же, как и СФС {T'} , то есть в виде ⟨n̄⟩ или ⟨An̄⟩. К УО глаголов типа говорить этот ФС прибавляется в виде не ⟨in̄⟩ , а ⟨on̄⟩ с предшествующей мягкостью, что и требует введения особого правила для образования этой глагольной формы /см. говор-ить, говор-ил, говор-ивший, у-говор-ив, но до-говор-енный/. Кроме того, необходимо решить, являются ли оба ФС страд. прич. прош. вр. стандартными, или стандартен только один из них. Однако, признание стандартности для обоих ФС влечет за собой удвоение количества структурных глагольных классов; отрицание же стандартности ФС {T} вызвало бы изъятие из стандарта не только глагольных типов брить, крыть, дуть, колоть, но и типов крикнуть и иметь /речь идет о глаголе греть, остальные глаголы типа иметь непереходные/.

Как видно, при учете всех ФС **выясняется**, что в качестве дистрибутивных ФС не достаточно выделить только три суффикса, а необходимо ввести и четвертый ФС {N} или {T} . Полная замена ФС {L} суффиксом {N} или {T} не целесообразна, так как не все глаголы /только переходные/ образуют страдательные причастия. С учетом четырех дистрибутивных элементов стандартные УО, выделенные Ф.Паппом, можно распределить теперь по классам, указанным в таблице /см. на стр. 95/.

3.3. Два набора СО не менялись и не должны меняться.

3.4. Как уже было отмечено, из списка СИ было изъято изменение ⟨i-j⟩ /точнее, ⟨i-ϕ⟩ /, но в нем остались еще другие неточности.

а/ Прежде всего нужно ввести в список СИ для глаголов I-ого спряжения СИ ⟨sk, st-šč⟩ /глаголы типа плескать и свистать/. Глагол искать из-за формы искомый в этом случае либо окажется за пределами стандарта, либо будет представлять собой особое исключение.

б/ Желательно также включить в список СИ для глаголов I-ого спряжения СИ ⟨*l-l'*⟩ и ⟨*r-r'*⟩ /глаголы типа *колоть* и *пороть*/. Правда, в этом случае глаголы *орать*, *жрать*, *врать* окажутся за пределами стандарта /см. *ору*, *орут*/. Для письменной разновидности нет необходимости предписать СИ ⟨*р-р'*⟩ и ⟨*л-л'*⟩, так как различие глаголов типа *колоть* и *орать* получит свое выражение в присоединении разных рядов окончаний: I/ -*у*, -*ешь*..., -*ут*; 2/ -*ю*, -*ешь*..., -*ют*.

в/ Надо уточнить и список СИ для глаголов II-ого спряжения: можно, конечно, отвлечься от того, что все изменяемые согласные в конце УО мягкие, кроме глагола *спать*, так как введением такого правила становится возможным обозначать изменяемые согласные конца УО одним и тем же знаком, принятым для обозначения твердых согласных. Более существенной поправки требуют, однако, СИ ⟨*d-ž*⟩ , ⟨*zd-žd'*⟩ : I/ ⟨*zd*⟩ изменяется в ⟨*ž̄'*⟩ /графически *зж*/ для I.л.ед.ч.наст.вр. и - в ⟨*žd'*⟩ для страд.прич.прош.вр.; 2/ ⟨*d*⟩ изменяется в ⟨*ž/žd'*⟩ /ср. с СИ ⟨*t - č/šč*⟩ /, однако, в то время, как СИ ⟨*t - č/šč*⟩ осуществляется как для I.л.ед.ч., так и для страд.прич.прош.вр. либо как СИ ⟨*t - č*⟩ , либо как ⟨*t - šč*⟩ , СИ ⟨*d - ž/žd*⟩ осуществляется для I.л.ед.ч. всегда как изменение ⟨*d-ž*⟩ , а для страд.прич.прош.вр. либо как ⟨*d-ž*⟩ , либо как ⟨*d - žd*⟩ .

г/ Введением в список СИ для глаголов I-ого спряжения СИ ⟨*ova - u*⟩ глаголы типа *рисовать* свободно включаются в I-й структурный класс стандартных глаголов.

Поскольку СИ ⟨*t - č/šč*⟩ и ⟨*d - ž/žd*⟩ , имеющие место при формообразовании как глаголов I-ого, так и II-ого спряжений, не дифференцированы по группам глаголов, целесообразно дать список глаголов с СИ ⟨*t - šč*⟩ и ⟨*d - žd*⟩ . Ниже дается список глаголов с указанными СИ, потому что их количество меньше, чем количество глаголов с СИ ⟨*t - č*⟩ и ⟨*d - ž*⟩ .

Глаголы с СИ ⟨*d - žd*⟩ :

I спряжение: *страдать* /только при архаичном употреблении; иначе без СИ: *страдаю*, *страдаешь* и т.д./; II спряжение: *возбудить*, *заградить*, *насладить*, *освободить*, *осудить*, *охладить*, *победить*, *убедить*, *повредить*, *предупредить*, *принудить*, *родить*, *утвердить*, *учредить* /в I.л.ед.ч.наст.вр. имеется СИ ⟨*d - ž*⟩ , но многие из этих глаголов вовсе не образуют формы для I.л.ед.ч.наст.вр./.

Глаголы с СИ ⟨*t - šč*⟩ :
I спряжение: *клеветать*, *роптать*, *трепетать*; II спряжение: *осветить*, *обогатить*, *возвратить*, *извратить*, *отвратить*, *превратить*, *развратить*, *совратить*, *обратить*, *поглотить*, *позлатить*, *прекратить*, *сократить*, *укротить*, *возмутить*, *смутить*, *воспретить*, *запретить*, *поработить*, *осветить*, *освятить*, *посвятить*, *посетить*, *насытить*, *восхитить*, *похитить*, *расхитить*, *защитить*, *ощутить*. Другие образования от некоторых из перечисленных основ - *мутить*, *замутить*, *намутить*, *помутиться*, *светить*, *засветить*, *посветить* - имеют СИ ⟨*t - č*⟩ .

Относительно СИ следует, наконец, отметить, что в случае дифференцированного предписания СИ для УО глагольных типов *писать* и *колоть* и глаголы типа *орать* остаются внутри стандарта. Впрочем, должны считаться стандартными и все глаголы II структурного типа, даже если в них не наблюдается СИ потому, что конечный согласный звук УО представлен либо неизменяемым согласным – ⟨j, n⟩, а также ⟨r⟩ для глаголов типа врать, см. s'ej-at', ston-at', vr-at', stoj-at' ,– либо согласным или сочетанием согласных, являющимися результатом СИ –⟨ž, š, č; žd, šč⟩ СМ, žd-at', p'išč-at', d'eržat', r'ešat', učit'.

Относительно СМ для СИ Ф.Папп отмечает в Курсе... /стр. 345/, что при образовании страд.прич.прош.вр. СИ имеет место не для всех глаголов II спряжения: "увиденный, так же: заспанный и некоторые другие". Дело в том, что СИ должно иметь место перед суффиксом ⟨'on⟩ , следовательно, при глаголах с СФС инфинитива ⟨it'⟩.

Глаголы же II спряжения со СФС инфинитива ⟨at'⟩ или ⟨et'⟩ в большинстве своем либо являются непереходными, в результате чего они и не образуют страдательных причастий, либо образуют данное причастие посредством СФС ⟨an⟩ или ⟨en⟩ . Только три глагольные основы – обидеть, (от)сидеть и (на)вертеть – образуют страд. прич. прош. вр. с помощью СФС ⟨'on⟩. Сюда же примыкает единственный глагол I спряжения поколебать.

3.5. В результате введения в качестве дифференцирующего СФС и ФС {N} или {T} для страд.прич.прош.вр. нестандартные глаголы и впредь могут быть размещены в трех классах; рамки настоящей работы, однако, не позволяют проанализировать и эти типы глаголов.

4. Классификация русских глаголов по УО уже давно служит успешному преподаванию русского языка. Так же успешно она была использована и при машинном синтезе повелительного наклонения [4] . /Конечно, указанные выше недостатки списка СИ дали при этом о себе знать: машина выдавала форму isči , то есть применяла трансформацию по СИ ⟨k–č⟩ , а не по СИ ⟨sk–šč⟩ ; при синтезе повел. наклонения были обнаружены и другие недостатки, например, для глаголов стоять, бояться

по первоначальной программе машина образовала формы повел. наклонения stoji, bojis' вместо правильных форм stoj, bojs'a ; для глаголов же типа напоить, после внесения поправки в программу для глаголов стоять, бояться, машина образует неправильные формы napoj - правильно: napoji ; указанные недостатки программы для синтеза повелительного наклонения, однако, также выходят за рамки настоящей работы и связаны с ней только косвенно/. Предлагая в настоящей работе некоторые усовершенствования в классификации по УО, автор хотел бы способствовать еще более успешному использованию данной модели как в школьной практике, так и при машинном синтезе.

Таблица

УО	Класс	Образец	ФС СИ	{T'}		{L}		{N}		{T}		{Ɉ}	
				t'	At'	l	AL	n	An	t	At	j	ϕ
с конечн. гласным	I/а	I. име-ть	−	+	−	+	−			+	−	+	−
		2. пе-ть	+	+	−	+	−			+	−	+	−
		3. бри-ть	+	+	−	+	−			+	−	+	−
		4. кры-ть	+	+	−	+	−			+	−	+	−
		5. ду-ть	−	+	−	+	−			+	−	+	−
	I/б	I. чита-ть	−	+	−	+	−	+	−			+	−
		2. рисова-ть	+	+	−	+	−	+	−			+	−
		3. гни-ть	−	+	−	+	−	0	−			+	−
с конечн. согл.	II/а	I. крикн-уть	−	−	+	−	+			−	+	−	+
		2. кол-оть	+	−	+	−	+			−	+	−	+
	II/б	I. пис-ать	+	−	+	−	+	−	+			−	+
	II/в	I. молч-ать	+	−	+	−	+	−	+			−	+
		2. вид-еть	+	−	+	−	+	−	+			−	+
		3. говор-ить	+	−	+	−	+	−	+			−	+

Литература

[I] Ш.Яношка, К вопросу о месте непродуктивных глаголов в современном русском языке, Slavica III. (1963), 31-46.

[2] Jánoska Sándor, A magyar ige automatikus toldalékolásának egy modellje. Nyelvtudományi Értekezések 58. sz. (1967), 464-8.
См. ту же модель в работе под редакцией Ф.Паппа: A Magyar Nyelv Szóvégmutató Szótára, (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1968) 16-20 /на венгерском языке/ и 34-38 /на английском/.

[3] I/ Ф.Папп, Морфологическая система глагольных основ в современном русском литературном языке, Slavica II. (1962), 127-50;
2/ Ф.Папп, Классификация русских глаголов, Русский язык в школе №4 /I963/, 98-IOI;
3/ К.Болла, Э.Палл, Ф.Папп, Курс современного русского языка, Tankönyvkiadó, Budapest, 1968 342-63.

[4] Ф.Папп, Программа образования повелительного наклонения стандартных русских глаголов на ЭЦВМ, Slavica /I970, в печати/.

[5] В целях краткости изложения здесь будет рассмотрена только устная разновидность языка, а интересующиеся письменной разновидностью отсылаются к указанным работам Ф.Паппа, а также к работе Т.М.Николаевой, Классификация русских глаголов по количеству основ и их распределению по категориям, Структурно-Типологичес-

кие Исследования /Москва, I962/, 96-I02.

CATEGORIAL EXPRESSIONS OF THE N:TH POWER

by Hans Karlgren

Summary

In previous work, the KVAL group has designed efficient procedures for finding all solutions of a given categorial expression. These procedures are based on the assumption that denominators are single symbols; each cancellation operation then invariably concerns a pair of two single symbols, and the analysis may as a whole be described as a 1:1 assignment of denominators and numerators.

In the present paper, categorial expressions of the n:th power are defined. It is shown how any set C of categorial expressions with arbitrary denominators can be mapped into a set C' of n-power categorial expressions so that C' is equivalent to C in the sense that for each solution of any sequence u over C there exists a corresponding solution of the corresponding sequence u' so that we may solve u' and use the result to find all solutions of u.

With the aid of these concepts the conditions for parasite expression are defined in the terms of the power of the expressions.

Standard Categorial Expressions

Categorial calculus is a kind of algebraical grammar where the grammaticality and the grammatical type of a sequence of words is derived by simple algorithms from the grammatical class codes assigned to each word in the sequence. These class codes and the sequences of them are called categorial expressions. Categorial expressions are either single symbols or consist of numerator/s/ and denominator/s/, numerators and denominators being in turn categorial expressions.

The analysis of a categorial expression consists of consecutive cancellations of pairs of one numerator and one corresponding denominator, until the expression has been reduced to one of a set of categorial expressions which indicate sentence type. Cancellations can normally be performed in a large number of alternative ways. Each sequence of cancellation operations which reduces the expression to a type designation said to be a solution of the expression. An expression may have zero, one or more solutions. An expression with zero solutions is said to be ungrammatical.

In previous works, the KVAL group has designed efficient procedures for finding all solutions of a given categorial expression. These procedures are based on the assumption that denominators are single symbols; each cancellation then invariably operates on a pair of single symbols, and the analysis may as a whole be described as a 1:1 assignment of denominator and numerator atoms of one single symbol, or derived, i.e. consisting of sequences of expressions of the form

$$a/b$$
or
$$b\backslash a$$

where a and b are in turn categorial expressions.

There are two and only two rewriting rules, namely the following two cancellation rules:

$$a/b \quad b \longrightarrow a$$
$$b \quad b\backslash a \longrightarrow a$$

In general, to each word one out of several alternative expressions may be assigned; each string of words therefore represents a large number of categorial expressions. For practical purposes, the categorial calculus must therefore be extended so that it operates on sequences composed of vectors of categorial expressions and the selection of one element out of each vector the cancellation operations must be integrated into one efficient procedure, as suggested in, e.g., Categorial Expression Analyser KVAL Interim Reports No. 32. In our present paper, however, we need not be concerned with such complications since that extension is as easy and as difficult whether we use standard or n-power categorial expressions.

The restraint that denominators must be atomic may seem severe. We may justify it in three ways:

a) We may say as in "Slant Grammar Calculus" KVAL's Report to the International Conference on Computational Linguistics in Grenoble 1967, that no generality is lost since for any given categorial expression E containing a denominator $/b$ or $b\backslash$ where b is not an atom, we may replace the denominator $/b$ or $b\backslash$ by $/x$ or $x\backslash$, respectively, where x is an arbitrary atomic symbol which does not otherwise appear in E, if we at the same time exchange one of the occurrences of the subexpression b in E by x; since such a replacement is generally possible in many different ways, we will thus produce a family of expressions to be analyzed. If we proceed so for each non-atomic denominator in every expression, we will have produced a set of expressions with atomic denominators. Each of these expressions can be analyzed by our procedure, and the result may easily be interpreted as solutions of E. /If we use the vector notation mentioned, we replace E by one non-linear expression, E', where for each b in E we have inserted (b,x)/.

b) We can design the set of categorial expressions so that complex denominators need never occur. Thus, if the categorial expressions assigned to a word are derived from a phrase structure grammar over the language, no complex denominators need ever be introduced. As has been pointed out by Professor Kalmár in a discussion - this means a real restriction on the set of categorial expressions.

c) We can translate the categorial expression into an expression over a set of n-power atoms, apply our algorithm on the translation and translate the result back.

We shall now first define n-power expressions and a mapping of standard categorial expressions into them. We shall then show how the solutions of the translated expressions relate to the solutions of the original expressions.

N-power Categorial Expressions

By n-power categorial expressions we shall mean expressions of the form a^i where a is either one letter out of a given alphabet or a sequence of n-power categorial expressions and i is an arbitrary integer. For these expressions, the following cancellations rule applies

$$a^{i+1} \quad a^i \longrightarrow \emptyset$$

where Ø is the empty string. In this calculus, the distinction between numerators and denominators is no more relevant: a^i may be cancelled by a^{i+1} to the right or by a^{i-1} to the left.

We can derive an associate n-power expression from a standard categorial expression by applying the following rules:

$$
\begin{array}{lll}
a \longrightarrow a^0 & & \text{if a is a single letter} \\
/a \longrightarrow (a)^{+1} & \multirow{2}{*}{\Big\}} & \multirow{2}{*}{\text{if a is any n-power expression}} \\
a\backslash \longrightarrow (a)^{-1} & & \\
(a^i)^j \quad a^{i+j} & &
\end{array}
$$

An arbitrary n-power expression can be reduced to one with only atomic cancellands by applying the rule

$$
(a_1^{i_1}\ a_2^{i_2} \ldots a_n^{i_n})^j \rightarrow \begin{cases} a_1^{i_1+j}\ a_2^{i_2+j} \ldots a_n^{i_n+j} & \text{if j is an even number} \\ a_n^{i_n+j}\ a_{n-1}^{i_{n-1}+j} \ldots a_1 & \text{if j is an odd number} \end{cases}
$$

Examples:

$a/b \longrightarrow a^0 b^{+1}$

$a/(bc) \longrightarrow a^0 c^{+1} b^{+1}$

$c\ a/(b/(c\ d)) \longrightarrow e^{-1} a^0\ (c\ d)^{+2} b^{+1} \longrightarrow e^{-1} a^0 c^{+1} d^{+2}$

Here, the distinction between numerator and denominator is no longer adequate, since a^i except for maximum and minimum i can be cancelled by a preceding a^{i+1} as well as by a following a^{i-1}.

From the definitions it is clear that to every solution of the original expression there corresponds a solution of the translated expression in the following way. Let us define a solution of a categorial expression as a set of pairs $\{(\alpha, \beta)\}$ such that α and β are substrings which have cancelled during an analysis according to the cancellation rules and a remainder t such that t is a member of a given set T of type designations. For every solution $<\{(\alpha, \beta)\}, t>$ of an expression u there then exists a solution $<\{(\alpha', \beta')\}, t>$ of the translation u' of u such that t' is a translation of t and $\{(\alpha', \beta')\}$ can be divided into subsets $i\{(\alpha'_i, \beta'_i)\}$ such that $\alpha'_{i_1}\ \alpha'_{i_2}$ ... is a translation of α and $\beta_{i_1}\ \beta_{i_2}$ ... is a translation of β.

If u contains no denominator which in its turn contains a nominator, every solution of u' also corresponds to a solution of u, but in the general case u' may have solutions which correspond to no solution of u:
$a/(b/c)\ b/d\ \ d/c$ does not have the solution $<\{(/dd), (/(b/c)(b/c))\}, a>$

but $a^0c^2b^1b^0d^1d^0c^1$ does have the solution $<\{b^1b^0, d^1d^0, c^2c^1\}, a^0>$

and $a/(b\backslash b)$ has no solution unless it is in its entirety included in T whereas $a^0b^1b^0$ has the solution $<\{b^1b^0\}, a>$.

Given the solutions of u' it is very easy to produce the corresponding solutions, if any, of u. The algorithms based on atomic cancellands, then, are of general application, since any categorial expression may conveniently be translated into a suitable n-power expression with atomic cancellands and the results can be retranslated into solutions of the original expression.

Parasites

The translation into strings of atomic n-power expressions provides us also with useful criteria of parasitic expressions.

We say a string δ is a *prefix parasite* if $\delta\tau$ is ungrammatical for every continuation τ of the given string. Similarly, we say that δ is a *suffix parasite* if $\tau\sigma$ is always ungrammatical and that it is an *infix parasite* if no addition at either end can produce a string which is grammatical. Linguistically, a prefix parasite represents a sequence of words which is neither a sentence nor a beginning of one; a suffix parasite is neither a sentence nor a possible sentence end; an infix parasite is neither a sentence nor a fragment of any sentence, so whenever we find an infix parasite we need investigate no more to conclude that the string it appears in is no grammatical sentence.

It is clear that if no restrictions exist on the set C of expressions assigned to words, that is to the expressions given in the categorial lexicon, no parasites exist: for any expression σ may then be cancelled by the denominator $/\sigma$ or $\sigma\backslash$. But if we know the highest and lowest power of each letter in the lexicon C we can immediately say that

$\sigma = x^i \xi$ is a suffix parasite in relation to C

$\sigma = \xi y^j$ is a prefix parasite in relation to C

$\sigma = x^i \xi y^j$ is an infix parasite in relation to C

if σ is irreducible and if i is the highest power occurring with x and j the lowest power occurring with j in the whole lexicon.

NOTES CONCERNING THE LEXICALIST VERSUS TRANSFORMATIONALIST POSITION

by Ferenc Kiefer

In early works on transformational grammar it was assumed that syntactic transformations are the appropriate means to generate derived words and compounds (Chomsky 1957, Lees). The transformationalist position has been extended to quasi-productive derivational processes by Lakoff. The syntactic treatment (transformationalist position) has been critisized by Gruber and Chomsky 1968. The alternative position, the lexicalist position, claims that word formation should belong to the lexicon rather than to syntax in view of the abounding idiosynchrasies which characterize word formation. In my opinion, the transformationalist position overestimates the morphological, syntactic and semantic irregularities in word formation while the lexicalist position underestimates the regularities. It should be made clear that all the attempts which have been made so far to account for a larger portion of derivational processes aim at a description of word formation in **English**. **English** seems to be particularly complicated in this respect. One should, therefore, be cautios in drawing conclusions that affect the whole theory of grammar on the basis of data drawn from English. In this paper some arguments will be given which show that regularities are more common than assumed by the lexicalist position. It will also be made clear that there are certain problems in word formation which can only be accounted for in the lexicon. Data will be drawn from Swedish. It will be stipulated that the two positions can and should be reconciled. In view of the limited length of this paper I must be content to give the main lines of the arguments.

There are three suffixes in Swedish with the meaning "is possible to do": *-bar*, *-lig* and *-abel*/*-ibel*. These suffixes can be attached to transitive verbs and are in principle productive. It would be wrong, however, to attach all three suffixes to all transitive verbs and leave it at that. Traditional grammars of Swedish often observe that the difference between *-bar* and *-lig* seems to be a question of lexicalization. While the meanings of the adjectives in *-bar* can fully be accounted for by general rules, this is not always the case with respect to the derivatives in *-lig*. Also, *-abel/ -ibel* are not attachable to genuine Swedish (i.e. Scandinavian) words. Let us first turn to the question of the syntactic source of these suffixes. One possibility would be the following. We may observe that sentences with the auxiliary *kan* (can) and the passive morpheme (*s* or *bliva*) are paraphrases of sentences with copula + adjectives in *-bar*, *-lig* or *-abel/ -ibel*.

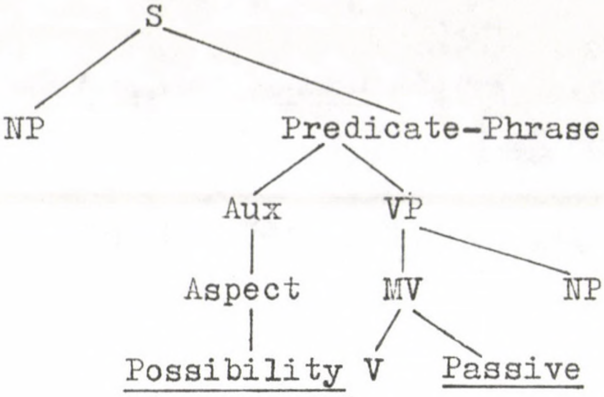
Consider

/1/ /a/
Det kan flyttas
Det kan delas
Det kan realiseras
Det kan säljas

/b/
Det är flyttbar
Det är delbar
Det är realiserbar
Det är säljbar

/1/ /a/ and /b/ may have the same underlying structure, for example, /2/:

/2/



where we have two possibilities: *Possibility* can be realized as *kan* and *Passive* as *s* or *bliva* /for simplicity's sake we neglect here the different conditions which determine the choice between these two passive morphemes/, alternatively, we may get for *Possibility*+*Passive* a derivational suffix *D* with the following characterization:

/3/

$$\begin{bmatrix} \text{D} \\ +\text{V} \\ +\text{Adj} \\ +\text{Possibility} \\ +\text{Passive} \end{bmatrix}$$

where the surface form of *D* will be determined by morphological rules. /3/ can be considered as a lexical entry for the suffixes *-bar*, *-lig* and *-abel*/*-ibel*. The rule which spells out *D* is a morphological rule. The choice between the possible suffixes is determined by phonological and morphological conditions.

/i/ We shall first discuss the suffix *-abel*/*-ibel*. This suffix can only be attached to verbs ending in *-era*. They are of foreign origin (Latin, Greek).

Consider:

/4/ *acceptabel*, *diskutabel*, *presentabel*, *rekommendabel*, *reparabel*

The suffix *-ibel* is a variant to *-abel*:

/5/ *disponibel*, *konvertibel*, *suggestibel*

Notice first that the distinction between the Latin *-are* and *-era* verbs has been neutralized in Swedish:

/6/

disputare	*disponere*
demonstrare	*discutere*
recommendare	*accipere*
transportare	*convertere*
	suggerere

The corresponding Swedisch verbs are:

disputera, *demonstrera*, *rekommendera*, *transportera*, *disponera*, *diskutera*, *acceptera*, *konvertera*, *suggerera*

Accordingly, the distinction between *-abel* and *-ibel* is also often uncertain in contemporary Swedish, some speakers would not be able to see a difference between, for example, *konvertibel* and *konvertabel*, *disponabel* and *disponibel*, though no Swedish speaker would say **reparibel*, **trafikibel*, **transportibel*. We have an interesting interplay here between morphological features of Latin and inherent phonological rules of Swedish. For simplicity's sake we may assume that the distinction between *-abel* and *-ibel* can be accounted for by an arbitrary morphological feature which Swedish inherited from Latin.

/ii/ More important, at least from our point of view, is the following observation. Verbs in _-era_ can generally take the suffix _-bar_ and they never take the suffix _-lig_. While _-abel_/_-ibel_ is added to the verb stem, the suffix _-bar_ is attached to the infinitive form after the deletion of the unstressed vowel ending _-a_, e.g.

/7/ _kontrollerbar_, _realiserbar_, _genererbar_, _demonstrerbar_

We may claim that alongside of /7/ we also have

/8/ _kontrollabel_, _realisabel_, _generabel_, _demonstrabel_

even if these forms are not attested in Swedish. No doubt, they are possible. In the same way as we do not use all the sentences which are possible in our language, we generally do not exploit all the possibilities provided by the rules of word formation operative in our language. Whenever the need arises we always may have recourse to these possible but not yet used forms. We may very well claim that for all _-era_ verbs the suffixes _-bar_ and _-abel_/_-ibel_ are mere variants of each other.

/iii/ The differences between the suffixes _-bar_ and _-lig_ are much more intricate. We can only take up a few points here. While the suffix _-bar_ seems to be fully productive this is not the case with _-lig_.
There are some phonological restrictions which block _-lig_.
Consider:

/9/	_skiljbar_	*_skiljlig_
	säljbar	*_säljlig_
	delbar	*_dellig_
	valbar	*_vallig_

These phonological restrictions can easily be formulated. The details need not concern us here. Another type of restrictions can be found in the following case. Verbs ending in consonant cluster C_1C_2 + unstressed a where C_2 is l or n neither -bar nor -lig is possible:

*odlbar *obllig
*växlbar *växllig
/10/ *utvecklbar *utveckllig
*intecknbar *intecknlig
*beräknbar *beräknlig

This seems to contradict to the statement made above about the productivity of -bar. Swedish has, however, a device to get rid of the unwanted consonant clusters. Instead of /10/ we have forms with -bar like:

odlingsbar växlingsbar
/11/ utvecklingsbar inteckningsbar
beräkningsbar

In other words, first a morphological rule must obligatorily apply which attaches -ing. The morpheme s is automatically inserted between -ing and another derivational suffix or stem morpheme. In the case of /11/ we thus have a phonologically conditioned morphological rule. The underlying verbs need not be marked as exceptions. With this qualification we may claim that the suffix -bar is fully productive. In addition, we may claim that the meanings of the adjectives in -bar can fully be accounted for by the structure /2/ plus the meanings of the stem morphemes. This is not the case with respect to -lig, however. The meanings of the adjectives in -lig are often partially lexicalized, i.e. only a portion of the meaning can be accounted for by /2/ plus the meanings of the stem morphemes. Very often the lexicalized meaning is entirely idiosynchratic. Compare ätbar and *ätlig* both meaning *edible* but *ätlig* has the additional meaning that the food is not poisonous. The difference between *böjbar* and *böjlig* /bend/ is that only the latter can be used in an abstract sense. Consider:

/12/ /a/ *böjbar metallplatta*
böjlig metallplatta
/b/ *böjligt sinne*
böjlig människa

One may stipulate that the lexicon should contain only derivatives which have lexicalized meaning. Perhaps all adjectives in *-bar* can thus be eliminated from the lexicon. For the lexicalized information /morphological, syntactic and semantic/we could claim that what we have in the lexicon is just the phonological matrix /for the purposes of identification/ and precisely this lexicalized information. We would thus have:

/13/
$$\begin{bmatrix} \underline{\text{ätlig}} \\ \langle \text{not} \\ \text{poisonous} \rangle \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} \underline{\text{böjlig}} \\ \langle \text{Abstract} \rangle \\ \end{bmatrix}$$

All other information can be provided by syntax: the fact that *-lig* is an adjectival suffix, and a large portion of the semantic material inherent in the stems /*ät* and *böj*/ and the suffix *-lig*. By taking this course, we can easily measure the grade of lexicalization. The more information is needed in the lexicon, the more lexicalized a derivative is. Furthermore, in the case of a clash between syntactically obtained information and lexical characterization, the latter overrides the former. Examples of this kind abound but we cannot go into details here.

It should be made clear that sometimes even lexicalized meaning can be accounted for by a general rule. Take, for example, the adjectives märklig, beklaglig, berömlig, älsklig which are synonymous with märkvärdig, beklagansvärd, berömvärd, älskvärd. In other words, we have en evaluation aspect here. Notice, however, that this is so only in case of certain verbs expressing emotion, judgement, etc. The evaluation aspect can perhaps be derived from the semantics of these verbs + -lig.

It seems to be safe to conclude that even -lig is productive, though there are quite a few restrictions imposed on the generation of -lig. If we are able to formulate these restrictions, however, then they should by no means be considered as a support for the lexicalist position.

This paper is part of a comprehensive work on the derivational morphology of Swedish.

Chomsky, N., Syntactic Structures, (Mouton and Co., The Hague, 1957).

Chomsky, N., Remarks on Nominalization, (M.I.T. manuscript, 1968).

Gruber, J., Function of the Lexicon in Formal Descriptive Grammars, (System Development Corporation, Santa Monica, 1967).

Lakoff, G., On the Nature of Syntactic Irregularity, (Harvard, 1965).

Lees, R., The Grammar of English Nominalizations, (Mouton and Co., The Hague, 1960).

TOPOLOGICAL MODELS
FOR
THE NOMINAL BASES IN HUNGARIAN

/Semantic and Formal Analysis/

by John Lotz

There are 14 nominal bases in Hungarian [1]. A few words have variations in certain forms, such as <u>bírók</u> ~ <u>bírák</u> 'judges' and <u>lakásotok</u> ~ <u>lakástok</u> 'your (pl.) apartment' (and for this reason it is not easy to define exactly how many members a Hungarian nominal paradigm has); there are also defective paradigms, such as <u>Apenninek</u> 'the Apennine mountains' which only occurs in the plural and <u>nyugton</u> 'at rest' which occurs only in a few suffixed forms. These cases, however, do not affect the problem of the nominal bases, because they give information (archaic, popular, stylistic, isolated) about the stem and not about the grammatical categories, which is our concern here.

The complete analysis of the nominal bases requires three components: 1. semantic analysis; 2. morphemic analysis; and 3. the analysis of the relationship between the two. For the sake of simplicity, as a point of departure let us start with the following paradigm in the nominative:

1.	*hajó*	'ship'	8.	*hajók*	'ships'
2.	*hajóm*	'my ship'	9.	*hajóim*	'my ships'
3.	*hajód*	'your (sg.) ship'	10.	***hajóid***	'your (sg.) ships'
4.	*hajója*	'his, her ship'	11.	*hajói*	'his, her ships'
5.	*hajónk*	'our ship'	12.	*hajóink*	'our ships'
6.	*hajótok*	'your (pl.) ship'	13.	*hajóitok*	'your (pl.) ships'
7.	*hajójuk*	'their ship'	14.	*hajóik*	'their ships'

I. The *semantic* analysis requires that we determine the general meaning of each form of the paradigm; determine all relationships among the elements; and list the meaning variations present in the elements [2]. In other words, a structural semantic analysis aims at a complete description of the relational network which exists among variative classes of a defined linguistic system.

a. First, let's oppose semantically the first and the second seven-element subsets: 1 - 7 versus 8 - 14. This opposition is characterized semantically in that the class on the right-hand side is used when two conditions are fulfilled: i. there are more than one of the items indicated by the stem; and ii. there is no numerical attribute, definite or indefinite, in the nominal phrase of which the noun is head, e.g., *hajó* 'ship', *öt hajó* 'five ships', *sok hajó* 'many ships' vs. *hajók* 'ships' (number unspecified). Therefore, in Hungarian we do not have a class which is characterized by plurality, as in the Indo-European languages, but another kind of set which I call <u>aggregate</u>. Of the two members of the opposition, the <u>aggregate</u> is the more specified (marked) member, the <u>non-aggregate</u> the more general, less circumscribed (unmarked) member [3]. The opposition will be symbolized by ——— .

Schematically:

FIGURE 1.

b. If we oppose elements number 1 and 8 with the six-member sets 2 - 7 and 9 - 14, we find that they are characterized by the opposition of a <u>relative</u> category (traditionally called possessive since the time of classical grammarians) and an <u>absolute</u> category. Of the two categories, the absolute is the unmarked, the relative (possessive) the marked member. The opposition will be symbolized by – – –.

Schematically:

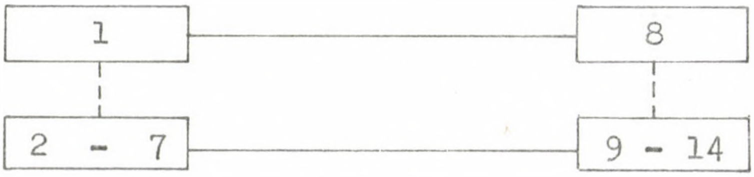


FIGURE 2.

(Of course, this oppositional structure characterizes only the underlying abstract system. To obtain a complete description we need to account for variation as well, such as the multiplicity of semantic references in such expressions as *apám képe* 'the picture of my father', *az apa szeretete* 'the love of the father', *Stockholm városa* 'the city of Stockholm', *Péter számára* 'for the sake of Péter' and *hat éve* 'six years since'. This is the reason we need descriptive material of traditional grammars in conjunction with a structural analysis.)

c. The analysis until now determines uniquely the position of forms 1 and 8, but in order to dissolve the two six-element sets we need further oppositions. These oppositions are the categories of person and number. If in the category of person, which includes 3 elements, one would stop without further analysis, the resulting structure would be a triangle merely reflecting differences among the 3 persons [4].

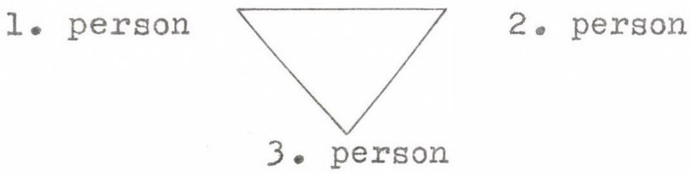


FIGURE 3.

It is our position, however, that the first and second persons form a subset in this triad against the third person which is characterized by certain similarities in the morphological structures, differences in object references in the verbal conjugation, exclusive **human-animate** references, etc. The semantic content of this opposition is that of actively involved participants in the speech event versus a not specifically indicated "person". Schematically, this will be symbolized by the following T-graph:

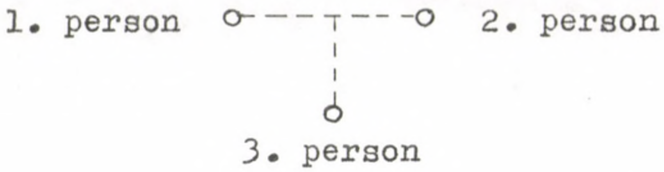


FIGURE 4.

The third person is heterogeneous. On the one hand it includes the personal pronoun *ő* 'he, she' or *ők* 'they' and the pronouns of non-intimate address (*ön*, *maga*, *kegyed*) which are associated with the first and second persons as referring to human-animate beings and, on the other hand, all nouns, animate and inanimate.

d. The category of person implies necessary information about the number of persons referred to. In the first and second persons there is a qualitative difference between *én* 'I' and *mi* 'we', and *te* 'you' (sg.) and *ti* 'you' (pl.).

mi 'we' = *én* 'I' + somebody else + ...

ti 'you' pl. = *te* 'you' sg. + somebody who cannot be I +...

In the third person, however, the situation is different:

ők 'they' = *ő* 'he/she' + somebody who cannot be I or you (sg.) ; therefore, it must be somebody in the third person 'he/she' (i.e., they = he/she + he/she + ...) .

Therefore, this pronoun corresponds formally to nouns as regards plural formation, e.g., *ő* ~ *ők* vs. *hajó* 'ship' ~ ~ *hajók* 'ships'.

In the third person numerical relations are ambivalent. There is an opposition between the pronominal forms ő (singular) and ők (plural), but ők occurs only in predicative syntactic constructions. Otherwise, in nominal relative (possessive) phrases only ő is used even when the referent possessor is plural in number; e.g., mennek 'they go' but az ő házuk 'their house'. Thus the third person is divided from the point of view of category of number; pronominal and verbal numerical relations are differentiated, but nominal relations are not. But in this latter case the number of the referent (possessor) must be designated in the relevant noun. As is general in non-predicative relationships in Hungarian the morpheme {K} is not repeated. So in this line by Petőfi, "Háza, földje, kertje mindene volt" 'He had house, land garden, everything' the nouns can only refer to a single possessor, since a plural possessor is not overtly expressed. In this case the single referent is the basic fundamental unmarked meaning, the plural is the marked specific meaning.

It is understandable in the framework of Hungarian why the relative (possessive) plurality in the case of pronouns is overtly expressed in the possessed, and in the case of nominal constructions on the possessor. In the pronominal construction the form with the possessive suffix is the basic form, and the pronominal attribute is an added, but not necessarily required, item. In such a non-obligatory situation, the {K} morpheme is not repeated in the pronoun. In nominal constructions on the other hand, the number of the referent (possessor) has to be marked under all circumstances and repetition of the morpheme {K} on the possessed is necessary.

E.g.;

falum 'my village' ~ *az én falum*;
háza 'his house' ~ *az ő háza*;
házuk 'their house'~ *az ő házuk*;

BUT

az ember háza 'the man's house';
az emberek háza 'the men's house'.

It is possible to identify the meaning of the two types of number category, the one referring to person and the other one to things. The plural aggregate refers in both cases to something added to the unit denoted in the singular. This addition is homogeneous in the third person, heterogeneous in the first and second persons. The common structure of person and number is as follows:

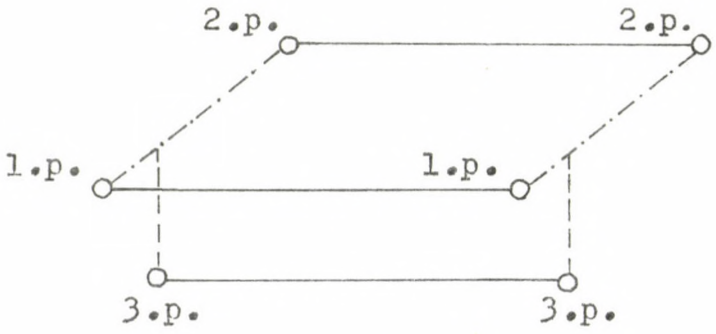


FIGURE 5.

e. Therefore, the semantic structure of the nominal bases can be expressed by a four-dimensional semantic graph, the components of which are: 1. the opposition of *number*, both in its nominal and pronominal reference; 2. the opposition of *reference* (possession). If the possessive relationship is positive, there are two additional oppositions: 3. the opposition of non-participant versus participant, opposing the third person to the first and second persons; 4. the opposition between speaker and intimately known addressee.

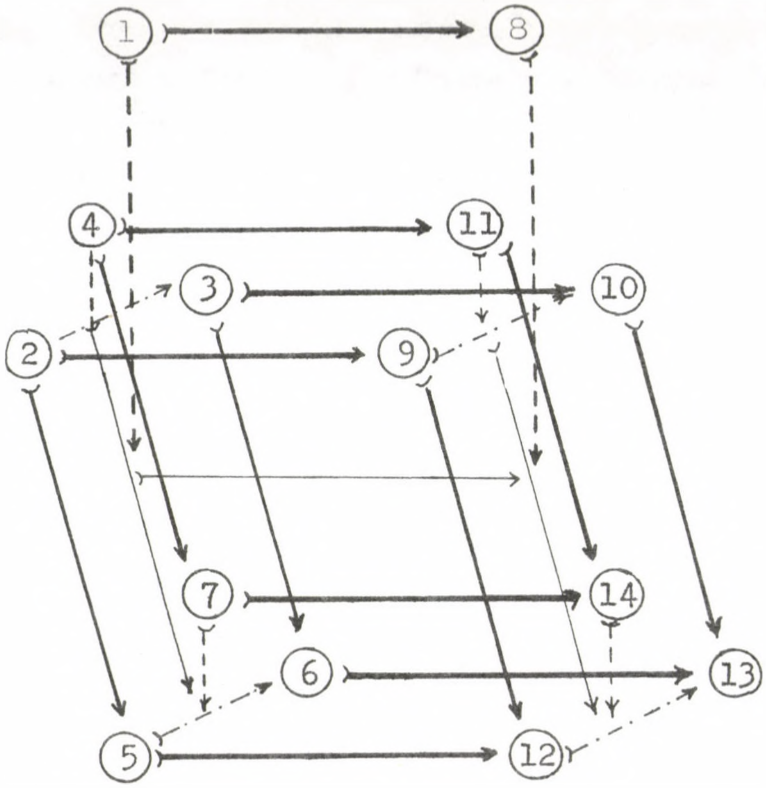
FIGURE 6.

For a graph depicting these oppositions see Figure 7, where the arrow goes from unmarked to marked, but this problem will otherwise not be touched upon here.

If we would not have distinguished these two oppositions and had stopped at an undifferentiated personal category, this opposition would have had three members, which could be depicted by a triangle. The basic personal module would be a topological three-sided prism. (Figure 6).

II. Let's turn to the formal analysis. As opposed to those opinions which are skeptical about the possibility of an exact cutting of morphemes in Hungarian, in my opinion the morphemes of the nominal bases in Hungarian can be delimited exactly. The morphemes are definable as the intersection of paradigmatic sets; for example hajónk 'our ship' is definable as the intersection of 1. hajó 'ship' and all the stems, 2. all the first persons, and 3. all the {K} morphemes.

Before the morphemes can be listed we have to decide whether the k in hajók 'ships' and the k in hajónk are identical or are to be distinguished. This problem can only be



Heavy line	primary relation
Medium line	secondary relation
Thin line	to make clear the junction to the prism

Arrow-notch ›—	initial term of a relation
Arrow-head ⟶	final term of a relation

————	(unbroken line)	R_1 = aggregation
— — — —	(dash line)	R_2 = dependence
- - - - - -	(hyphen line)	R_3 = participation
—·—·—·—	(dotted line)	R_4 = address

Heavy dot	an element of the paradigm
Number	order in the list at the beginning of the article

FIGURE 7.

solved with reference to semantic content, and illustrates why viewing language as a purely formal structure is not acceptable. The two "*k*" s are identifiable from the morphemic point of view. The {K} means that reference to the morpheme preceding this {K} occurs in the plural. If the preceding morpheme is part of the stem, then it is a reference to the plurality of the stem; if the preceding morpheme expresses personal reference, then this reference is to personal plurality, e.g., *hajók* 'many ships', *hajónk* 'our ship' (I + somebody + ...). If the preceding morpheme is referential in itself, as in the case of {I} the reference is personal, because here the third person is implied by a Ø morpheme, cf. *hajók* ~ *hajóik* 'their ships' [5]. (In the first case the plural reference is impersonal, referring to the stem; in the second case it refers to the plural third person.)

The inventory of morphemes in the nominal bases is the following (where / indicates alternations determined by vowel harmony; ± indicates that the personal plural {K} follows):

Morpheme		Alternants
1. Ø	⟷	Ø (Assumption of a Ø morpheme is necessary because the morphemes below are also possible in the same position and they are semantically distinguished.)

Morpheme			Alternants
2.	I	←→	j_i (after vowels) $a^{j}i/e^{j}i$ (after consonants) +(i) (after consonants, archaic, e.g., + *arany- i-m* 'my gold pieces'). (^{j} is a glide often occurring in colloquial speech.) (It might be noted that after stem final *i*, besides the regular form an alternant stem ending in *ij* is used by some, e.g., *kocsi-i* 'his cars' *kocsij-*$a^{j}i$.)
3.	M	←→	*m* (the general singular alternant) *ma*+*me*+ (the singular alternant before the accusative -*t*) -*n*+ (the alternant occurring before the plural -*k* after morphemes ending in a vowel) -*un*+/-*ün*+ (the alternant occurring before the plural -*k* after morphemes ending in a consonant)
4.	D	←→	*d* (the general singular alternant) da+/de+ (the alternant before the singular accusative) (*t*) + (the assimilated alternant before phonemically voicelles consonants, e.g., **házathoz** 'to your house' from *házad* 'your (sg.) house'). to+/te+/tö+ (alternant before the plural -*k*)

Morpheme		Alternants
5. U	←→	*a*/*e* (the general singular alternant in final position and also before a few suffixes, e.g., *falujabeli* 'from his village' (adj.), *falu-ja*'his/her village') *á*+/*é*+ (the general singular alternant before suffixes) *u*+/*ü*+ (the normal alternant before the plural -*k*) +/*o*+/*ö*+/ (the archaic alternant before the plural -*k*, e.g., + **házok** 'his house')
6. K	←→	*k* (the general alternant) *ka*+/*ke*+ (the alternant before the accusative -*t*) /*g*/+ (the assimilated alternant before phonemically voiced consonants, e.g., /*hāzagbɔn*/ 'in the houses' from *házak* 'houses'.)

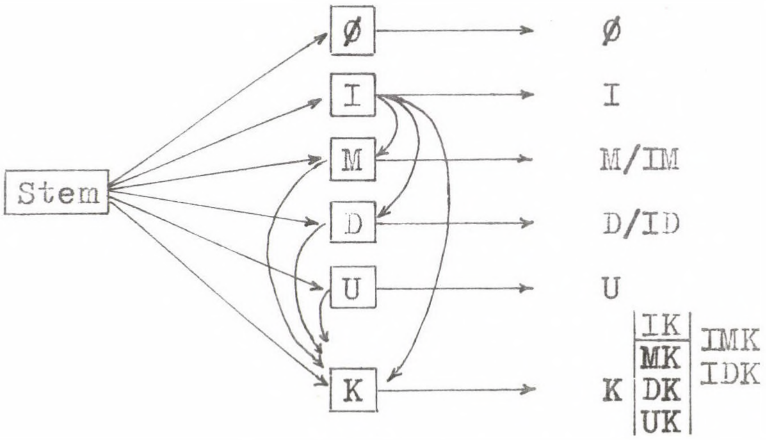


FIGURE 8.

The selection of the appropriate alternant, including the stem is connected with the structure of the syllable in respect to the relative distribution of vowels and consonants. Thus, for instance, before -*m* and -*d* we always have a vowel, before -*k* in general also a vowel, except in the case of the plural suffixes, -*nk*, -*unk*/*ünk*; likewise, before -*t*o/-*t*e/-*t*ö (but *lakástok* ~ *lakásotok* 'your dwelling' is in free variation). Before *a*/*e*, *á*/*é*, *u*/*ü* we always have consonants. In suffix alternation -*nk*, -*unk*/-*ünk* secures the consonant-vowel-consonant sequence, e.g., *ház-unk* 'our house', *fá-nk* 'our tree' [6]. The behaviour of {I} is similar, e.g., *ház-a*^{j}*i* 'his house', *fá-*^{j}*i* 'his tree'.

The combinative possibilities of these six morphemes are expressed in the following chart:

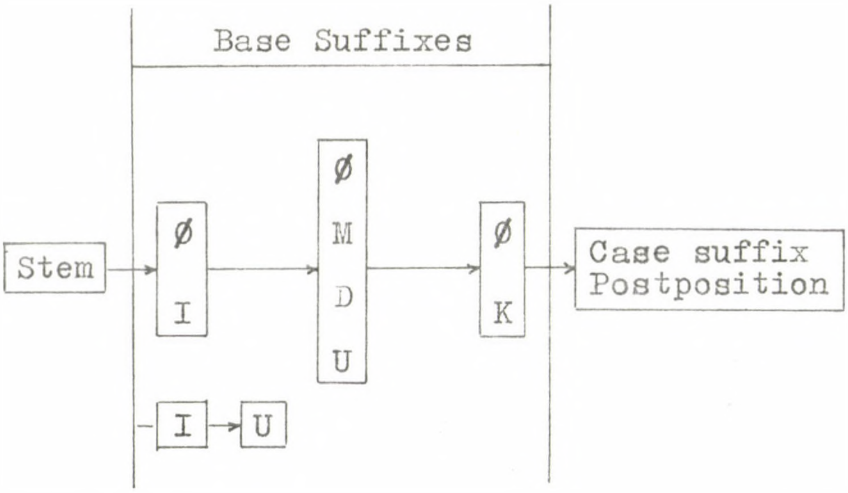


FIGURE 9.

Since the morphemes are distributed in the chain according to a definite sequence, this chart symbolizes more clearly the distribution of morphemes along the syntagmatic axis.

This chain implies 2 x 4 x 2 = 16 possibilities, whereas at the outset of this chapter we counted only 14 forms. Whence the difference? After the morpheme {I} the morpheme {U} does not occur, i.e., there is neither *_ia/ie_ nor *_iuk/iük_. Instead either _i_ or _ik_ occur, i.e., the third person is expressed by Ø if the relativity (possessivity) is already given. Therefore, we have to deduct 2 from the possible 16 to arrive at the 14 occurring cases by adding the following restrictive rule to the general scheme:

$$- \{I\} \longrightarrow \{U\}$$

where - symbolizes the non-permissible sequence. (The same phenomenon occurs with the suffix {E} where we have to deduct two analogous examples. Hence, in this case we have two less morphemes than in the nominal bases, i.e., there are 12 possessive pronouns.)

A non-redundant model which clearly indicates the permissible connections is as follows:

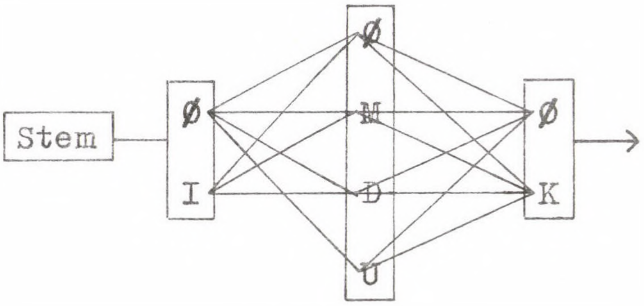


FIGURE 10.

In the discussion above we discarded a few proposed solutions, for example: the assignment of connectives; the omission of alternants with "J" (because in my opinion this "J" belongs to the stem); and the injection of metaphysical semantics by distinguishing two {K} morphemes.

Assuming two different {K} morphemes, the model would look as follows:

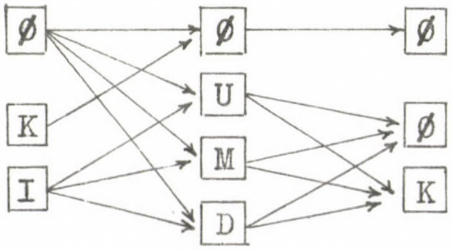


FIGURE 11.

However this model was rejected.

We discarded as well the global enumeration of morphemes and the binary generation of morphemes which might be required by a computer. The strict binary model would look as follows:

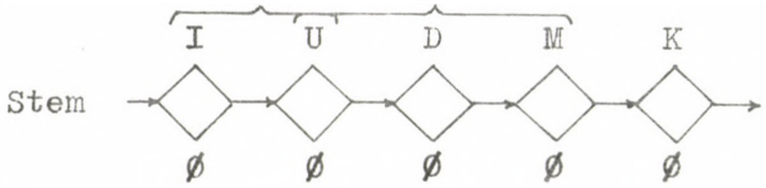
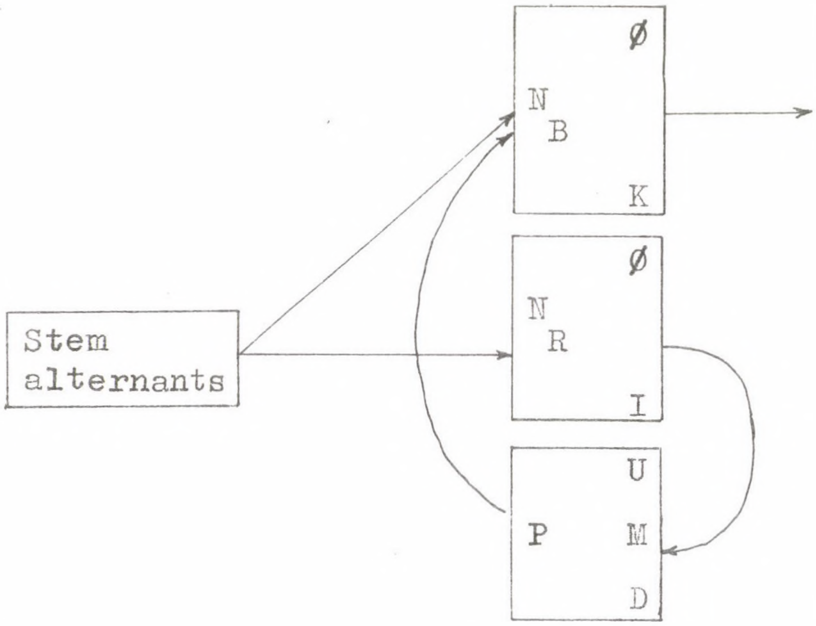


FIGURE 12.

The explicit morphemes in the braces are mutually exclusive and the order is arbitrary within them. Therefore, this model, which is essentially a binary computer model, is compatible with several linguistic interpretations, but does not indicate which arrangement is the linguistically correct one.

Another model would be one differentiating the relative and absolute input:



N_B indicates Plural

N_R indicates Relative

P indicates Personal

FIGURE 13.

An overt morphemic model would appear as follows:

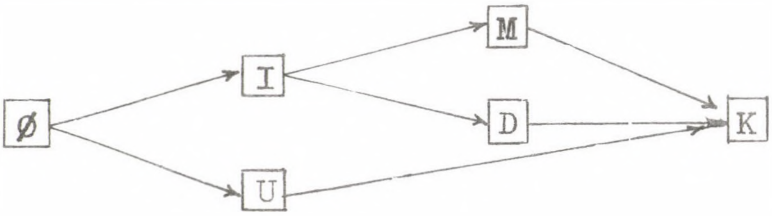


FIGURE 14.

Finally, we also reject the assumption that there is a special possessive morpheme, e.g., ház-a-m 'my house'. In my opinion in this last case there is a misunderstanding about the morphological mechanism of the Hungarian language.

házam,	házak,	házas,	házal	'house'
sasom,	sasok,	sasos,	*(sasol)	'eagle'
lovam,	lovak,	lovas,	loval	'horse'
művem,	művek,	műves,	művel	'opus'
ökröm,	ökrök,	ökrös,	*(ökröl)	'ox'

III. The third task is to harmonize the semantic and the formal structures expressed in Figures 7 and 9. Here we can pose three questions from the semantic point of view (of course, it would be just as possible to proceed from the formal point of view):

a. Is the reference indicated in the stem in relative plurality or not? If it occurs in relative plurality, then the {I} occurs, otherwise Ø.

b. What is the personal status of the reference? Here there are four possibilities: i. The reference is non-personal (absolute); then the suffix is {Ø}. ii. The reference is to the first person singular; then the morpheme is {M}. iii. Second person; {D}. iv. The reference is to the third person; in which case we have either {U}, or {Ø} if the preceding morpheme also includes personal reference as in the case of {I} or {É}. At this stage the numerical reference in most cases is already determined, except in the case of the Ø's, because there are special alternants for the singular and for the plural. For example, hajó-m 'my ship', hajó-n-k 'our ship' is already determined, whereas hajó 'ship' is not, because it could be followed by other morphemes, including ∅.

Here one could pose further questions as to whether or not it would be possible to substitute this structure by some other structure, e.g., by three successive branching off of a single element. Such an "off-branching" model (favored by de Groot) might be:

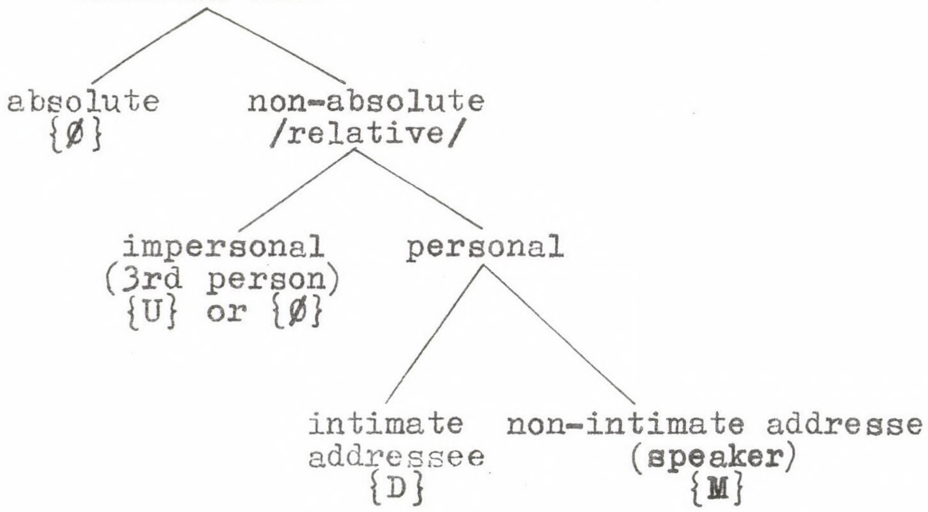


FIGURE 15.

In my opinion this model does not correspond to the linguistic data. Nor would it be satisfactory to operate with two binary oppositions. A maximally utilized binary model ($N = \log_z n$) would set up N = 2 oppositions among the n = 4 elements of the set, such as:

Absolute	Relative 3rd person
1st person	2nd person

FIGURE 16.

It would be difficult, however, to assign meaningful content to such binary oppositions and therefore this model is also rejected.

c. Is there a plural reference in relationship to the preceding morpheme? (This can refer to references expressed in the stem or to persons.) If the reference is to plurality, the {K} occurs, otherwise Ø.

The converse questions would be:

a. Is the first base morpheme {I}, or not (Ø) ?
    1. If yes, it is relative plurality with reference to the stem.
    2. If not, there is no relative plurality involved.

b. Is the following morpheme {M}, {D}, {U}, or {Ø}? If it is:
    1. {M}the reference is to the speaker (+possibly associated persons);
    2. {D}the reference is to the intimate addressee (+possibly associated persons);
    3. {U} the reference is to the third person with singular reference;
    4. {Ø} the reference is:
        α/ absolute, or
        β/ to the third person after {I} or {É} (complementary with {U}).

c. Is the final element {K}, or not?
    1. If {K}, then the preceding element is plural (associative aggregate); or
    2. If not, no plural reference is involved.

(The important and interesting factor in these questions is that they are not based on a simple schematism like the categories of number, relativity, and person, but on a set of semantic relationships which are intertwined in a much more complicated way, and are formally expressed with minimal redundancy in an elegant fashion.)

In conclusion we make a statement concerning grammatical models in general. A language is the projection of a timeless topological structure upon a well-ordered morphemic sequence. The road is passable in both directions - from meaning toward form and from form toward meaning. This mirrors the fact that we can both speak and understand speech.

Bibliography

[1] This paper is an expanded and revised version of "Egy nyelvtani modell: Két fejezet a magyar nyelvtanból (A Grammatical Model: Two Papers from the Grammar of Hungarian)", A Magyar Nyelvtudományi Társaság Kiadványai, Number 122, Budapest, 1968. Reprinted from Magyar Nyelv, Number 4, 1967.

[2] "Semantic Analysis of the Nominal Bases in Hungarian" in Recherches structurales, Volume V of Travaux du Cercle Linguistique de Copenhague, Copenhagen, 1949, 185-197.

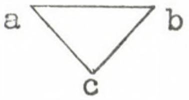
[3] "Marked" and "unmarked" are very important notions to indicate that usually there is an asymmetrical imbalance between two terms of an opposition. Difficulty arises when different kinds of asymmetries are not distinguished (general vs. restricted, frequent vs. rare, common vs. emphatic, etc.) and "marked" and "unmarked" are used as

unclear cover terms. ("Semantic Analysis of the Tenses in Hungarian", Lingua, Volume XI, 1962, p. 258.)

[4] For discussion and interpretation of the seven possibilities see the paper in Footnote 2 above:

1. Differentiation only:

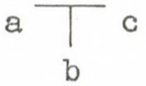
a, b, c



2. A pair against the third element:

α/ [a, b]c

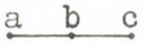
β/ [a, c]b



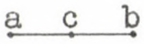
γ/ [b, c]a

3. Linear arrangements:

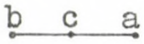
α/ a–b–c



β/ a–c–b



γ/ b–c–a



[5] The behavior of the pronominal suffix {É} that of ... is similar.

[6] The cluster -nk is the reflex of an Old Hungarian CVC sequence, -muk/-mük.

О НЕКОТОРЫХ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМАХ ПОРОЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЙ НУЛЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЯЗЫКОВ

А.Людсканов

Работа по проблемам машинного перевода /МП/, автоматического анализа и теории текстов, проводимая совместно сотрудниками группы "Машинный перевод и математическая лингвистика" МИ с ВЦ БАН и **Arbeitsgruppe für matematische und angewandte Linguistik and automatische Übersetzung**, ГАН, как и анализ современной теоретической литературы убедили автора в необходимости теоретической разработки проблемы нулевых элементов /Ø/ в естественных языках /L_x^N/.[I] Необходимость таких исследований становится еще более очевидной, если учесть, что несмотря на все ее значение как для прикладной, **computational**, так и для теоретической лингвистики и семиотики /как и для ряда других областей науки и практики, имеющих дело с естественными и искусственными языками - алгоритмическими, информационно-поисковыми - напр. [I] / проблема Ø, насколько мне известно, не была до сих пор предметом обобщенного анализа.

Объем настоящего изложения позволяет только скицировать некоторые принципиальные рассуждения в этой области, не имея, конечно, возможности привести ни соответствующий лингвистический материал, ни необходимые мотивировки.

I. Очевидно, что в первую очередь следует сформулировать отправное рабочее неформализованное общее определение понятия /концепта/ $\varnothing$, которое мы введем следующим образом.[2]

Пусть заданы две последовательности терминальных символов /поверхностные структуры двух предложений/ Z_1 и Z_2, принадлежащие соответственно языку L_i и языку L_j.

$$\begin{array}{l} Z_1 = \# \; a \;\; b \;\; c \;\; d \;\; e \;\; f \;\; g \;\; h \;\; \# \\ Z_2 = \# \; a_1 \;\; b_1 \underline{x} \;\; c_1 \;\; d_1 \; \underline{y} \; e_1 \;\; f_1 \;\; g_1 \underline{z} \; h_1 \;\; \# \end{array} \qquad /I/$$

Допустим теперь, что Z_2 является правильным переводом Z_1 на язык L_j и что Z_1 является правильным переводом Z_2 на язык L_i, т.е., что Z_2 является отражением Z_1 в L_j и наоборот /ср. напр. [3] /. Тогда, если рассматривать Z_2, сопоставляя его с его отражением в L_i /т.е. с Z_1 /, можно сказать, что $\underline{x}, \underline{y}$ и $\underline{z}$ представляют собой эксплицитно заданные на графемическом уровне Z_2 элементы, которые имеют пустые соответствия на уровне текста Z_1. И, наоборот, если рассматривать Z_1, сопоставляя его с его отражением в L_j /т.е. с Z_2 /, можно сказать, что в нем фигурируют $\varnothing$, которые имеют эксплицитно заданные на этом уровне соответствия в Z_2. Графически это можно представить так:

$$\begin{array}{llll|c|ll|c|lll|c|ll} Z_1 = & \# & a & b & \phi & c & d & \phi & e & f & g & \phi & h & \# \\ Z_2 = & \# & a_1 & b_1 & x & c_1 & d_1 & y & e_1 & f_1 & g_1 & z & h_1 & \# \end{array} \qquad /2/$$

Не трудно увидеть, что мы говорим про нулевой элемент при наличии отраженных пар типа $\boxed{\begin{matrix}\phi \\ x\end{matrix}}$, причем с содержательной и конструктивной точки зрения компоненты этих пар могут принадлежать любому уровню. Нетрудно также показать, что к констатациям такого же типа мы бы пришли взяв в качестве примера и сопоставление глубинной и поверхностной структуры данного Z_x в рамках одной и той же семиотической системы /конечно, учитывая проблемы дополнительной информации при линеаризации/.

На основании этого можно сказать, что нулевой элемент /Ø/ на данном уровне L_i является пустым соответствием, референт которого задан или на том же уровне некоторого другого языка L_x^y или на более глубинном уровне того же языка[3].

2. Исходя из этого содержательного определения Ø постараемся представить в общей форме проблему, которая ставится при любой алгоритмизации лингвистических процессов наличием таких элементов в естественных языках. Продолжая способ нашего графического представления /2/, возьмем пару $\boxed{\begin{matrix}\emptyset\\ x\end{matrix}}$, где Ø - нулевой элемент, а x - его референт; очевидно, что при анализе ее компонентов можно идти, так сказать, в двух направлениях: а/ от Z_1 к Z_2 /т.е. от x к Ø/ и б/ наоборот, от Z_2 к Z_1 /т.е. от Ø к x /. Рассмотрим эти две возможности:

а/ Примем сперва, что входным сообщением является Z_1 , например, предложение

this our friend is a very clever student

а переводящим - Z_2 , т.е. предложение

этот наш друг Ø очень способный студент

в котором Ø является пустым соответствием компонента x Z_1

/т.е. соответствием is /. Так как в данном примере мы идем от Z_1 к Z_2 , т.е. осуществляем $x \rightarrow \emptyset$, нетрудно установить, что $\emptyset$ предложения Z_2 , являющийся соответствием компонента x предложения Z_1 , несет ту же информацию, что и этот последний. Эта ситуация ясна сама по себе и не требует никаких комментариев, но при обратной гипотезе положение вещей коренным образом меняется.

б/ Если идти от Z_2 /которое теперь мы принимаем в качестве входного текста/, т.е. от предложения

 # этот наш друг очень способный студент #

к Z_1 , т.е. к предложению

#this our friend is a very clever student #

для того, чтобы использовать в нем x /т.е. is / в качестве соответствия /иными словами, осуществить $\emptyset \rightarrow x$ /, мы должны как-то узнать, во-первых, что в Z_2 есть $\emptyset$, и, во-вторых, установить, какую информацию несет этот нулевой элемент. Но так как $\emptyset$ именно в качестве нулевого элемента сам по себе не несет никакой определенной информации, то для того, чтобы быть в состоянии поставить ему в соответствие переводное соответствие x , мы должны предварительно найти какую-то другую систему отсчета или другой уровень, на котором бы существовало эксплицитно заданное средство, несущее ту информацию, которую имплицитно представляет $\emptyset$ и которую эксплицитно должно выразить его переводное соответствие x . Иными словами, проблема автоматической обработки нулевых элементов сводится в последнюю очередь к созданию процедуры идентификации их референтов и соответствующего синтезирования /распознавание и порождение/.

3. Если обобщить на основании их глубины существующие автоматические[4] процедуры анализа, которые позволяют и идентификацию референтов Ø, и представить себе эти процедуры в виде континуума, то в его начале следует расположить процедуры, основанные на контекстуальном лексико-морфологическом анализе в рамках рабочего предложения /условно их можно назвать "поверхностными"/, а на другом - процедуры, основанные на семантическом анализе и моделях перехода от лексической интерпретации к поверхностной и глубинной структурам /условно их можно назвать "глубинными"/. Поскольку, как это хорошо известно, поверхностные процедуры в их "чистом" виде /т.е. не основанные на селективной стратегии и трансформациях трудностей более глубинных уровней в трудности более поверхностных уровней - см. напр. [4] / кроме всего другого /ср. напр. [5]/ не в состоянии и идентифицировать референты Ø, которые находятся ниже их максимальной глубины, а глубинные процедуры - в принципе представляющие идеал[5] - не могут быть реализованы до тех пор, пока мы не будем иметь действенных семантических моделей и систем множественного семантического порождения /см. напр. [6]/, перед теорией и практикой МП и вообще автоматической обработки данных, заданных в форме L_i^N, ставится проблема критериев и соображений выбора оптимальной точки континуума /или при вертикальном представлении[5] высоты уровня/, в которой следует организовать обработку Ø. Эти критерии и сам выбор обуславливаются целым рядом факторов - например, основы стратегии, "алгоритмический" или эвристический подход /см. напр. [7]/, специфика привлекаемых языков и их соотношений, логическая основа моделей, цели системы и пр. Само собой разумеется, что здесь мы не в состоянии их анализировать и отметим лишь следующие общие соображения.

Как уже отмечалось, с практической точки зрения очевидно, что обработка Ø ЭВМ сводится к тому, что она в последнюю очередь должна порождать их соответствия. Но выполнение этой задачи предполагает, что она должна быть в состоянии в каждом данном случае "узнать" что и когда надо порождать. Иными словами, машина должна быть в состоянии накопить необходимую для этого информацию $[I/T_n/]$ и, следовательно, весь вопрос сводится к тому, как и где организовать этот процесс накопления. С логической точки зрения отметим следующие возможности:

А.I. Можно стремиться организовать алгоритм так, чтобы информация, необходимая для обработки Ø, накапливалась специальной схемой;

А.2. Наоборот, можно стремиться организовать алгоритм так, чтобы эта информация накапливалась общими анализирующими и/или синтезирующими правилами, без обособления специальной схемы.

Б.I. Необходимую информацию можно накапливать в ходе анализа;

Б.2. Эту информацию можно накапливать в ходе синтеза;

Б.3. Можно стремиться комбинировать эти два пути.

В.I. Стремиться /настолько, насколько это возможно/ накапливать необходимую для обработки Ø информацию поверхностными процедурами;

В.2. Наоборот, стремиться накапливать эту информацию глубинными процедурами;

В.3. Комбинировать эти две возможности.

Выбор между всеми этими возможностями /или их комбинированием/ зависит в последнюю очередь от общей стратегии - тотальной или селективной /см. [4]/, на которой строится система. Кроме этого выбор возможностей Б и В обуславливается решением альтернативы А.I или А.2, в отношении которой следует сформулировать следующее существенное положение: специальная схема для обработки Ø необходима только тогда, когда алгоритм основывается на моделях анализа, проводящегося на более поверхностных уровнях, чем самые глубокие уровни, которым могут принадлежать референты этих нулевых элементов; и наоборот, специальная схема для обработки Ø не необходима тогда, когда глубина анализа совпадает с максимальной глубиной, на которой находятся референты этих элементов.

Исходя из нашей селективной стратегии и того обстоятельства, что референты одних из самых "важных" /конечно, при оценке этой "значимости" следует исходить и из квантитативных соображений/ нулевых элементов находятся на семантическом уровне, который еще невозможно моделировать в его целости, мы приходим к выводу, что /наряду с интенсификацией семантических исследований/ автоматическая обработка данных, сформулированных на естественных языках, предполагает создание специальных схем для обработки Ø, находящихся между синтаксическим и семантическим уровнями и основанных на трансформации уровней трудностей и выборочных семантических идентификаторах.

Замечания

I. Подробное изложение этих исследований дается в находящейся в печати работе автора "Към въпроса за "нулевите елементи" при машинния превод и автоматичната обработка на естествените езици", Известия МИ БАН, 1970 г., а также в подготавливаемой к печати коллективной работе болгарских и немецких коллег, в которой описывается прошедшая машинную реализацию схема синхронного порождения в немецком и болгарском языках лексико-семантических и синтаксических соответствий русских структур с тире.

2. Это определение основывается на общем понимании лингвистического механизма переводящей операции $L_i^N \rightarrow L_j^N$ в качестве совокупности между - и внутри - семиотических трансформаций и соответствующих определениях необходимой и наличной переводной информации $[I/T_n/$ и $I/T_d/]$, мотивированных в [2], а также на известных теоретико-множественных определениях.

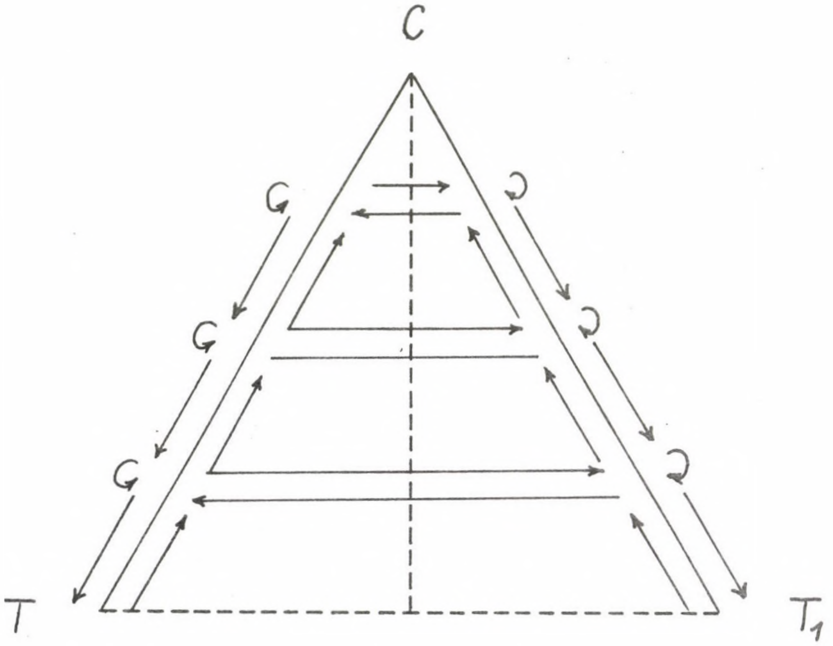
3. В связи с этим определением следует оговорить по крайней мере две вещи: во-первых, его относительность - наличие $\varnothing$ в данном L_i зависит не столько от его собственных свойств, сколько от соотношения с некоторым другим языком, и, во-вторых, что оно дедуцировано на основе анализа лишь разрозненных предложений; такой подход обусловлен тем фактом, что несмотря на ведущиеся в этой области исследования, мы в настоящее время не в состоянии моделировать широкий контекстуальный анализ /напр. в границах абзаца/. Очевидно, что, если мы снимем это ограничение, в определении бы следовало отразить и ситуацию, при которой референт $\varnothing$ задан на том же уровне того же языка, но вне рамок рабочего предложения.

4. Здесь учитываются лишь автоматические процедуры иденти-

фикации. При осуществлении переводящей операции $L_i^N \rightarrow L_j^N$ человеком обработка $\emptyset$ происходит почти неосознано для него, так как его анализ основывается и на содержательной стороне, широком контексте и привлечении внелингвистических данных. Кроме того существуют все основания полагать /ср. напр. [8]/, что при извлечении информации, которую несет входное сообщение, человеческий анализ не протекает по канонической схеме, идущей от лексики к грамматике /морфологии и синтаксису/ и затем к смыслу, а точно наоборот: в результате своего знания действительности, отраженной в сообщении, и жизненного опыта, человек непосредственно улавливает основной смысл сообщения посредством некоторых семантических "фулькрумов" и затем развертывает его, прибегая к морфологии и синтаксису лишь при наличии затруднений.

5 . Напомним, что идеальная схема, по которой должна осуществляться любая автоматическая обработка данных, заданных в форме естественных языков, идет от текста к смыслу и от него к новому тексту: Т - С - $Т_I$. Если расположить Т и $Т_I$ с двух концов основания равнобедренного треугольника, то уровень смысла будет находиться на его вершине, а медиана бедер представляет расстояние от текста до смысла. Поскольку в результате специфики естественных языков /и обусловленных ими трудностей/, а также недостаточности наших знаний в отношении механизма языка, мы не в состоянии в настоящее время моделировать непосредственно весь этот процесс, то его разбивают на отдельные уровни и представляют взаимосвязанными моделями. При этом, очевидно, что, чем ниже точка перехода между двумя языками, анализирующие и синтезирующие модели в плоскости только одного языка будут проще, а модели перехода от одного языка к другому - сложнее, и наоборот. Вся проблема и сводится к установлению рациональной точки пересечения.

Графически это можно представить так /см. [9]/.



Литература

[I] M.Coyand, Introduction a l'étude des languages documentaires, TA documents I. (Librairie C. Klincksieck, Paris, 1966).
См. также А.И.Михайлов и др., Основы информатики, / II изд., Москва, I968 /.

[2] А.Людсканов, Превеждат човекът и машината, /Наука и изкуство, София, I968/.
См. также Une définition générale des transformations inter- et intrasémiotique, Language y Ciencias Nr.32. (Universidad de Trujillo, Peru, 1969).

[3] С.Я.Фитиалов, О моделировании синтаксиса в структурной лингвистике, сб. Проблемы структурной лингвистики, /Москва, I962/.
См. также И.И.Ревзин, Метод моделирования и типологии славянских языков, /Москва, I967/.

[4] А.Людсканов, Уровни языковой структуры и проблема оптимальности стратегии при МП, Труды Симпозиума "Машперевод - 67", Будапешт.
См. также Is the Generally Accepted Strategy Used in Machine Translation Optimal? Mechanical Translation /I970, в печати/.
См. также О некоторых лингвистических и математических проблемах автоматической обработки информации, заданной в форме естественных языков, Журнал БАН /I970, в печати/.

[5] Ю.А.Шрейдер, Машинный перевод - иллюзия или реальность, Труды Симпозиума "Машперевод - 67", Будапешт.
См. также Д.Варга, Стратегия при машинном переводе, Труды Симпозиума "Машперевод - 67", Будапешт.
См. также доклад ALPAC (Automatic Language Processing Advisory Committee, publ. 1416, National Academy of Science, Washington D.C., 1966).

[6] А.К.Жолковский, И.А.Мельчук, О семантическом синтезе, Проблемы кибернетики вып.I9 /Москва, I967/.
См. также A.Dugas & al., Le projet de traduction automatique a l'Université de Montréal, COLING Preprints (Stockholm, 1969).
См. также B.Vauquois & al., Une notation des textes hors des contraintes morphologiques et syntaxiques de l'expression, COLING Preprints (Stockholm, 1969).

[7] P.Garvin, The Place of Heuristics in the Fulcrum Approach to Machine Translation, Lingua vol. 21. (1968).

[8] А.Е.Кибрик, Семантическая проблематика гетерологического кодирования, сб. Теоретические проблемы прикладной лингвистики, /МГУ, I965/.

[9] B.Vauquois, A Survey of Formal Grammars and Algorythms for Recognition and Transformation in Mechanical Translation, IFIP Congress Preprint (1968).

THE MATHEMATICAL METAPHOR

by Solomon Marcus

Professor László Kalmár is the first author who has defined in a rigorous way the notion of a language - natural or **artificial** - with all its phonetic, morphologic, syntactic and semantic components. (See, for instance, his paper "Le langage comme structure algébrique", Cahiers de linguistique théorique et appliquée, vol. 4, 1967, p. 73-82.) He has systematically developed the idea that the study of natural languages must be closely corellated with the study of artificial languages. We dedicate in the honour to his work and personality this short paper, in which we try to describe some features of the mathematical language which are very similar to some well-known phenomena in natural languages: the metaphoric transfers.

The mathematical language is a mixture of a natural language and a symbolic language.

The natural component of the mathematical language uses three types of words:

1) Words which exist in the usual language and are used in mathematics with the same meaning or function as in the usual language. Most of the pronouns, articles, adverbs, prepositions and conjunctions are in this situation. Words as between, it, more, than, now, at, they, with, in, and, the have, in all or in almost all contexts in which they occur, the same meaning and function as in the usual language. Another class of words which are of this type concern especially that part of a mathematical text which is devoted to some comments of the mathematical developments, or to some considerations of a preliminary character. For instance, after the presentation of Riemann integral and before to present the Lebesgue integral we can make the following considerations: "We have seen, in the preceding chapter, that many usual functions exist which are not integrable in the Riemann sense. Now we shall introduce a notion of integral which permits to integrate a larger class of functions". Here, most of the words are used with their meaning in the usual language. But we must remark that the above text is not in fact a mathematical text, but a paramathematical text, it is only a comment of a mathematical text.

2) Words which do not exist in the usual language, such as meromorphic, homomorphism, holomorphic.

It is easy to see that a word may be of type 2 today, but of type 1 tomorrow. The word logarithm was of type 2 several centuries ago, but now it is of type 1. In the same situations are such words as polygon, perimeter and most of the words used in elementary mathematics.

3) Words which exist in both the usual language and the mathematical language, but the mathematical meaning is different from the usual one. Most of the words used in the mathematical terminology are of this type and we shall classify them in three subtypes:

3a) Words whose mathematical meaning is very near to the usual one, the former being the mathematical model of the latter: frontier (of a set), union (of two sets), distance (between two points).

3b) Words whose mathematical meaning is not so near to the usual one, though these two meanings have an essential feature in common: sieve, filter, connected. Between the usual meanings of sieve and its mathematical meaning, introduced by Luzin in the theory of analytical sets, there exists, obviously, some similarity, because in both cases we are concerned with an object which permits a sorting of the elements of a set, it permits to choose some elements in a set. But this feature is not enough to say that the 'Luzin sieve' is the mathematical model of the object usually called sieve.

3c) Words whose mathematical meaning has no essential feature in common with their usual meaning: analytic, open, closed, perfect (for sets). Between perfect in the usual sense and perfect in the topological sense there exists no common essential feature. The same is true when perfect is used to design an entire number which is the sum of its positive **divisors**. Similar situations have the words open and closed.

Obviously, the above classification is not the most rigorous possible and a word may belong today to some type or subtype and it may pass tomorrow to another type or subtype. But the above discussion shows the different situation of mathematical words with respect to the usual language.

Words of subtype 3a recall the relation between an intuitive notion and its mathematical model or translation. The **vagueness** of the relation between the mathematical meaning of the words of subtype 3c and their usual meaning does not permit to establish some connection between them. The most interesting are the words of subtype 3b. Here, we are concerned with a metaphoric transfer, with an analogy which is not strong enough to furnish a model, but it is enough to generate a metaphor. This is a mathematical metaphor. It puts some problems concerning its particularities with respect to the linguistic metaphor (which exists at the level of the entire usual language; a typical example is the leg of the table) and the poetic metaphor (which is a singular one, due to a determined author and to a determined context and used in aesthetical aims).

α) As the linguistic metaphor, the mathematical metaphor has a general and a conventional character. It belongs to the entire mathematical language exactly in the same manner in which the linguistic metaphor belongs to the entire usual language. An expression such as the filter of the neighborhoods of a point does not belong to the individual style of some mathematician. Similarly, a linguistic metaphor such as the hands of the watch does not belong to some individual style; it belongs to the general use of the everyday language. The use of both mathematical and linguistic metaphor is imposed to everybody who is concerned with the considered notion. By this feature, both mathematical and linguistic metaphors are different from the poetical metaphor, which is purely individual, non-conventional, and facultative. The mathematical metaphor is thus conventional, transitive and general, it fulfils a function of communication, whereas the poetical metaphor is non-conventional, reflexive and singular, it serves to exprime something.

β) The poetical metaphor is often in opposition with a non-expressive term, with respect to which it shows its expressivity. When in his poem "Le chat" Baudelaire uses the syntagm "aimable bête", this is a metaphor which shows its expressivity in contrast with the non-expressive term "le chat". The mathematical metaphor, similarly to the linguistic metaphor, needs no opposite term, because it fulfils no expressive function, it has a communicative function only.

γ) The opposition expressive - non-expressive on which the poetical metaphor is based is in fact the opposition between the connotative and the denotative use of a word. The poetical metaphor is always connotative, the non-expressive term which is supposed by the poetical metaphor is always denotative. We use here the terms "denotative" and "connotative" in the sense considered by Tzvetan Todorov (Littérature et signification, Éditions Larousse, Paris, 1967). The denotative function of an object is its basic, initial function, whereas all other functions are connotative. When we use the umbrella against the rain, this is its denotative function; but if we use the umbrella against a cat, this is one of its connotative functions. As the linguistic metaphor, the mathematical metaphor is purely denotative. The denotative character of the mathematical metaphor is clearer than the denotative character of the linguistic metaphor; the former is given in a very rigorous manner by its mathematical definition, whereas the latter is given by a definition in the usual dictionary, definition which often has a circular character and does not clearly separate the basic meaning of a word from its secondary meanings. Thus no contradiction exists between the purely denotative character of mathematical language and its capacity to allow and to stimulate metaphoric expressions.

δ) The mathematical metaphor is submitted to the transparent nature of every denotative language, it has no value in itself, it is only a tool and not an aim, it may always be replaced by another term, if no practical inconvenience exists, because the mathematical language possesses an infinite synonymy. The linguistic metaphor possesses only partly this property, because in the usual language the synonymy is relative and more dependent of the context. The poetical metaphor has no transparence, it is not a tool, but an aim, it admits no synonymy.

ϵ) All the above properties of the mathematical metaphor are more or less common with the linguistic metaphor. But there exists an aspect which gives an essential difference between these two types of metaphors. In the case of the mathematical metaphor, the metaphoric transfer is directed from an intuitive, usual meaning to a rigorous, mathematical meaning; thus, it has a heterogeneous, mixed character. In contrast with this situation, the linguistic metaphor is based on a transfer in the interior of the usual language, here both the initial and the final meaning belong to the usual language; thus, the linguistic metaphor is not heterogeneous. From this point of view, the mathematical metaphor is similar to the poetical metaphor, which is heterogeneous too, because it is based on an analogy between a term belonging to the usual, denotative language and a term belonging to the poetical, connotative language. But the heterogeneous character of the mathematical metaphor is more clear, because the usual language has no rigorous characterization, it is in fact a mixture of elements belonging to the poetic language and elements belonging to the scientific language.

The considerations developed here allow to call the mathematical metaphor whose origin is in the subtype 3b the exterior mathematical metaphor. But we can define the interior mathematical metaphor, which is based on the analogy between two notions which are both mathematical. Let us consider the notion of a series, well-known in the mathematical analysis. We encounter the same word in the algebraic theory of languages, where the formal expression of a series

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n x_n$$

is associated to a grammar G on the terminal vocabulary V, where $x_1, x_2, \ldots, x_n, \ldots$ are all the strings on the vocabulary V, whereas a_n is the entire number with the property that G generates the string x_n in a_n kinds. In other words, the considered series informs us on the degree of ambiguity with which G generates the various strings. The difference between this concept of series and that belonging to the classical mathematical analysis is an essential one. But their formal analogy allows a metaphoric transfer, which leads to the use of the term series in the study of languages. The mathematical metaphor obtained in this way possesses all the properties of the exterior mathematical metaphor presented above under the points α, β, γ and δ and, from this point of view, it is similar to the linguistic metaphor and it is opposed to the poetical metaphor. But, in contrast with the exterior mathematical metaphor, this new type of mathematical metaphor does not possess the heterogeneous character described under the point ϵ , it is based on the analogy between two terms belonging to the same language, the mathematical language. This is the reason for which we call this new type of mathematical metaphor the interior mathematical metaphor; it has the same homogeneous structure as the linguistic metaphor and thus it is nearer to the linguistic metaphor than the exterior mathematical metaphor.

It must be remarked that sometimes the same mathematical term may denote both an interior and an exterior mathematical metaphor. For instance, the above discussed mathematical term <u>series</u>, considered with respect to the corresponding word of the usual language, is an exterior mathematical metaphor.

Almost all generalizations of mathematical notions lead to interior mathematical metaphors. Starting with a mathematical notion A_0 denoted by the term $\propto$, a generalization of A_0, denoted by the same term $\propto$, leads to a interior mathematical metaphor, which corresponds to a new mathematical notion A_1. If we introduce a further notion A_2, which generalizes the notion A_1 and is denoted by the same term α , then we obtain a new interior mathematical metaphor, which may be considered a metaphor of the second order. Further generalizations may lead to interior mathematical metaphors of higher orders. An interior mathematical metaphor exists with respect to some mathematical theory. More abstract is this theory, more higher is the order of the corresponding interior mathematical metaphor. More general, we can say that the interior mathematical metaphor is the result of some analogy between two mathematical notions which are denoted by the same word.

λ) The poetical metaphor obligatory evokes, recalls the initial, usual meaning of the term by which it is denoted. Without this evocation we cannot have a poetical metaphor, because the poetical meaning exists only in opposition to the usual, non-expressive, denotative meaning. The mathematical (interior or exterior) metaphor possesses a similar property, but its aim is different.

The exterior mathematical metaphor obligatory recalls the initial, intuitive, non-mathematical meaning of the term by which it is denoted, because only in this case it accomplishes its function of showing the analogy which leads to the introduction of the considered mathematical term. The interior mathematical metaphor obligatory recalls the starting meaning of the term, because only in this case it points out the analogy or the generalization which leads to this metaphor. Completely different is the situation of the linguistic metaphor, where we must not remind the initial meaning of the term and sometimes it is necessary to forget it. The forgetting is the ground of the linguistic metaphor, whose main rôle is to help the constitutive process of the words.

Both the interior and the exterior mathematical metaphors belong to the natural component of the mathematical language. But we encounter some metaphors in the artifical component of the mathematical language too. When we use the sign - to denote the operation of difference between sets, this is a metaphor with respect to the basic use of this sign, as difference between numbers. When we use the sign × to denote the Cartesian product between two sets, this is a metaphor with respect to the basic use of this sign, as product between two numbers. We shall call this type of metaphor <u>graphical mathematical metaphor</u>. It is easy to see that the graphical mathematical metaphor possesses all the above properties of the interior mathematical metaphor.

But there are some phenomena which keep all the properties of a graphical methapor, but which introduce some modification in the form of the considered sign. The notion of an empty set is similar to the number 0, but the symbol of the former is not exactly that of the latter. In the same situation are $\cup$ with respect to $\vee$, $\cap$ with respect to $\wedge$. In mathematical analysis, the symbol $\int$ of the integral is a deformation of the letter S. In all these cases, we can speak of graphical semi-metaphors. There exist probably exterior mathematical semi-metaphors and interior mathematical semi-metaphors too, but we shall not investigate here this possibility.

We shall now summarize the results obtained. There are two kinds of mathematical metaphors: natural and artificial metaphors. The natural mathematical metaphors are of two types: interior and exterior. The interior mathematical metaphors are the result of some analogies or generalizations concerning a mathematical notion. The exterior mathematical metaphors proceed from the words of subtype 3b and are the result of some analogies between a mathematical and a non-mathematical notion. The artificial mathematical metaphors are called graphical metaphors; they are represented by mathematical symbols and are similar, in all their properties, to the interior mathematical metaphors. Many mathematical symbols lead to graphical semi-metaphors. Some of the results obtained are shown in the following table, where we introduce some new distinctions.

Linguistic metaphors	Interior mathematical metaphors	Graphical metaphors	Exterior mathematical metaphors	Poetical metaphors
+	+	+	+	−
−	−	−	−	+
0	−	−	−	+
+	+	+	+	−
+	+	+	−	−
−	+	+	+	+

In the first line we put + if the metaphor is general and conventional and - otherwise. In the second line we put + if the metaphoric function is fulfilled in opposition to a non-expressive term and - otherwise. In the third line we put + if the metaphoric term has a connotative function, we put - if the metaphoric term has a denotative function and we put 0 if the metaphoric term is neuter with respect to the opposition denotative-connotative. Considering the linguistic metaphor as neuter with respect to the opposition denotative-connotative, we want to point out the fact that the mathematical language only is of a purely denotative nature, determined by its definitions and conventions, whereas the usual language hesitates between the denotative and the connotative function of the words. In the fourth line we put + if the metaphor is transparent and - if the metaphor is opaque. In the fifth line we put + if the metaphor is homogeneous (i.e., both terms we consider the analogy between belong to the same language) and we put - if the metaphor is heterogeneous. In the sixth line we put + if the metaphor obligatory evokes the initial meaning of the term by which it is denoted and we put - otherwise.

We can see that the mathematical metaphor has an intermediate position between the linguistic metaphor and the poetical metaphor. Expecially interior and graphical metaphors are very near to linguistic metaphors. But we have found no criteria to distinguish between interior mathematical metaphor and graphical metaphor. This remains a task for a further investigation. It would be also interesting to study thoroughly the various possible orders of **an** interior mathematical metaphor and of a graphical metaphor and to put all these notions and facts in an axiomatic-deductive form.

SUR LA POSSIBILITE DE MODELER LE FINI PAR L'INFINI

par Gr.C. Moisil

Some times it is appropriate to consider a real machine as "a finite approximation of an idealised machine containing an infinity of details" dit M.L. Kalmár dans sa Conférence faite en 1959 au Symposium de Varsovie sur les méthodes infinites [1].

Je vais donner ci-dessous quelques exemples pour soutenir cette thèse.

I.

Les automates à relais temporisés

Considérons un relais R ; il a un certain temps d'enclanchement τ_R, tel que si le courant commence à passer par le bobinage du relais R à l'instant t, ses contacts de fermeture seront fermés à l'instant t + τ_R.

Soient τ_R et τ_T les temps d'enclanchement des relais R et T. Si τ_T est très grand par rapport à τ_R, par exemple si $\tau_T : \tau_R = 1000$, alors préciser que $\tau_T : \tau_R = 1000$ ou 999 ou 1001, etc. n'a pas de sens physique, dès qu'on admet des erreurs de 1 $^o/oo$, 999 = 1000 = 1001.

Supposons qu'on veuille décrire le fonctionnement d'un pareil circuit. Voici une pareil le description.

Les relais R et T sont en repos (état S_o).

En appuyant sur le bouton-poussoir le relais R est excité et l'automate commence son évolution séquentielle; appelons

$$S_1, S_2, \ldots, S_n, \ldots \qquad (1)$$

les états de l'automate. Supposons que dans tous ces états le courant passe par le bobinage du relais temporisé, donc que dans l'état S_{1ooo} le relais T est excité.

La remarque faite ci-dessus montre que parmi les propositions

à l'état S_{1ooo} le relais T est excité (2')
à l'état S_{999} le relais T est excité (2")
à l'état S_{1oo1} le relais T est excité (2"')

on ne peut pas choisir celle qui est vraie. Ce qui est vrai c'est que

après un temps très long le relais T est enclanché (3)
à l'état S_n le relais T est excité (4)
n étant très grand (5)

Dans un livre publié en 1959 [2] nous avons essayé de donner la description du fonctionnement des circuits à relais ordinaires et temporisés en laissant l'indice "n" indéterminé. Dans un travail plus récent [3] nous avons procédé d'une manière différente.

Introduisons l'état S_ω , ω étant le premier nombre ordinal transfini; nous interpretons la proposition (3) de la manière suivante:

$$\text{a l'état } S_\omega \text{ le relais T est excité} \tag{6}$$

aux instants suivants l'automate passe par les états

$$S_\omega,\ S_{\omega+1},\ S_{\omega+2}, \ldots, S_{\omega+n}, \ldots \tag{7}$$

Supposons que le désenclanchement du relais T demande aussi un temps trè long par rapport à τ_R. Dans ce cas, si le courant ne passe pas par le bobinage du relais T aux instants où l'automate se trouve dans les états (7) la proposition

après un temps très long, le relais T est desenclanché

se traduite par

lorsque l'automate se trouve dans l'état $S_{\omega x2}$ le relais T est désenclanché.

On voit que les suites (1), (7) se prolongent et que l'automate se trouve dans les états (non différents)

$$S_o,\ S_1, \ldots, S_n, \ldots, S\ ,\ S_{+1}, \ldots, S_{x2},\ S_{x2+1}, \ldots$$
$$\ldots S_{xn+r}, \ldots \tag{8}$$

donc dans des états formant une suite bien ordonnée d'un type ordinal $\xi < \omega^2$.

II.

Les automates à relais à plusieurs temporisations

La description du fonctionnement séquentiel des automates à relais temporisés de plusieurs espèces, tels que par exemple, $\tau_T : \tau_R$ sont très grand et $\tau_S : \tau_T$ soit très grand aussi, n'a rien d'inacoutumé; il sufit d'introduire, en dehors des relais ordinaires et temporisés - à temps d'enclanchement $\tau_T = 15$ minutes, des actions hebdomadaire, donc à temps d'enclanchement $\tau_S : \tau_T = 700$.

Dans ce cas si S_{ω^2} est l'état ququel on arrive après une semaine, la description du fonctionnement introduit une échelle d'intervales temporels comptés par les nombres ordinaux $\xi < \omega^3$.

III.

Remarques sur le temps et sur le principe du determinisme

La variable temps prend, dans les descriptions des phénomènes physiques, des valeurs formant un ensemble linéairement ordonné, semblable à l'ensemble des nombres réels.

Il n'en est plus de même dans la théorie des automates finis séquentiels, dans laquelle les états dépendent d'un indice n qui est un nombre naturel, par les équations connus

$$S_{n+1} = F(K_n, S_n) \qquad (9)$$

où K_n est l'éntrée dans le n-ème intervale temporel. De sorte que le temps dans la théorie des automates finis est une variable qui prend comme valeurs des nombres naturels.

Le fait que l'état actuel ne determine pas l'état antérieur montre bien qu'il faut avoir un premier instant: c'est l'instant quand l'automate a été instalé.

Mais les remarques qui précèdent montrent que le temps dans la théorie des automates séquentiels à différents élément temporisés est une variable qui prend pour valeurs les nombres ordinaux $\xi < \omega^{\omega}$.

Nous avons fait la remarque [4] que le principe du determinisme a, dans la théorie des automates finis ordinaires une structure différente de celle qu'il a dans la mécanique classique. En effet l'équation (9), si on connait la suite des entrées

$$K_o, K_1, \ldots$$

et l'état initial S_o, permet de prévoir tout l'avenir, c'est-à-dire déterminer la suite d'états

$$S_1, \ldots, S_n, \ldots$$

L'équation (7) n'est pas, en général, résoluble par rapport à S_n, il peut y avoir plusieurs états S_n : S_n', S_n'', ... tels que

$$F(K_n, S_n') = F(K_n, S_n'' = \ldots$$

donc tels qu'ils conduise au même état S_{n+1}.

On voit que la structure de l'irreversibilité du temps dans la théorie des automates abstraits est différente de celle de la thermodynamique classique.

IV.

Les paradoxes du chauve et du tas de blé

Les paradoxes du chauve et du tas de blé montrent que l'idée commune du "tas" ne peut pas être modélée dans les cadres des ensembles finis, quoique, il est evident, qu'un tas de blé est un ensemble fini de grains de blé.

Toutefois le deux caractéristiques du tas:

1. Si d'un tas on extrait un grain, ce-qu'il en reste forme un tas;

2. si à ce qui ne forme pas un tas on ajoute un grain, ce qui en resulte ne forme pas un tas
montrent que un tas est un ensemble infini.

C'est modelant les tas par des ensembles infinis qu'on arrive à une théorie adéquate de ce qu'on entend par le mot "tas" [5].

V.

Les quanteurs stochastiques

Nous avons été conduit à modeler les quantificateurs [5], [6]

la plupart de x
il y a beaucoup de x

et à montrer que les universelle stochastiques

A : la plupart des S sont des P .
I : beaucoup de S sont des P,

et leurs négations

O : beaucoup de S ne sont pas des S
E : très peu de S sont des S

engendrent une syllogistique identique à la syllogistique non modale d'Aristote.

Par contre la logique des relations pour ces quanteurs n'est pas identique à la logique classique des relations. En particulier, tandis que pour les quanteurs clasiques, le quanteur classique

pour tout couple $\langle x,y \rangle$

peut être construit à l'aide des quanteurs monodiques

pour tout x, pour tout y

ce qui équivaut à

pour tout y, pour tout x

le quanteur stochastique

pour la plupart des couples $\langle x,y \rangle$

n'équivaut pas à

pour la plupart des x, pour la plupart des y...

(qui n'équivaut pas à

pour la plupart des y, pour la plupart des x...)

Les modèles du quanteur stochastique

la plupart des x...

mentionnés par nous dans les mémoires [5] et [6] sont:

pour tout x sauf peut-être un nombre fini,
pour tout x sauf peut-être un ensemble dénombrable,
pour tout x sauf peut-être un ensemble de mesure nulle,
la limite du rapport du nombre des cas favorables
au nombre des cas possible est 1.

En géneral on peut modeler ce quanteurs par

tous les x sauf ceux d'un ensemble négligeable

où les ensembles négligeables sont ceux d'un idéal de l'algèbre de Boole considérée; nous avons donné, en dehors des cas cités ci-dessus, les exemples suivants:

les ensembles ayant une puissance moindre ou égale à un cardinal donné;

les ensembles clairsemés;
les ensembles de première categorie;
les ensembles qui jouissent de la propriété de Baire.

Ces quanteurs ont été étudiés profondément les derniers temps [7] - [14].

Bibliographie

[1] L.Kalmár, *A practical infinistic computer*, Infinistic methods, Proceedings of the Symposium on Foundations of Mathematics, Warsaw, 2-9 September 1959 (Pergamon Press et Panstowe Wygawnictwo Naukowe, Warszawa, 1961).

[2] Gr.C.Moisil, *Teoria algebrică a mecanismelor automate*, (Editura Tehnică, Bucuresti, 1959). [Translated into Russian, Czech, and English.]
Гр. Моисия, *Алгебраическая теория дискретных устройств*
/Издательство Иностранной литературы, Москва, I963/.
Gr.C.Moisil, *Algebraická teorie automatic*, (Nakladatelstwi Československé Akademie véd, Praha, 1964).
Gr.C.Moisil, *The algebraic theory of switching curcuits*, (Pergamon Press et Editura Tehnică, Bucuresti, 1969).

[3] Gr.C.Moisil, *The use of transfinite ordinal numbers in the theory of finite automata*, Preprints of the Institute for Mathematics of the Academy of the Rumanian Socialist Republic and the Computing Center of the University of Bucharest.

[4] Gr.C.Moisil, *Sur le principe du déterminisme*, in: *Études d'histoire et de philosophie des sciences*, (publiées par l'Académie de la République Populaire Roumaine, 1961).

[5] Gr.C.Moisil, La statistique et la logique du concept, Revista de Filosofie n 3. (Bucarest, 1937).

[6] Gr.C.Moisil, Recherches sur le syllogisme, Annales Scientifiques de l' Université de Jassy XXV (1939), 341-384.

[7] A.Mostowski, On a generalization of quantifiers, Fundamenta Mathematicae XLIV (1957).

[8] G.Fuhrken, On generalized quantifiers, Notices of Amer. Math. Soc. IX (1962), p. 132. [abstract]

[9] G.Fuhrken, A Skolem-type normal form for languages with a generalized quantifier, ibid., 320-321. [abstract]

[10] G.Fuhrken and R.L.Vaught, Non-characterizability of the ordering of the natural numbers, ibid., p. 321. [abstract]

[11] G.Fuhrken, Countable first-order languages with a generalized quantifier, Journal of Symbolic Logic XXVII (1962), 479-480. [abstract]

[12] G.Fuhrken, Skolem-type normal forms for first-order languages with a generalized quantifier, Fundamenta Mathematicae LIV (1969), p. 291.

[13] R.L.Vaught, The completeness of logic with added quantifier "There are uncountably many", Journal of Symbolic Logic XXVII (1962), p. 482. [abstract]

[14] R.L.Vaught, The completeness of logic with an added quantifier "There are uncountably many", Fundamenta Mathematicae (LIV) 1964 , p. 303.

PSYCHOLOGICAL REALITY AND TOP-TO-BOTTOM REWRITING RULES

by János Kristóf Nyíri

In choosing a particular mathematical model for the construction of a theory of language, one to a great extent determines both the range of phenomena describable in that theory and the range of interpretations applicable to them. By aiming at some particular interpretation one thus necessarily excludes the introduction of certain mathematical representations, while determining constraints for the possible ones. Thus when a linguist states that "the fundamental fact that must be faced in any investigation of language and linguistic behaviour is the following: a native speaker of a language has the ability to comprehend an immense number of sentences that he has never previously heard" [1a], and adds that "in any interesting system there is no bound on sentence length" [1b], he hereby implies that a mathematical model adequate for his purposes will necessarily be one that generates out of a finite set of elements a more extensive, indeed <u>infinite</u> set, and thus necessarily employs some kind of recursive rules; the exact character of the rules is of course not yet specified by these principles which are, by the way, even themselves very much subject to doubt. It is true, for example, that no upper limit on the length of a sentence will be "natural" in the sense of being the lowest upper limit, but this does not alter the fact that an arbitrary limit can easily be specified - no loss in the explanatory power of a grammar will result if we limit its scope to sentences no longer than, say, 450 words. Again, many sentences differ from each other only in some grammatically trivial sense, while others - "clichés", "idioms", etc. - are practically used in a constant form, so that one in the end may wonder whether there is any non-trivial sense in which the set of possible sentences in a natural language is infinite, and, accordingly, whether there has not been too strong an emphasis laid on the recursivity of the rules of grammar.

In what follows, I shall not, however, further pursue the question concerning the validity of these basic assumptions. Instead, I would like to draw attention to an important problem of interpretation which arises within the general framework of Chomskyan grammar, and to indicate, very briefly, some formal restrictions that must be observed if the question of interpretation is decided in one way rather than the other.

In his book Aspects of the Theory of Syntax Chomsky developes an approach to the theory of language which - though not unique - is certainly rare in contemporary thought. The approach is mentalistic, i.e. it does not restrict discussion to the analysis of manifest linguistic events, but permits and even encourages mention of a mental reality underlying the former. We must realize - argues Chomsky - that "the mentalist ... need make no assumptions about the possible physiological basis for the mental reality that he studies. In particular, he need not deny that there is such a basis. One would guess, rather, that it is mentalistic studies that will ultimately be of greatest value for the investigation of neurophysiological mechanisms, since they alone are concerned with determining abstractly the properties that such mechanisms must exhibit and the functions they must perform." [1]. - This approach is not without precedents in modern philosophy of language. Even Wittgenstein, to whom the linguistic - in the sense of counter-mentalistic - turn is attributed, emphasized in a letter written to Russell in 1919 that "a thought ... must have such constituents which correspond to the words of Language". And although in our Rylean days this mentalistic streak in the early Wittgenstein is seldom noted, attepmts to treat problems in epistemology and the philosophy of language in such a way as to utilize the notion of such a correspondence are not entirely absent [2]. This approach, then, takes an adequate theory of language - the theory describing the abstract structure of language - to be a powerful tool in psychological and neurophysiological investigations, by providing general contraints on these empirical theories. It is quite natural that such a theory will also have important implications for the philosophy of language.

Not every theory of language is, however, adequate for mentalistic purposes, and it is not a simple problem to determine, even in a very abstract way, the requirements for such a theory. Paul Kiparsky recently gave a lucid formulation of the questions involved. "Suppose that someone succeeds in writing a grammar which - Kiparsky writes - correctly enumerates the sentences of a language and assigns them the right structural descriptions. Such a grammar would ipso facto correctly represent the substance of a fluent speaker's knowledge of this language. But it would not necessarily represent the form of this knowledge in the sense of actually corresponding to the system of rules which is internalized by the speaker and constitutes part of what enables him to produce and understand arbitrary utterances in the language. Similarly, the knowledge of someone who has learned arithmetic, that is, the infinite set of correct arithmetical computations, could be defined by many different systems of rules, including both psychologically incorrect ones, such as certain axioms of set theory, computer programs, and so on, and the psychologically correct one, namely whatever knowledge is actually used in arithmetical performance, such as the rules of school arithmetic and the multiplication table. How do we know that generative grammar is not psychologically as wrong a model of linguistic competence as set theory is of arithmetical competence?" [3].

We do have, however, certain general ideas about what can and what can not go on "in the mind" - and even if some of these ideas are wrong, it is not probable that they are all wrong. A theory of language, in order to permit mentalistic extrapolations, must satisfy - beside obvious empirical requirements - some prior requirements postulated by common sense, science and the philosophy of language. Let us, for the time being, refer to such a theory of language as adequate$_2$, while calling adequate$_1$ those theories of language which - though being empirically successful - essentially use theoretical constructs the reality of which can not, plausibly, be maintained.

This distinction reflects the familiar distinction between instrumental and non-instrumental scientific theories. (It should not be confused with the distinction between instrumentalist and realist *theories of science* - the former holding that *all* theories are mere instruments, the latter opposing this view. The classification of scientific theories into instrumental and noninstrumental ones obviously presupposes a realist conception in the theory of science.) Instrumental theories - or theories as *mere* instruments - are useful for handling a limited domain of phenomena, but are not considered as describing how things *really* are; on the other hand, non-instrumental theories - theories in the full sense of the word - do really *describe* the world. A sharp boundary between these two types of theories can, of course, not be drawn, but clear cases of a theory belonging to this rather than to that type can easily be presented. Geocentric astronomy as used by sailors and surveyors today is an instrumental theory; the kinetic theory of gases, postulating the existence of molecules, is a non-instrumental one.

Now Chomsky's theory of language - recent mentalistic pretensions notwithstanding - is instrumental beyond all doubt. "The fundamental aim in the linguistic analysis of a language *L* - we read in *Syntactic Structures* - is to separate the *grammatical* sequences which are the sentences of *L* from the *ungrammatical* sequences which are not sentences of *L* and to study the structure of the grammatical sequences. The grammar of *L* will thus be a device that generates all of the grammatical sequences of *L* and none of the ungrammatical ones. One way to test the adequacy of a grammar proposed for *L* is to determine whether or not the sequences that it generates are actually grammatical, i.e. acceptable to a native speaker, etc." [4]. This test of adequacy, however, will not yet provide a final criterion, for there can always be an indefinite number of different scientific theories satisfying a finite corpus of data [5]. How to choose among them? Here is where explicit heuristic considerations from related disciplines - or even the philosophy of language - ought to come in, that is if we strive for a theory of language which is adequate$_2$, i.e., a theory which is not a mere instrument. Instead of such considerations we are given the notions of *generality* and *simplicity* - we must choose a *general* theory which is, taken as a whole, the most *simple.* (These notions, which always played an important part in instrumentalist theories of science, here strongly show Quine's influence, which, by the way, makes itself felt at other crucial places too, e.g. in Chomsky's early treatment of semantics.)

More importantly, forgetting now about the indirect evidence presented by Chomsky's methodological conceptions, the grammatical theory itself makes a non-instrumental interpretation quite impossible. Nothing "in the mind" could possibly correspond to many of the theoretical constructs and laws employed here. The status of major categories, top-to-bottom rewriting rules, etc., can be only an instrumental one. At times Chomsky seems to realize this. In *Aspects* he writes: "I see no plausibility at all to the assumption that the speaker must uniformly select sentence type, then determine subcategories, etc., finally, at the last stage, deciding what he is going to talk about; or that the hearer should invariably make all higher-level decisions before doing any lower-level analysis." [6]. At the same time, throughout the whole book, he keeps drawing conclusions about the nature of language-acquisition, etc., the conclusions being based on his theory of grammar. This inconsistency is very much present also in Katz's *Philosophy of Language* [7].

Now with all this I do not want to suggest that instrumental theories of language may not or should not be constructed. As a first step, the construction of even such a theory may provide useful information about the structure of language. It is even possible that by trying to extend an instrumental theory to cover phenomena hitherto unexplained by it, this theory will, in certain respects, develop into a non-instrumental one. But it should always be absolutely clear what the intended status of the theory under construction precisely is, and the considerations relevant to it as well as the possible conclusions must be selected accordingly. In particular, the generative rules of the grammar, if purporting to characterize - however abstractly - real psychological processes, i.e. to be subject to a mentalistic interpretation, must loose their essentially "vertical" character, and generate the sentence not from an abstract entity symbolized by "S", but rather from those parts of the sentence which can plausibly be said to have some psychological priority: i.e. from something like Chomsky's "selectionally dominant" phrase (cf. Aspects, p. 116), or from something corresponding to the "Topic" of the surface structure, etc. I believe that attempts in this direction would - beside making a non-instrumental interpretation of the theory possible - yield results concerning the strictly instrumental powers of the theory, too.

Notes

[1] N.Chomsky, *Aspects of the Theory of Syntax*,(M.I.T., Cambr. Mass., 1965), p. 193.

[1a] N.Chomsky-G.A.Miller, *Introduction to the Formal Analysis of Natural Languages*, in: R.D. Luce, R.Bush and E. Galanter (eds.) , *Handbook of Mathematical Psychology* Vol. II (Wiley, New York, 1963) , p. 271.

[1b] *ibid.*, p. 283.

[2] Most notably in the work of Wilfrid Sellars. See esp. his "Notes on Intentionality", *The Journal of Philosophy* 61 (1964) , reprinted in *Philosophical Perspectives* (Springfield, 1967) , and Chapter 3 of his *Science and Metaphysics* (London, 1968) .

[3] *Linguistic Universals and Linguistic Change*, in: E.Bach and R.T. Harms (eds.) , *Universals in Linguistic Theory* (Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1968) , p.171.

[4] N.Chomsky, *Syntactic Structures* (Mouton & Co., The Hague, 1957) , p. 13.

[5] As Chomsky points out, "a grammar of the language L is essentially a theory of L. Any scientific theory is based on a finite number of observations, and it seeks to relate the observed phenomena and to predict new phenomena by constructing general laws in terms

of hypothetical constructs such as (in physics, for example) "mass" and "electron". Similarly, a grammar of English is based on a finite corpus of utterances (observations), and it will contain certain grammatical rules (laws) stated in terms of the particular phonemes, phrases, etc., of English (hypothetical constructs)." (ibid., p. 49.) - "A linguistic description is a scientific theory in a quite straightforward sense." (J.J.Katz, The Philosophy of Language, Harper & Row, New York, 1966, p. 105.)

[6] Aspects of the Theory of Syntax, p. 197.

[7] Although Katz is clearly acquainted with the fact that difficulties can indeed arise in this area. - "Among the problems in linguistic theory - he wrote on p. 19 of The Structure of Language (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1964) - some are only particularizations of classical problems in the philosophy of science. Thus, when we finc linguists asking whether such constructs as phoneme, morpheme, noun phrase, and others correspond to any psychological reality or whether they are best considered mere classificatory conventions, we recognize a special case of the philosophical problem about the reality of the theoretical entities postulated in scientific theories." The extent to which Katz, in his own work, neglects the question so well indicated here, is astonishing.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ЛИНГВИСТИКА И ОБРАЗОВАНИЕ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ-СЛОВЕСНИКОВ

Ф.Папп

На самом деле - нет двух культур, или, по крайней мере, естественно-математическая и филологическая культура очень близки друг к другу /ср.,напр.,[I],[2]/. Есть живые носители обеих культур или обеих сторон единой культуры - немало нас таких как в Венгрии, так и за ее пределами, которые в связи с этим прежде всего подумали бы о Л.Кальмаре. Но все же таких людей еще мало, во всяком случае меньше требуемого современностью. Поэтому мы всячески стараемся привить некоторые элементы математического мышления студентам-словесникам как в ходе регулярных и общеобязательных филологических курсов, так и в ходе спецкурсов. Ниже мы остановимся на некоторых частных вопросах нашего подхода.

При этом мы ограничимся примерами только из вычислительной лингвистики. Дело в том, что границы математической лингвистики слишком широки для обсуждения в кратком сообщении. К тому же по мнению одних из самых представительных авторитетов этой науки она охватывает "круг математических, по существу, работ" /ср.[3, стр.I6] /, так что ее проблематика повернулась бы в несколько иную сторону: как возникает новая математическая дисциплина "из попыток строго описать факты естественных языков" /там же/.

I. При постановке задачи ознакомления студентов-словесников с азами математического мышления вообще и вычислительной лингвистики в частности, мы исходим из объективно данного положения, по которому на филфак поступают люди, вообще говоря, недолюбливающие математики. В основном и в самом общем случае дело здесь, на наш взгляд, не в методике и в материале средней школы по математике. Дело даже не в том, что нам нужна в основном иная математика /иные части математики/ и не та, что преподается в школах /ср. с венгерскими названиями этого школьного предмета: mennyiségtan 'наука о количествах /!/', számtan 'наука о числах'; в обиходе последний термин бытует и сегодня наряду с жаргонно-сокращенным школьным словечком matek/. Дело в том, что это просто люди несколько иного склада ума, как бы недедуктивного, неабстрактного - но все же люди ума, несмотря даже на некоторую неабстрактность их мышления. Хотя весь смысл математики, кажется, именно и заключается в бестелесной игре с отвлеченными, оголенными от случайностей вещества понятиями и системами понятий - в случае молодых словесников, на наш взгляд, надо сделать невозможное: на каждом шагу указывать внутри материала, изучаемого ими, как проявляются там какие-то общие, абстрактные закономерности; как можно применять там некоторые методы математики; короче говоря, математику им надо показывать на самом и в самом материале.

2. В практике программирования весьма распространенным является метод представления проблем в виде блок-схем. Нам показалось, что такой метод может быть целесообразным и при обучении людей, поэтому в нашем Курсе современного русского языка [4] мы поставили в нескольких местах блок-схемы некото-

рых задач. Так, можно там найти блок-схему правил переноса в современной русской орфографии; правил определения места выражения категории одушевленности-неодушевленности; правил образования форм повелительного наклонения и т.д.

На основе того, что все студенты /не только участники какого-нибудь специального курса/ знакомы с этой формой представления задач, в ежедневной практике преподавания могут рождаться и иные, новые блок-схемы. Так, в текущем учебном году нас озадачило непонимание большинством студентов правил ассимиляции /уподобления согласных/. В самой речевой практике студенты сильно не ошибаются /правила ассимиляции в русской и венгерской звуковой системе очень близки/. Но теоретически они не разбирались в этом вопросе, давали транскрипции вроде 'грым' вместо правильного 'крым', 'мазгву' вместо правильного 'маскву' и т.д. Тогда мы решили изобразить задачу звуковой реализации групп согласных в виде блок-схемы: мы строили,как было сказано, "машину", на входе которой появляются фонемы, а на выходе - звуки, в которых они реализуются в живом потоке речи /при этом задача была сведена только к группам согласных/. Мы сами были удивлены, сколь многообразны и нередко остроумны были решения, найденные в домашних заданиях /заданных в связи с этим после некоторых разъяснений на уроках/. Неизвестно еще насколько сам метод способствовал усвоению этой части материала. Но, кажется, как раз этот прием сильно запечатлевался в памяти студентов: один из них, отсутствовавший почти в течение всего полугодия, заявил, что он от товарищей знает материал полугодия - знает нужную машину. Мы сначала даже не поняли, о какой машине идет речь - материал полугодия был, конечно, гораздо шире - этому вопросу были посвящены всего два урока.

3. В ходе специального курса можно и нужно дать больше. Ограничусь и здесь только одним примером: вопросом обучения

студентов указанного профиля программированию.

Такой опыт у нас еще небольшой: всего один раз, во втором полугодии 1968/69-ого учебного года мы попытались ввести некоторых студентов в элементы программирования машины ODRA 1013, на языке машины. /В наших целях, несмотря на свою громоздскость и некоторую абстрактность по сравнению с другими возможными программирующими языками, именно язык машины и казался единственно применимым/. В течение полугодия небольшая группа студентов /разных курсов, все филологи/ освоили элементы программирования и под нашим руководством успешно составили программу, несколько более подробно описываемую ниже.

Исходя из соображения, кратко изложенного в п.I., мы ввели некоторые нововведения в наш курс программирования. Их общий смысл сводится к тому, что язык машины мы попытались преподнести именно как некий язык. При этом смело можно опираться на некоторые "врожденные" качества лингвистов, в том числе и молодых студентов - будущих преподавателей языка. /На самом деле это, конечно, не есть врожденные качества. У некоторых представителей молодежи, подобно математическому чутью у других, есть "чутье к языкам". Эти молодые люди усиленно начинают заниматься языками и преподаванием языков, объяснением языковых явлений среди своих менее успевающих товарищей, еще будучи учениками школ. Это же их чутье развивается дальше в университете./ Так, один из компонентов "языкового чутья" - повышенный интерес к алгоритмизации некоторых языковых задач; выше мы указывали на то, что сходные элементы составляют сейчас уже неотъемлемую часть образования всех студентов, не только особо интересующихся вычислительной лингвистикой. Любой /даже и самый молодой/ лингвист привык к разным условностям, прихотям изучаемого языка: в родном языке есть некоторые звуки, которых нет в изучаемом; есть такие грамматические категории в одном языке, которых нет в других и т.д. Это как бы правила игры, заявляемые в ходе изучения иностранного языка. Именно поэтому только совсем маленькие дети, изучающие иностранный язык и могут спрашивать, положим, почему там нет звуков ö и ü, и почему есть звуки, обозначаемые обычно буквосочетанием th; почему надо сказать 'мальчик играл', но 'девушка играла' и т.д. Вопросы "почему" лишены смысла, коль скоро речь идет именно о правилах игры. /Легко видеть прямо противоположный подход к явлениям любого представителя естественных наук: там всегда ставится вопрос "почему?" и ничего не принимается на веру, на слово преподавателя или авторитетного источника вроде грамматики какого-нибудь языка./ Именно поэтому, кажется, у лингвистов довольно хорошо развита и память определенного рода: надо запоминать правила игры; надо запоминать тысячи и десятки тысяч совершенно произвольных /по сравнению с родным языком/ слов; надо запоминать, если и не целые алгоритмы, то поворотные пункты в этих алгоритмах, меняющиеся от языка к языку; надо выучить и запомнить несколько разных алфавитов /ср. только в нашей культурной сфере: латиница, кириллица, греческий шрифт; арабские цифры и римские цифры - правда, два последние алфавита более или менее обязательны не только для лингвистов/.

Поэтому мы начали наш курс с известного - с алгоритмизации программируемой задачи. /За полугодие студентами была составлена программа, осуществляющая следующую задачу: входят венгерские слова; выходят те же слова, но после каждого из них пишется, какой оно гармонии гласных: палатальной, велярной, смешанной или нулевой. Любое венгерское слово относится к одному из этих четырех классов, при этом принадлежность к тому или иному типу гармонии гласных однозначно определяется на основе буквенного состава слова, написанного обычной орфографией/.

После этого следовал опять известный по своему характеру процесс: *перевод* блок-схемы на язык машины. /Лингвисту не мешает, что блок-схема двумерная: он готов переводить и с языка цветов, были бы только правила перевода/. О языке машины было сказано, что в нем применяются арабские цифры /большое облегчение для студентов: стало быть не надо выучивать новый алфавит/, но так, что при этом знаков 8 и 9 нет. Должно быть ясным после вышесказанного, что никто не спрашивал, почему этих двух знаков нет; студенты так и прошли весь курс даже не подозревая о системах счисления, о том, что они пишут команды в восьмеричной системе и т.д. Было объявлено дальше, что слов всего пятьсот с чем-то /объем операций в языке нашей машины: 8^3 - опять большое облегчение, ведь в любом естественном языке на несколько порядков больше слов./ После этого уже в ходе написания программы выучивались нужные слова: 'читай!' означает 026, 'сравни с нулем!' означает 046, 'пиши!' означает 626 и т.д. /Некоторые даже стали догадываться об "этимологических" связях между 026 и 626 - на самом деле, коды операций имеют, конечно, свою логическую структуру, но об этом специально ничего не было сказано/.

В результате нашего несколько странного курса программирования участники этого курса, правда, не умеют провести на машине простейших операций сложения, вычитания, умножения и т.д. Позже, выучив коды этих операций и логически правильно построив задачу, они смогут сделать и это. /Правда, когда они начнут работать с числами, им уже нужно будет "учение о числах": они должны будут выучить операции с числами с фиксированной и с плавающей запятой и т.д. - но когда же при решении лингвистических задач, при определении гармонии гласных, при образовании форм повелительного наклонения русского глагола, при автоматическом осуществлении переноса и т.д. и т.п. нужно хоть одно число с какой бы то ни было запятой?!/. Вопрос только в том -т.е., конечно, это уже далеко и не является вопросом, - является ли математика на самом деле "учением о числах", это ли учение в ней самое существенное или, наоборот, нечто другое, "нечисленное", неколичественное.

4. Алгоритмизация задач, их программирование и т.п. имели еще одну связь с основной, ежедневной работой наших студентов. Они будут преподавателями тех же задач, они, таким образом, будут программировать не на машинах, а на людях. Нельзя отрицать сходства между этими двумя видами программирования. Более того, в центре так наз. программированного обучения как раз и стоит алгоритмизация задач, их разбивка на шаги, следующие друг за другом в строгом порядке, - только применительно к людям, а не к машинам. Люди - автоматические устройства особого типа /собственно говоря, они есть самое первое естественное поколение автоматических устройств высшего типа/. Чтобы лучше и глубже узнать их сложнейшие программы, их сложнейшее устройство /а это есть цель любого педагога, психолога, литератора и т.п./ - неплохо ознакомиться с более молодыми поколениями автоматических устройств, созданными людьми.

Литература

[1] Péter Rózsa, Formabontás a "két kultura" ellen [Нарушение традиционных форм против "двух культур"], *Magyar Tudomány* LXXVI (XIV). (1969), 4.196-202.

[2] Petőfi S. János, A nyelvészet és a "két kultura" [Языкознание и "две культуры"], *Magyar Tudomány* LXXVI (XIV). (1969), 5.301-308.

[3] А.В.Гладкий - И.А.Мельчук, *Элементы математической лингвистики* /Москва, I969/.

[4] К.Болла - Э.Палл - Ф.Папп, *Курс современного русского языка* /Будапешт, I968/.

ZUR REKURSIVITÄT DER MATHEMATISCHEN GRAMMATIKEN

von Rózsa Péter

In einer früheren Arbeit [1] habe ich in einer geeigneten "Wortemenge" rekursive Definitionen für den Satz-Begriff verschiedener mathematischen Grammatiken, auch der LAMBEKschen kategorialen Grammatik angegeben. Nun habe ich von L. KALMÁR erfahren, dass B. BRODDA am 9. September 1969. im Seminar von KVAL in Stockholm über eine neuartige kategoriale Grammatik vorgetragen hat. Wie mir der dazu gehörige Satz-Begriff dargelegt wurde, konnte ich dies unmittelbar nur durch eine neuartige Rekursion definieren. Das Ziel dieser Arbeit ist jene Rekursion auf primitive Rekursionen zurückzuführen.

In § 1 schicke ich einiges über die rekursiven Definitionen in einer "Wortemenge" voraus; in § 2 schildere ich den BRODDAschen Satz-Begriff; in § 3 gebe ich eine rekursive Definition dieses Begriffes; in § 4 zeige ich, dass diese Definition auf primitive Rekursionen zurückgeführt werden kann.

§ 1.

In meinem Vortrag am Symposium über die infinitistischen Methoden der mathematischen Grundlagenforschung in Warszawa (1959) habe ich eine weitgehende Verallgemeinerung [2] der Theorie der **zahl**entheoretischen rekursiven Funktionen [3] eingeführt, welche als einen wichtigen Spezialfall auch die Theorie der rekursiven **Wortfunktionen** enthält. Das dabei aufgestellte Rekursionschema war nicht-konstruktiv, so dass daraus durch verschiedene Zusatzbedingungen den verschiedenen Anwendungen angepasste konstruktive Schemata entnommen werden können.

Ist $\mathcal{A}$ eine beliebige nicht-leere Menge, so enthält die "Wortemenge $\mathcal{M}_{\mathcal{A}}$ über das Alphabet $\mathcal{A}$ " jene Zeichenketten, die durch Nacheinandersetzen der Zeichen endlich vieler Elemente von $\mathcal{A}$ entstehen; ausser diesen wird noch eine durch $\wedge$ bezeichnete leere Kette zu $\mathcal{M}_{\mathcal{A}}$ gerechnet. Die Zeichen der $\mathcal{A}$-Elemente werden auch "Buchstaben" und ihre Ketten "Worte" genannt (allgemein, nicht nur in der mathematischen Grammatik, wo es geradezu störend wirkt, dass dadurch diese Ausdrücke zweideutig werden können). Eine Wortfunktion - d.h. auf $\mathcal{M}_{\mathcal{A}}$ definierte und Werte aus $\mathcal{M}_{\mathcal{A}}$ annehmende Funktion - wird primitiv-rekursiv genannt, wenn sie von gewissen Ausgangsfunktionen ausgehend durch endlich viele Substitutionen und primitive Rekursionen definiert werden kann. Im hier betrachteten Fall wird $\mathcal{A}$ eine endliche Menge sein, und das passende Rekursionschema

$$(R) \qquad f(x, u_1, \ldots, u_r) = \begin{cases} g(u_1, \ldots, u_r), \text{falls } x = \wedge \\ h(x, u_1, \ldots, u_r, f(\mathrm{at}(x), u_1, \ldots, u_r), \\ f(\mathrm{et}(x), u_1, \ldots, u_r)) \text{ sonst,} \end{cases}$$

wobei g und h bereits definierte primitiv-rekursive Funktionen sind; ferner at(x), der "Anfangsteil" von x durch Weglassung des letzten, und et(x), der "Endteil" von x durch Weglassung des ersten "Buchstabens" aus dem "Wort" x entsteht.

Diese at(x) und et(x) (welche für $x = \wedge$ als $\wedge$ definiert werden), werden die "unmittelbaren Vorgänger" von x gennant, wobei $\wedge$ und alle zusammanhängende Bestandteile von x als seine "Vorgänger" betrachtet werden. Alle echte (von x verschiedene) Vorgänger von x sind Vorgänger mindestens eines der unmittelbaren Vorgänger (welche selber in keinem echten Vorgänger von x als Vorgänger enthalten sind). Z.B. sind sämtliche Vorgänger von $x = a_1 a_2 a_3$ (für $a_1, a_2, a_3 \in \mathcal{A}$)

$$\wedge,\ a_1,\ a_2,\ \underline{a_1 a_2},\ a_3,\ \underline{a_2 a_3},\ a_1 a_2 a_3 = x,$$

wobei die unmittelbaren Vorgänger von x unterstrichen wurden.

Ich bemerke, dass andere Autoren statt (R) das einfachere Schema

$$f(x, u_1, \dots, u_r) = \begin{cases} g(u_1, \dots, u_r), & \text{falls } x = \wedge \\ h(x, u_1, \dots, u_r, f(\mathrm{at}(x), u_1, \dots, u_r)) & \text{sonst} \end{cases}$$

gebrauchen. Ich habe bewiesen, dass dies keine Einengung der entstehenden Funktionenklasse gegenüber der meinigen bewirkt; jedoch erweist sich bei den Anwendungen (auch hier) die Verwendung von (R) als viel günstiger.

Eine Schar von Wortfunktionen hat sich gemäss dieser Definition als primitiv-rekursiv erwiesen. Ich zähle hier jene auf, deren Primitiv-Rekursivität in den Folgenden benutzt wird.

1) $\wedge$ und alle Elemente des Alphabets (als primitiv-rekursive Konstanten, oder auch als von fiktiven Variablen abhängig betrachtet, deren Aufnahme immer zugelassen wird).
2) Die Identitätsfunktion id $(x) = x$.
3) Die unmittelbaren Vorgänger at(x) und et(x) von x.
4) Die Nacheinandersetzung zweier Worte: xy.
5) Der letzte Buchstabe lb(x) von x.
6) Jede natürliche Zahl.

Es wird nämlich ein Element a_0 des Alphabets festgesetzt, und die natürlichen Zahlen werden mit den aus lauter a_0 bestehenden Ketten identifiziert: die 0 mit der leeren Kette $\wedge$, die 1 mit a_0, die 2 mit $a_0 a_0$, usw. Ist n eine natürliche Zahl, so wird statt einer n-gliedrigen Kette $a_0 a_0 \ldots a_0$ kurz auch n geschrieben.

7) Die "Länge" (d.h. die Anzahl der Buchstaben) $o(x)$ von x; wobei natürlich $o(\wedge) = 0$ ist. (Ist x eine natürliche Zahl, so ist $o(x) = x$.)

8) Die Ergänzungen in $\mathcal{M}_{\mathcal{A}}$ sämtlicher primitiv-rekursiven zahlentheoretischen Funktionen, so verstanden, dass sie als $\wedge$ erklärt werden an jeder Stelle, die keine natürliche Zahl (d.h. $a_0 a_0 \ldots a_0$-Kette) ist. Diese werden ebenso bezeichnet, wie die betreffende zahlentheoretische Funktion.

9) Das Wort $\mathrm{str}(x)$, das aus x entsteht, wenn darin jedes Vorkommen von a_0 gestrichen wird.

10) Die $o(x)$-te Iterierte $f^{o(x)}(y)$ einer beliebigen primitiv-rekursiven Funktion $f(x)$ an der Stelle y; definiert durch

$$f^{o(x)}(y) = \begin{cases} y, \text{ falls } x = \wedge \\ f(f^{o(\mathrm{at}(x))}(y)) \text{ sonst.} \end{cases}$$

Eine Beziehung $\mathcal{B}(x_1, \ldots, x_r)$ heisst primitiv-rekursiv, wenn es dazu eine primitiv-rekursive "charakteristische Funktion" $f(x_1, \ldots, x_r)$ gibt, die den Wert $\wedge$ oder a_0 annimmt, je nachdem die Beziehung $\mathcal{B}$ unter $x_1, \ldots, x_r$ besteht oder nicht. In den Weiteren zähle ich primitiv-rekursive Beziehungen oder ihre charakteristischen Funktionen auf. (Dabei ist eine einstellige Beziehung eigentlich eine Eigenschaft.)

11) $x = y$ und $x \leqq y$, d.h. x ist ein echter Vorgänger von y.

12) Die charakteristische Funktion $f_{a_i}(x)$ der Eigenschaft von x, aus lauter Buchstaben a_i zu bestehen. Somit auch

$$\mathrm{nat}\,(x) = f_{a_0}(x),$$

die charakteristische Funktion der Eigenschaft von x, eine natürliche Zahl zu sein.

13) Mit einer Beziehung $\mathcal{B}$ auch ihere Negation.

14) Mit $\mathcal{B}_1$ und $\mathcal{B}_2$ auch ihre Konjunktion $\mathcal{B}_1 \,\&\, \mathcal{B}_2$, die genau dann besteht, wenn beide bestehen; und auch ihre Disjunktion $\mathcal{B}_1 \vee \mathcal{B}_2$, die genau dann besteht, wenn mindestens eines seiner Glieder.

Mit Benutzung von Beziehungen lassen sich weitere Funktionen primitiv-rekursiv definieren.

15)

$$f(x_1, \ldots, x_r) = \begin{cases} g_1\,(x_1, \ldots, x_r), \text{falls } \mathcal{B}_1(x_1, \ldots, x_r) \\ g_2\,(x_1, \ldots, x_r), \quad \text{-}''\text{-} \quad \mathcal{B}_2(x_1, \ldots, x_r) \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ g_s\,(x_1, \ldots, x_r), \quad \text{-}''\text{-} \quad \mathcal{B}_s(x_1, \ldots, x_r) \\ g_{s+1}(x_1, \ldots, x_r) \text{ sonst,} \end{cases}$$

wobei $g_1, \ldots, g_{s+1}$; $\mathcal{B}_1, \ldots, \mathcal{B}_s$ primitiv-rekursive Funktionen bzw. Beziehungen sind, und die genannten Beziehungen einander gegenseitig ausschliessen.

16) Bei primitiv-rekursivem $\mathcal{B}$ die durch $\mu_z[z \leqq x \,\&\, \mathcal{B}(z, y)]$ bezeichnete Funktion, was so zu lesen ist: "Ein bestimmter Vorgänger z von x, mit dem $\mathcal{B}(z, y)$ besteht und $\wedge$, falls $\mathcal{B}(z, y)$ für kein z gilt".

17) Die Beziehung mit primitiv-rekursivem $\mathcal{B}$

$$(Ey)\ \mathcal{B}(y, x_1, \dots, x_\tau)$$

das man so liest: "Es gibt ein y mit welchem $\mathcal{B}(y, x_1, \dots, x_\tau)$ besteht" - ist allgemein nicht primitiv-rekursiv. Es kann aber durch Angabe einer "oberen Schranke" für y primitiv-rekursiv werden. Genauer: bei primitiv-rekursivem $\mathcal{B}$ ist

$$(Ey)[y \leqq u \ \&\ \mathcal{B}(y, x_1, \dots, x_\tau)],$$

- das so gelesen wird: "Es gibt ein Vorgänger y von u, mit welchem $\mathcal{B}(y, x_1, \dots, x_\tau)$ besteht" - primitiv-rekursiv. Hier gebe ich auch die primitive Rekursion an, durch welche eine charakteristische Funktion $f(u, x_1, \dots x_\tau)$ dieser Beziehung definiert wird.

Die Vorgänger von u sind die Vorgänger von $\mathrm{at}(u)$, die Vorgänger von $\mathrm{et}(u)$, und u selbst. Daher kann f durch

$$f(u, x_1, \dots, x_\tau) = \begin{cases} \wedge, \text{ falls } f(\mathrm{at}(u), x_1, \dots, x_\tau) = \wedge \vee \\ \qquad\qquad \vee f(\mathrm{et}(u), x_1, \dots, x_\tau) = \wedge \vee \\ \qquad\qquad \vee \mathcal{B}(u, x_1, \dots, x_\tau) \\ a_0 \text{ sonst} \end{cases}$$

definiert werden. Mit den Definitionen

$$g(x_1, \dots, x_\tau) = \begin{cases} \wedge, \text{ falls } \mathcal{B}(\wedge, x_1, \dots, x_\tau) \\ a_0 \text{ sonst} \end{cases}$$

und

$$h(u, x_1, \dots, x_\tau, y_1, y_2) = \begin{cases} \wedge, \text{ falls } y_1 = \wedge \vee\ y_2 = \wedge \vee \mathcal{B}(u, x_1, \dots x_\tau) \\ a_0 \text{ sonst} \end{cases}$$

ergibt sich so $f(u, x_1, \dots, x_\tau)$ durch die primitive Rekursion nach u:

$$f(u, x_1, \dots, x_\tau) = \begin{cases} g(x_1, \dots, x_\tau), \text{ falls } u = \wedge \\ h(u, x_1, \dots, x_\tau, f(\mathrm{at}(u), x_1, \dots, x_\tau), \\ f(\mathrm{et}(u), x_1, \dots, x_\tau)) \text{ sonst.} \end{cases}$$

Ich habe von verschiedenen Ergebnissen der Theorie der zahlentheoretischen Funktionen gezeigt, dass sie auch auf Wortfunktionen übertragen werden können. So gelang es auch hier verschiedene Rekursionsarten auf primitive zurückzuführen; z.B. die simultane Rekursion, wodurch zugleich mehrere Funktionen definiert werden, und die Wertverlaufsrekursion, wo zur Angabe eines Funktionswertes der ganze vorangehende Wertverlauf der betreffenden Funktion herangezogen werden kann: ihre Werte an beliebig vielen Vorgänger-Stellen.

§ 2.

Unter "Wort" soll momentan ein Wort im grammatischen Sinn einer betrachteten Sprache gemeint werden. Zur Sprache gehören endlich viele Wortformen - seien diese durch $a_0, a_1, \ldots, a_\nu$ bezeicnet - und nehmen wir an, dass zu jeder Wortform endlich viele "Kategorieausdrücke" gehören; aus diesen werden durch Nacheinandersetzung die zu den Wortformenketten gehörigen Kategorieausdrücke gebildet. Die Kategorieausdrücke der Wortformen werden aus endlich vielen "Ausgangskategorien" durch verschiedene Operationen aufgebaut. LAMBEK verwendet drei Operationen: (1) die Nacheinandersetzung xy zweier Kategorien, (2) die "linksseitige Division (x/y)" und (3) die "rechtseitige Division $(y\backslash x)$". Die Benennungen wollen besagen, dass sowohl $(x/y)y$ als auch $y(y\backslash x)$ zu x "gekürzt" werden kann, was sich aus der grammatischen Deutung dieser Zeichen ergibt. Bezeichnet z.B. s eine Kategorie solcher Wortformenketten, die einen Satz (einen grammatisch richtigen; "Satz" wird hier immer so verstanden) bilden, und n eine Kategorie solcher Wortformenketten, die in einem Satz Eigennamen vertreten können, so ist beispielweise "lernt" der Kategorie $(n\backslash s)$, da daraus durch Davorsetzen einer Wortformenkette der Kategorie n (etwa "der fleissige Schüler" ein Satz (der Kategorie s) entsteht, als hätte man durch n gekürzt:

$$n(n\backslash s) = s.$$

Das neue der Grammatik des BRODDAschen Vortrags ist, dass diese durch Einführung idealer Elemente näher gebracht wird zur algebraischen Übung, wobei die Divisionen nicht als Grundoperationen eingeführt, sondern aus der Bildung der inversen Elemente abgestammt werden. Als Einheitselement der Nacheinandersetzung (das viel günstiger ist nicht als eine Art Multiplikation, sondern als eine Art Addition aufzufassen - wobei (x/y) und $(y\backslash x)$ nicht Quotienten, sondern Differenzen bezeichnen [4] - , da z.B. durch $a_0 a_0 a_0$ die natürliche Zahl $3 = 1+1+1$ bezeichnet wird) wird hier die leere Kette Λ betrachtet, und die Ausgangskategorien - hier kategoriale Atome genannt - werden zu dritt, als $c_i, \acute{c}_i, \grave{c}_i$ eingeführt, wobei $\acute{c}_i$ die Rolle des linksseitigen Inverses und $\grave{c}_i$ die Rolle des rechtseitigen Inverses von c_i spielt, d.h.

$$(*) \qquad \acute{c}_i \; c_i = c_i \; \grave{c}_i = \Lambda ,$$

so dass ein Teil $\acute{c}_i c_i$ oder $c_i \grave{c}_i$ aus einer Kette weggelassen werden kann.

Besteht n aus ursprünglichen, strichlosen Zeichen: $n = c_{i_1} c_{i_2} \dots c_{i_r}$, und wird

$$\grave{n} = \grave{c}_{i_r} \dots \grave{c}_{i_2} \; \grave{c}_{i_1}$$

gesetzt, so sieht man, dass die Rolle des vorherigen $(n\backslash s)$ durch $\grave{n}s$ übernommen wird, da

$$n \grave{n} s = s .$$

Hier sind also endlich viele "kategorialen Atome"

$$c_0, \acute{c}_0, \grave{c}_0, c_1, \acute{c}_1, \grave{c}_1, \dots$$

zu dritt gegeben - unter diesen sei c_0 die ausgezeichnete

"Satz-Kategorie" - , und die endliche Ketten dieser Atome - auch die leere zu ihnen gerechnet - werden kategoriale Ausdrücke genannt. Ein kategorialer Ausdruck k_1 wird auf k_2 <u>reduzierbar</u> genannt, wenn k_2 durch nach einander ausgeführte Streichungen der Form (*) aus k_1 entsteht. Ein kategorialer Ausdruck k heisst <u>auflösbar</u>, wenn er auf Λ reduzierbar, und <u>grammatikal</u> (d.h. der Kategorie eines grammatisch richtigen Satzes) wenn er auf c_0 reduzierbar ist.

In § 3 wird die Bemerkung von BRODDA benutzt werden, dass k dann und nur dann grammatikal ist, wenn $\acute{c}_0 k$ auflösbar ist. Ist nämlich erstens k auf c_0 reduzierbar, so ist $\acute{c}_0 k$ auf $\acute{c}_0 c_0 = \Lambda$ reduzierbar, also tatsächlich auflösbar. Ist umgekehrt $\acute{c}_0 k$ auflösbar, so muss während einer Auflösung c_0 neben das am Beginn stehende $\acute{c}_0$ gelangen, um dies (und zugleich sich selber) zu vernichten; also muss k der Form

$$k = k_1 \; c_0 \; k_2$$

sein, mit auflösbaren Ketten k_1 und k_2. Mit der Auflösung von k_1 und k_2 reduziert sich aber dann k tatsächlich auf c_0.

Das Ziel dieser Arbeit ist zu beweisen, dass die grammatikale Beschaffenheit einer Wortformenkette primitiv-rekursiv ist in der Wortemenge über das Alphabet, das aus den Wortformen und aus den kategorialen Atomen der betrachteten Sprache besteht.

§ 3.

Betrachten wir also die Wortemenge $\mathcal{M}_{\mathcal{A}}$ über das Alphabet

$$\mathcal{A} = (a_0, a_1, \dots, a_\nu, b_0, b_1, \dots, b_{3\omega+2}),$$

wobei die a_i die Wortformen (unter diesen a_0 etwa ein Wortform mit der Bedeutung "Eins") und die b_i die kategorialen Atome (unter diesen b_0 "Satz") der betrachteten Sprache bezeichnen; genauer sei für $i = 0, 1, \ldots, \omega$

$$b_{3i} = c_i\,, \quad b_{3i+1} = \acute{c}_i\,, \quad b_{3i+2} = \grave{c}_i\,;$$

also

$$b_0 = c_0\,.$$

Für $i = 1, 2, \ldots, v$ seien jedem a_i endlich viele Ketten kategorialer Atome (kategoriale Ausdrücke)

$$k_{i,0}\,, \quad k_{i,1}\,, \quad \ldots, \quad k_{i,j_i}$$

zugeordnet (diese entstehen durch Nacheinandersetzen von Buchstaben, sind also primitiv-rekursiv in $\mathcal{M}_{\mathfrak{A}}$; in den Weiteren wird unter Rekursivität - wenn nichts anderes gesagt wird - immer Rekursivität in $\mathcal{M}_{\mathfrak{A}}$ verstanden).

Die folgenden Definitionen zeigen, dass die charakteristischen Funktionen der genannten Beziehungen primitiv-rekursiv sind:

(1) " x ist eine Wortform":

$$\mathrm{wf}(x) = \begin{cases} \wedge, & \text{falls } x = a_0 \vee x = a_1 \vee \ldots \vee x = a_v \\ a_0 & \text{sonst.} \end{cases}$$

(2) " x ist ein kategorialer Atom":

$$\mathrm{ka}(x) = \begin{cases} \wedge, & \text{falls } x = b_0 \vee x = b_1 \vee \ldots \vee x = b_{3\omega+2} \\ a_0 & \text{sonst.} \end{cases}$$

(3) " x ist eine Wortformenkette":

$$\mathrm{wfk}(x) = \begin{cases} \wedge, & \text{falls } x = \wedge \vee (\mathrm{wf}(\mathrm{lb}(x)) = \wedge \;\&\; \mathrm{wfk}(\mathrm{at}(x)) = \wedge) \\ a_0 & \text{sonst.} \end{cases}$$

(4) " x ist ein kategorialer Ausdruck":

$$\mathrm{k}(x) = \begin{cases} \wedge, & \text{falls } x = \wedge \vee (\mathrm{ka}(\mathrm{lb}(x)) = \wedge \;\&\; \mathrm{k}(\mathrm{at}(x)) = \wedge) \\ a_0 & \text{sonst.} \end{cases}$$

(5) " y ist einer der kategorialen Ausdrücke, die zu Beginn der Wortform x zugeordnet wurden":

$$\mathrm{beg}(x,y) = \begin{cases} \wedge, \text{falls} (x = a_0 \,\&\, (y = k_{0,0} \vee y = k_{0,1} \vee \ldots \vee y = k_{0,j_0})) \vee \\ \qquad \vee (x = a_1 \,\&\, (y = k_{1,0} \vee y = k_{1,1} \vee \ldots \vee y = k_{1,j_1})) \vee \\ \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \qquad \vee (x = a_\nu \,\&\, (y = k_{\nu,0} \vee y = k_{\nu,1} \vee \ldots \vee y = k_{\nu,j_\nu})) \\ a_0 \,\text{sonst.} \end{cases}$$

(6) Charakteristische Funktionen der Beziehungen: "y ist ein Anfangsabschnitt bzw. Endabschnitt von x":

$$\mathrm{ab}(x,y) = \begin{cases} \wedge, \text{falls} (Ez)[z \leqq x \,\&\, x = yz] \\ a_0 \text{sonst.} \end{cases} \qquad \mathrm{eab}(x,y) = \begin{cases} \wedge, \text{falls} (Ez)[z \leqq x \,\&\, x = zy] \\ a_0 \text{sonst.} \end{cases}$$

Nun verändere ich die Numerierung, denn die sich unmittelbar ergebenden Definitionen der charakteristischen Funktionen einiger folgenden Beziehungen sind keine primitive Rekursionen.

I. Hier handelt es sich um die Beziehung: "y ist einer der Wortformenkette x zugeordneten kategorialen Ausdrücke", d.h. y entsteht so, dass man an der Wortformenkette x entlanggehend je einen zum eben betrachteten Wortform gehörigen kategorialen Ausdruck wählt, und die gewählten der Reihe nach nacheinandersetzt. Ob y tatsächlich so entstanden ist, das kann auch derart nachgeprüft werden, dass man einen Endteil von y sucht, der dem letzten zu x gehörigen Wortform $\mathrm{lb}(x)$ zugeordnet ist, dann diesen von y, und $\mathrm{lb}(x)$ von x ablöst, und auf die Reste dasselbe Verfahren anwendet (natürlich kann das verschiedenartig ausfallen). Daher kann die charakteristische Funktion dieser Beziehung wie folgt definiert werden:

$$\mathrm{kat}(x,y) = \begin{cases} \wedge, \text{falls } x = y = \wedge \vee (Ez)[z \leqq y \,\&\, \mathrm{eab}(y,z) = \wedge \,\&\, \mathrm{beg}(\mathrm{lb}(x),z) = \wedge \,\&\, \\ \qquad\qquad \&\, \mathrm{kat}(\mathrm{at}(x), \mathrm{at}^{O(z)}(y)) = \wedge] \\ a_0 \,\text{sonst.} \end{cases}$$

Dies scheint im ersten Augenblick eine primitive Rekursion nach x zu sein; doch näher betrachtet sieht man, dass an der rechten Seite Werte variabler (von y abhängiger) Anzahl der zu definierenden Funktion eine Rolle erhalten. Darauf werde ich noch zurückkommen.

Hier gebe ich noch einige vorbereitende primitiv-rekursive Definitionen an.

(7) Charakteristische Funktion der Beziehung "x ist ein kategorialer Ausdruck, dessen Auflösbarkeit zu Beginn angenommen wurde":

$$\mathrm{beg}_{\wedge}(x) = \begin{cases} \wedge, \text{falls } x = \acute{c}_0 c_0 \vee x = c_0 \grave{c}_0 \vee x = \acute{c}_1 c_1 \vee x = c_1 \grave{c}_1 \vee \\ \qquad \vee \ldots \vee x = \acute{c}_w c_w \vee x = c_w \grave{c}_w \\ a_0 \text{sonst.} \end{cases}$$

(8) $\mathrm{erg}(x,y) = \mu_z[z \leqq x \;\&\; x = yz]$

ist eine Zeichenkette, welche y zu x ergänzt, falls y ein Abschnitt von x ist (und $\wedge$ sonst).

(9)

$$\mathrm{verk}(x,y) = \begin{cases} \mathrm{at}(\mathrm{at}(y))\mathrm{erg}(x,y), \\ \quad \text{falls } y \neq \wedge \;\&\, \mathrm{ab}(x,y) = \wedge \\ \wedge \text{ sonst.} \end{cases}$$

ist - falls y ein nicht leerer Abschnitt von x ist - jene Verkürzung von x, die durch Weglassen der beiden letzten Buchstaben von y entsteht.

Für die Folgenden ist wesentlich, dass verk $(\wedge, y) = \wedge$ und für $x \neq \wedge$

$$\mathrm{o}(\mathrm{verk}(x,y)) < \mathrm{o}(x)$$

gilt.

II. Hier handelt es sich um die Beziehung: "Der kategoriale Ausdruck x ist auflösbar". Das gilt wenn es ein Abschnitt y von x gibt, dessen zwei letzten Buchstaben nach den beginnlichen Annahmen gestrichen werden können, so das auch der restliche Teil von x auflösbar bleibt. Demnach kann die charakteristische Funktion dieser Beziehung wie folgt definiert werden:

$$f_{\wedge}(x) = \begin{cases} \wedge, \text{falls } x = \wedge \vee (Ey)[y \leq x \,\&\, \mathrm{ab}(x,y) = \wedge \,\& \\ \qquad \&\, \mathrm{beg}_{\wedge}(\mathrm{lb}(\mathrm{at}(y))\mathrm{lb}(y)) = \wedge \,\& \\ \qquad \&\, f_{\wedge}(\mathrm{verk}(x,y)) = \wedge] \\ a_0 \text{sonst.} \end{cases}$$

Hier tritt neben einer ähnlichen Komplikation wie in I auch die weitere auf, dass $f_{\wedge}(x)$ durch $f_{\wedge}$-Werte an solchen Stellen definiert wird, die nicht zu den für Wortemengen definierten Vorgängern von x gehören, da sie allgemein nicht zussammenhängende Teile der Kette x sind (verk (x,y) kann durch Streichen zweier Atome entstehen, die sich mittendrin in der Atomenkette befinden). Darauf werde ich in § 4 zurückkommen.

III. Da nach den im § 2 gesagten eine Wortformenkette dann ein Satz ist, wenn zu ihr ein kategorialer Ausdruck der Form k gehört, wobei $\acute{c}_0 k$ auflösbar ist, kann die charakteristische Funktion der Beziehung "x ist ein Satz" wie folgt definiert werden:

$$s(x) = \begin{cases} \wedge, \text{falls} (Ey)[\mathrm{kat}(x,y) = \wedge \,\&\, f_{\wedge}(\acute{c}_0 y) = \wedge] \\ a_0 \text{sonst.} \end{cases}$$

In § 4 wird es sich herausstellen, das kat (x,y) und $f_{\wedge}(x)$ primitiv-rekursiv sind; zur Primitiv-Rekursivität von $s(x)$ hat man aber nach 17) des § 1 noch eine primitiv-rekursive "obere Schranke" (welche jedes in Frage kommende y als Vorgänger enthält) anzugeben. Jedes in Frage kommende y ist eine Kette der Länge $o(x)$ von Kategorieausdrücken

$$k_{i_1,i_2} \quad (i_1 = 0, 1, \ldots, \nu; \quad i_2 = 0, 1, \ldots, j_{i_1}),$$

die den Wortformen zugeordnet wurden; bildet man also die Kette sämtlicher – als Ketten aufgezeichneten – Variationen (mit Wiederholungen) der Klasse $o(x)$ aus den verschiedenen dieser Elemente (die mit verschiedenem Indexpaar versehenen als verschieden betrachtet), so erhält man eine geeignete "obere Schranke" für y.

Erst sei die Kette jener Variationen gebildet, deren durch

$$d_1, d_2, \ldots, d_n$$

bezeichneten Elemente aus den verschiedenen Kategorieausdrücken k_{i_1, i_2} durch Hinzufügung von a_0 als ersten und letzten Buchstabe entstehen (so kann für $i \neq j$ nie $d_i \leqq d_j$ sein .

In der üblichen Reihenfolge erhält man aus einer Variation der $o(x)$ -ten Klasse dieser Elemente die nächste Variation, indem man von rechts nach links fortschreitend, solange d_n gefunden wird, vor dem noch etwas steht, diese d_n durch d_1 ersetzt, und das erste nach diesen erreichte d_i durch d_{i+1} . Wird also eine Hilfsfunktion durch die Wertverlaufsrekursion

$$\mathrm{hf}(x) = \begin{cases} \mathrm{hf}(\mathrm{at}^{o(d_n)}(x))\, d_1, & \text{falls}(Ey)[y \leqq x \ \& \ y \neq \Lambda \ \& \ x = y d_n] \\ \mathrm{at}^{o(d_1)}(x)\, d_2, & \text{falls}(Ey)[y \leqq x \ \& \ x = y d_1] \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots & \\ \mathrm{at}^{o(d_{n-1})}(x)\, d_n, & \text{falls}(Ey)[y \leqq x \ \& \ x = y d_{n-1}] \\ \Lambda \text{ sonst (so auch für } x = \Lambda) & \end{cases}$$

definiert, so werden durch die auf

$$\underbrace{d_1 \, d_1 \ldots d_1}_{o(x)\text{-mal}}$$

angewandte Iterationen von $\mathrm{hf}(x)$ der Reihe nach die Variationen der Klasse $o(x)$ unserer Elemente d_i geliefert.

Dabei ist mit der Bezeichnung

$$f_d(y) = yd_1$$

$$\underbrace{d_1 d_1 \dots d_1}_{o(x)\text{-mal}} = f_d^{o(x)}(\wedge),$$

und die Anzahl unserer Variationen ist bekanntlich $n^{o(x)}$. So ergibt sich die Kette dieser Variationen durch die primitive Rekursion

$$\mathrm{vk}(x,y) = \begin{cases} \wedge, \text{ falls } y = \wedge \\ \mathrm{vk}(x,\mathrm{at}(y))\mathrm{hf}^{o(y)}(f_d^{o(x)}(\wedge)) \text{ sonst,} \end{cases}$$

und die gesuchte "obere Schranke" (nachdem jedes hinzugenommene a_0 gestrichen wird) als die primitiv-rekursive Funktion

$$\mathrm{ob}(x) = \mathrm{str}(\mathrm{vk}(x, n^{o(x)})).$$

Damit lautet die Definition von $s(x)$

$$s(x) = \begin{cases} \wedge, \text{ falls } (Ey)[y \preceq \mathrm{ob}(x) \;\&\; \mathrm{kat}(x,y) = \wedge \;\&\; f_\wedge(\acute{c}_0 y) = \wedge] \\ a_0 \text{ sonst;} \end{cases}$$

wird also die Primitiv-Rekursivität von $\mathrm{kat}(x,y)$ und $f_\wedge(x)$ bewiesen, so ist auch die Satz-Beschaffenheit der betrachteten Grammatik primitiv-rekursiv.

§ 4.

In II bzw. III des § 3 haben sich neuartige Rekursionen als Definitionen für $\mathrm{kat}(x,y)$ bzw. $f_\wedge(x)$ ergeben. Wie in III darauf hingewiesen wurde, enthält die Definition von $f_\wedge(x)$ eine ähnliche Komplikation als die Definition von $\mathrm{kat}(x,y)$, aber auch eine weitere Komplikation. Darum werde ich hier nur am Beispiel der Definition von $f_\wedge(x)$ die Zurückführbarkeit auf primitive Rekursionen zeigen; das verwandte Verfahren führt ja im Fall der Definition von kat(x,y) um so mehr zum Ziel.

Sei

$$g_0(x,y,z) = \begin{cases} \wedge, \text{falls ab}(x,y) = \wedge \;\&\; \text{beg}_\wedge(\text{lb}(\text{at}(y))\,\text{lb}(y)) = \wedge \;\&\; z = \wedge \\ \\ a_0 \text{ sonst}, \end{cases}$$

wobei nach der Bedeutung von ab und $\text{beg}_\wedge$ für $x = \wedge$ oder $y = \wedge$ jedenfalls

$$g_0(x,y,z) = a_0$$

gilt; so lautet die Definition von $f_\wedge(x)$:

$$f_\wedge(x) = \begin{cases} \wedge, \text{falls } x = \wedge \vee (Ey)[y \leqq x \;\&\; g_0(x,y,f_\wedge(\text{verk}(x,y))) = \wedge] \\ \\ a_0 \text{ sonst}, \end{cases}$$

wo für $x \neq \wedge$

$$\text{o}(\text{verk}(x,y)) < \text{o}(x)$$

gilt.

Die erste Komplikation ist, dass $f_\wedge(x)$ mit Hilfe von anderen $f_\wedge$-Werten variabler (von x abhängiger) Anzahl definiert wird: es nehmen in der Definition die Funktionswerte $f_\wedge(\text{verk}(x,y))$ teil, wobei y sämtliche Vorgänger von x durchläuft. Wie ich im zahlentheoretischen Fall gezeigt habe, kann dies dadurch ausgeschaltet werden, dass man zur Rekursion zurückgreift, durch welche diese $f_\wedge$-Werte zusammengefasst sind - also hier zur in 17) des § 1 angegebenen rekursiven Definition der charakteristischen Funktion einer Beziehung $(Ey)[y \leqq x \ldots]$, darin aber eine neue Variable u für x gesetzt - , und so eine simultane Rekursion zweier Funktionen ohne der genannten Komplikation erhält.

Sei also

$$f_\wedge(u,x) = \begin{cases} \wedge, \text{falls } x=\wedge \vee (Ey)[y \leq u \,\&\, g_0(x,y,f_\wedge(u,\text{verk}(x,y)))=\wedge] \\ a_0 \text{ sonst;} \end{cases}$$

dann ist eine charakteristische Funktion der darin vorkommenden Beziehung

$$f(u,x) = \begin{cases} \wedge, \text{falls } (Ey)[y \leq u \,\&\, g_0(x,y,f_\wedge(u,\text{verk}(x,y)))=\wedge] \\ a_0 \text{sonst(für } x=\wedge \text{ oder } u=\wedge \text{ jedenfalls).} \end{cases}$$

Mit letzterem kann kürzer

$$1.\quad f_\wedge(u,x) = \begin{cases} \wedge, \text{ falls } x=\wedge \vee f(u,x)=\wedge \\ a_0 \text{sonst} \end{cases}$$

geschrieben werden, und $f_\wedge(x)$ entsteht daraus, wenn wieder x für u gesetzt wird:

$$f_\wedge(x) = f_\wedge(x,x) = \begin{cases} \wedge, \text{ falls } x=\wedge \vee f(x,x)=\wedge \\ a_0 \text{ sonst;} \end{cases}$$

daher genügt es, die Primitiv-Rekursivität von $f(u,x)$ zu beweisen.

Für $f(u,x)$ gilt aber nach 17) des § 1:

$$2.\quad f(u,x) = \begin{cases} \wedge, \text{falls } f(\text{at}(u),x)=\wedge \vee f(\text{et}(u),x)=\wedge \vee \\ \qquad\qquad \vee\, g_0(x,u,f_\wedge(u,\text{verk}(x,u)))=\wedge \\ a_0 \text{sonst.} \end{cases}$$

In 1. und 2. haben wir nun eine simultane Definition für die Funktionen $f_\wedge(u,x)$ und $f(u,x)$. Diese können aber in diesem einfachen Fall sehr leicht zur selbständigen Definition von $f(u,x)$ verschmolzen werden (man beachte dabei, dass

$g_0(x,u,z)\neq\Lambda$ wenn $z\neq\Lambda$ ist):

$$f(u,x)=\begin{cases}\Lambda,\text{falls}((\text{verk}(x,u)=\Lambda\vee f(u,\text{verk}(x,u))=\Lambda)\,\&\\ \qquad\&(f(\text{at}(u),x)=\Lambda\vee f(\text{et}(u),x)=\Lambda\vee g_0(x,u,\Lambda)=\Lambda))\vee\\ \qquad\vee(\text{verk}(x,u)\neq\Lambda\,\&\, f(u,\text{verk}(x,u))\neq\Lambda\,\&\\ \qquad\&(f(\text{at}(u),x)=\Lambda\vee f(\text{et}(u),x)=\Lambda))\\ a_0\,\text{sonst.}\end{cases}$$

Mit Benutzung der primitiv-rekursiven Funktion

$$g(u,x,z_1,z_2,z_3)=\begin{cases}\Lambda,\ \text{falls}((\text{verk}(x,u)=\Lambda\vee z_3=\Lambda)\,\&(z_1=\Lambda\vee z_2=\Lambda\vee g_0(x,u,\Lambda)=\Lambda))\vee\\ \qquad\vee(\text{verk}(x,u)\neq\Lambda\,\&\, z_3\neq\Lambda\,\&\,(z_1=\Lambda\vee z_2=\Lambda))\\ a_0\ \text{sonst,}\end{cases}$$

kann die Definition von $f(u,x)$ endlich auf folgende Form gebracht werden:

$$f(u,x)=\begin{cases}a_0,\text{falls } u=\Lambda\vee x=\Lambda\\ g(u,x,f(\text{at}(u),x),f(\text{et}(u),x),\ f(u,\text{verk}(x,u)))\\ \quad\text{sonst,}\end{cases}$$

wo

$$o(\text{verk}(x,u))<o(x).$$

Das ist eine rekursive Definition von $f(u,x)$. Könnte man **verk**(x,u) irgendwie als Vorgänger von x betrachten, so hätte man es mit einer zweifachen Wertverlaufsrekursion zu tun, da darin zur Berechnung von $f(u,x)$ Funktionswerte auch an solchen Stellen herangezogen werden, die betreffs u vorherig sind, bei unverändertem x, und auch an solcher Stelle, die betreffs x vorherig ist, bei unverändertem u. Die zweifache Rekursion führt allgemein schon im zahlentheoretischen Fall von der Klasse der primitiv-rekursiven Funktionen hinaus; hier haben wir aber mit einem so einfachen Spezialfall zu tun, dessen Entsprechende im zahlentheoretischen Fall noch auf primitive Rekursionen aufgelöst werden könnte. Es lohnt sich aber nicht meine im zahlentheoretischen Fall verwendete Methode auf die Wortemenge $\mathcal{M}_{\mathcal{A}}$ zu übertragen; denn auch danach wäre noch immer die zweite Komplikation vorhanden, dass verk(x, u) allgemein kein Vorgänger von x ist.

Den Vorgängerbegriff der Wortemengen wäre aber nicht ratsam derart zu erweitern, dass alle Worte, die durch Streichung von Buchstaben aus einem Wort x zustandekommen, Vorgänger von x seien; denn so wäre die Anzahl von "unmittelbaren" (insgesamt alle echte Vorgänger von x als Vorgänger enthaltenden) Vorgänger von x nicht konstant - was bei den betrachteten speziellen Rekursionen wesentlich war - sondern von x abhängig.

Hier ist es angebracht zu dem - bei überabzählbaren Alphabeten nicht brauchbaren - Mittel zu greifen, womit die Funktionen der Wortemengen von anderen Autoren behandelt werden: zur Abbildung der Wortemenge $\mathcal{M}_{\mathcal{A}}$ auf die Menge $\mathcal{N}$ der natürlichen Zahlen. Hier empfielt sich diese Methode, da eine natürliche Zahl hier mit einer Kette $a_0 a_0 \ldots a_0$ identifiziert wurde (aber jedenfalls aus gleichen Einheiten aufgebaut wird), und wo man auch einen Teil einer solchen Kette streicht, der Rest immer mit einem zusamenhängenden Bestandteil, also mit einem Vorgänger der Kette identisch wird.

In unserem Fall hat man eine solche Abbildung zu wählen, wobei 0 das Entsprechende von Λ ist, und kürzeren Ketten kleinere Zahlen entsprechen; ferner soll dem oft benutzten a_0 die Zahl 1 entsprechen. Eine solche Abbildung kann z.B. durch folgende Anordnung der Worte von $\mathcal{M}_{\mathcal{A}}$ in eine Folge geschehen, wobei dem n-ten Glied der Folge die Zahl n entspricht: Seien die Elemente von $\mathcal{A}$ der Reihe nach einheitlich durch

$$e_0, e_1, \ldots, e_s \qquad (s = v + 3w)$$

bezeichnet, wobei

$$e_0 = a_0$$

gilt; so beginnt die Folge mit $\wedge$ als "0-tes Glied", und darauf folgen, der Reihe nach, die aus $1, 2, 3, \ldots$. Elementen von A gebildeten Variationenketten. Die Variationen derselben Klasse sollen je eine Zeile bilden, und zwar in ihrer üblichen Reihenfolge. So kommt $\wedge$ in die "0-te Zeile", und für $r = 1, 2, 3, \ldots$ beginnt die r-te Zeile mit einer r-gliedrigen Kette

$$e_0\, e_0 \ldots e_0 = a_0\, a_0 \ldots a_0$$

wodurch eben die Zahl r bezeichnet wird; und die weiteren Glieder der r-ten Zeile ergeben sich der Reihe nach durch die darauf angewandte Iterationen jener Funktion $hf_e(x)$, die aus der in § 3 eingeführten Hilfsfunktion $hf(x)$ entsteht, falls darin die Rolle der Folge $d_1, \ldots, d_n$ von $e_0, \ldots, e_s$ übernommen wird. Die 0-te Iteration von hf_e an der Stelle r ergibt das erste, und die $(s+1)^r - 1$ -te Iteration das letzte Glied der r-ten Zeile.

Die zu einem Wort x gehörige Zahl $n(x)$ ergibt sich daher - in Betracht genommen, dass für $x \neq \wedge$ in den vor der Zeile von x stehenden $o(x)-1$ Zeilen insgesamt

$$\sum_{i=1}^{o(x)-1} (s+1)^i$$

Glieder vorkommen - durch

$$n(x) = \begin{cases} 0, \text{ falls } x = \wedge \\ \displaystyle\sum_{i=1}^{o(x)\dot{-}1} (s+1)^i + \mu_z\left[z \leqq (s+1)^{o(x)} \dot{-} 1 \;\&\; x = hf_e{}^z(o(x))\right] + 1 \\ \text{sonst} \end{cases}$$

(wobei $u \dot{-} v$ die "arithmetische Differenz" ist, die für $u<v$ gleich 0 ist, und für $u \geqq v$ mit $u-v$ übereinstimmt) als eine primitiv-rekursive Funktion.

Auch die Erweiterung in $\mathcal{M}_{\mathfrak{A}}$ ihrer für $m \in \mathcal{N}$ erklärten Umkehrung $n^{-1}(m)$, wofür

$$n^{-1}(n(x)) = x$$

besteht, ist primitiv-rekursiv. Denn ist das zur Zahl $m-1$ gehörige x das leere Wort, oder das Endwort einer Zeile, d.h. eine Kette aus lauter e_s – was nach 12) des § 1 mit

$$f_{e_s}(x) = \wedge$$

gleichbedeutend ist – , so ist das zu m gehörige Wort das erste Wort der nächsten Zeile, also das aus lauter e_0 bestehende Wort (d.h. jene natürliche Zahl), das um eins länger als das zu $m-1$ gehörige Wort ist; sonst ergibt sich das zu m gehörige Wort durch Anwendung von hf_e auf das zu $m-1$ gehörige Wort. So ergibt sich für die Erweiterung in $\mathcal{M}_{\mathfrak{A}}$ von $n^{-1}(m)$ die primitive Rekursion (in Betracht genommen, dass $\mathrm{at}(m) = m \dot{-} 1$ für $m \in \mathcal{N}$ gilt):

$$n^{-1}(x) = \begin{cases} \wedge, \text{falls } x = \wedge \vee \mathrm{nat}(x) = e_0 \\ \qquad \text{und sonst:} \\ \mathrm{o}(n^{-1}(\mathrm{at}(x)))\, e_0, \text{falls } f_{e_s}(n^{-1}(\mathrm{at}(x))) = \wedge \\ \mathrm{hf}_e(n^{-1}(\mathrm{at}(x))) \text{ sonst.} \end{cases}$$

Mit bekannten Methoden (die auch in den Folgenden zum Vorschein kommen) ergibt sich, dass eine Funktion $f(x_1, \ldots, x_r)$ in $\mathcal{M}_{\mathfrak{A}}$ dann und nur dann primitiv-rekursiv ist, wenn für $m_1, \ldots, m_r \in \mathcal{N}$

$$\bar{f}(m_1, \ldots, m_r) = n(f(n^{-1}(m_1), \ldots, n^{-1}(m_r)))$$

eine primitiv-rekursive zahlentheoretische Funktion ist. Dies werde ich bei der Übersetzung unserer Funtion $f(u,x)$ in die

Zahlentheorie verwenden.

Aus der erhaltenen Definition

$$f(u,x) = \begin{cases} a_0, \text{falls } u = \Lambda \vee \ x = \Lambda \\ g(u, x, f(\mathrm{at}(u), x), \ f(\mathrm{et}(u), x), \ f(u, \mathrm{verk}(x,u))) \\ \quad \text{sonst}, \end{cases}$$

mit

$$\mathrm{o}(\mathrm{verk}(x,u) < \mathrm{o}(x),$$

liest man heraus, da für jedes $x \in \mathcal{M}_{\mathcal{A}}$

$$x = n^{-1}(n(x))$$

gesetzt werden kann, dass für $m_1, m_2 \in \mathcal{N}$

$$\bar{f}(0, m_2) = n(f(n^{-1}(0), \ n^{-1}(m_2))) = n(f(\Lambda, \ n^{-1}(m_2))) = n(a_0) = 1,$$
$$\bar{f}(m_1+1, 0) = n(f(n^{-1}(m_1+1), \ n^{-1}(0))) = n(f(n^{-1}(m_1+1), \Lambda)) = n(a_0) = 1,$$
$$\bar{f}(m_1+1, \ m_2+1) = n(f(n^{-1}(m_1+1), \ n^{-1}(m_2+1))) =$$
$$= n(g(n^{-1}(m_1+1), \ n^{-1}(m_2+1), \ldots, \ldots, \ldots),$$

wo es übersichtlicher sein wird, die durch Punkte angedeuteten Argumente einzeln zu behandeln. Das erste ist:

$$f(\mathrm{at}(n^{-1}(m_1+1)), n^{-1}(m_2+1)) = f(n^{-1}(n(\mathrm{at}(n^{-1}(m_1+1)))), \ n^{-1}(m_2+1)) =$$
$$= f(n^{-1}(\overline{\mathrm{at}}(m_1+1)), n^{-1}(m_2+1)) = n^{-1}(n(n^{-1}(\overline{\mathrm{at}}(m_1+1)), \ n^{-1}(m_2+1)))) =$$
$$= n^{-1}(\bar{f}(\overline{\mathrm{at}}(m_1+1), \ m_2+1)).$$

Ähnlich ergibt sich für das zweite bzw. dritte punktierte Argument

$$n^{-1}(\bar{f}(\overline{\mathrm{et}}(m_1+1), \ m_2+1)) \text{ bzw. } n^{-1}(\bar{f}(m_1+1, \overline{\mathrm{verk}}(m_2+1, \ m_1+1))),$$

und nach Einsetzung all dieser

$$\bar{f}(m_1+1, \ m_2+1) = \bar{g}(m_1+1, \ m_2+1, \ \bar{f}(\overline{\mathrm{at}}(m_1+1), \ m_2+1), \ \bar{f}(\overline{\mathrm{et}}(m_1+1), \ m_2+1),$$
$$\bar{f}(m_1+1, \overline{\mathrm{verk}}(m_2+1, \ m_1+1))).$$

Dabei besteht

$o(\mathrm{at}(n^{-1}(m_1+1))) < o(n^{-1}(m_1+1))$,

$o(\mathrm{et}(n^{-1}(m_1+1))) < o(n^{-1}(m_1+1))$,

$o(\mathrm{verk}(n^{-1}(m_2+1), n^{-1}(m_1+1))) < o(n^{-1}(m_2+1))$,

und daher, da im Abbildung $n(x)$ kürzeren Worten kleinere Zahlen entsprechen,

$$\overline{\mathrm{at}}(m_1+1) = n(\mathrm{at}(n^{-1}(m_1+1))) < m_1+1$$

und ähnlich

$$\overline{\mathrm{et}}(m_1+1) < m_1+1, \qquad \overline{\mathrm{verk}}(m_2+1, \; m_1+1) < m_2+1 .$$

Demnach ist die für $\bar{f}(m_1, m_2)$ erhaltene Definition

$$\bar{f}(0, m_2) = \bar{f}(m_1+1, 0) = 1$$

$$\bar{f}(m_1+1, m_2+1) = \bar{g}(m_1+1, m_2+1, \bar{f}(\overline{\mathrm{at}}(m_1+1), m_2+1), \bar{f}(\overline{\mathrm{et}}(m_1+1), m_2+1), \bar{f}(m_1+1, \overline{\mathrm{verk}}(m_2+1, \; m_1+1)))$$

eine zahlentheoretische Wertverlaufsrekursion nach beiden Variablen; und zwar fällt sie unter jenen Spezialfall der 2-fachen Rekursion, von dem ich bewiesen habe, dass er auf primitive Rekursionen aufgelöst werden kann. Die Primitiv-Rekursivität von $\bar{f}(m_1, m_2)$ in $\mathcal{N}$ zieht aber die Primitiv-Rekursivität von

$$f(u, x) = n^{-1}(\bar{f}(n(u), n(x)))$$

in $\mathcal{M}_{\mathfrak{A}}$ nach sich; was zu beweisen war.

Bemerkungen

[1] R. Péter, Über die Rekursivität der Begriffe der mathemateischen Grammatiken, Publications of the Math. Inst. Hung. Ac. Sci., Bd. 8.(1963), 213-228.

[2] Siehe R. Péter, Über die Verallgemeinerung der Theorie der rekursiven Funktionen für abstrakte Mengen geeigneter Struktur als Definitionsbereiche, Acta Math. Ac. Sci. Hung., Bd. 12. (1961), 271-314. und Bd. 13. (1962), 1-24. (In späteren Arbeiten ergaben sich dazu einige Modifizierungen.)

[3] Betreffs der Kenntnisse über zahlentheoretische rekursive Funktionen berufe ich mich auf mein Buch: R. Péter, Rekursive Funktionen, 2-te Auflage Budapest, Akademischer Verlag (1957); russische Ausgabe Moskau (1954), englische Ausgabe Budapest, New York, London (1967).

[4] Die linksseitige Operationen einer Grammatik müssen aber immer von den rechtseitigen unterschieden werden, solange nach dem Wortspiel von Lambek (siehe J. Lambek, On the Calculus of Syntactic Types, Proceedings of Symposia in Applied Math., Bd. 12. (1961), 166-178.) "Johann liebt Johanna" nicht unbedingt "Johanna liebt Johann" nach sich zieht.

PARSING FROM LEFT TO RIGHT AND STRUCTURAL PROPERTIES OF CERTAIN FORMAL GRAMMARS

by György Révész

1. Introduction

Kalmár's idea of a formula directed computer [1] has very much contributed to the understanding of the problem of man-machine communication. The implementation of conversational languages such as APL [2] and others shows that this approach is quite realistic. Namely, the sentences of these conversational languages are directly interpreted by the corresponding program /i.e., they are not translated or compiled separately before running/ and this is what Kalmár's computer does.

For the direct interpretation of some language we need a straightforward parsing method /without back-tracking/ and thus, a left-to-right parser would be required. Naturally the way of parsing depends on the grammar of the language to be interpreted.

The formal syntax of a programming language is usually given in the form of a context free grammar. However, it is necessary to make use of the context as well, if a parser based on context free grammars is to work efficiently. This can be done either by transforming the original context free grammar into a context sensitive form /see e.g., [3] , [4]/ or by using a built in procedure of looking ahead /see e.g., [5], [6]/. Beside this, context free grammars are usually restricted to make parsing easier.

It seems useful to start directly with some kind of context sensitive grammars instead of context free ones and make the necessary restrictions only. The parser need not know whether the grammar has previously been transformed and thus, occasionally it may be applied to real non-context-free languages.

Assuming in general that we are given a class of grammars Γ and a parser P based on it, the set of all languages generated by the grammars in Γ will be denoted by $\mathcal{L}(\Gamma)$ while the set of languages recognized /accepted/ by P will be denoted by $\mathcal{L}(P)$. Ideally $\mathcal{L}(\Gamma) = \mathcal{L}(P)$, but it is more likely that either $\mathcal{L}(\Gamma) \supset \mathcal{L}(P)$ or $\mathcal{L}(P) \supset \mathcal{L}(\Gamma)$. It may occur that neither of them contains the other.

From the practical point of view $\mathcal{L}(\Gamma) \subseteq \mathcal{L}(P)$ is sufficient, but it could be of interest if the parser is more powerful /or, which is the same, the class Γ is more restricted/ than necessary. This means that one can start with Γ and P such that $\mathcal{L}(\Gamma) \supset \mathcal{L}(P)$ and then specify an appropriate subclass of Γ /$\Gamma' \subset \Gamma$/ for which $\mathcal{L}(\Gamma') \subseteq \mathcal{L}(P)$ holds, where Γ' is restricted only to such an extent as required for the application of P.

Let Γ_0, Γ_1 and Γ_2 denote the class of context free, unilateral context sensitive and context sensitive grammars, respectively. Then by the definitions given in this paper $\Gamma_0 \subset \Gamma_1 \subset \Gamma_2$ and thus, $\mathcal{L}(\Gamma_0) \subseteq \mathcal{L}(\Gamma_1) \subseteq \mathcal{L}(\Gamma_2)$. It can be shown that also $\mathcal{L}(\Gamma_0) \subset \mathcal{L}(\Gamma_1)$, i.e., the class of unilateral context sensitive languages properly contains the class of context free ones [7 and 8]. The problem of whether $\mathcal{L}(\Gamma_2)$ properly contains $\mathcal{L}(\Gamma_1)$ is unsolved yet.

A left-to-right parser always attempts to perform the leftmost replacement/s/ when reducing the input string to the initial symbol of the grammar. The parser dealt with in this paper really performs the leftmost replacement/s/ regardless of context. Thus, it can be applied only to a restricted class of grammars. However, the restrictions which are necessary for the applicability of this parser are not too stringent, since $\mathcal{L}(P) \nsubseteq \mathcal{L}(\Gamma_0)$.

In order to be able to apply this parser all complications which may arise in the course of parsing must be resolved by a preliminary adjustment of the grammar. This adjustment of the grammar must be done only once for each grammar, while a more sophisticated parser based on the original grammar is very likely less efficient.

The adjustment, however, is not always possible. At the end of this paper a few conditions are given that make the transformation of grammars into more convenient ones possible.

2. The class of unilateral context-sensitive languages

Let V^* denote, as usual, the set of strings over a set of symbols V /including the empty string ε/. Individual symbols will be denoted by small latin letters while sets and symbol strings by capitals.

Definition 1: A context sensitive grammar is a quadruple $G = (T, I, s, P)$ where T and I are finite sets of terminal and non-terminal /auxiliary/ symbols, respectively, $T \cap I = \emptyset$, $s \in I$, and P is a finite set of ordered pairs of strings - called rules - of the form $XqY \rightarrow XQY$, where $q \in I$, and X, Y and $Q \in (T \cup I)^*$ and $Q \neq \varepsilon$, /i.e., Q non-empty/.

Definition 2: For a given grammar G and two strings $A, B \in (T \cup I)^*$, B is an immediate consequence of A /in symbols $A \vdash B$/, if there exists a rule $XqY \longrightarrow XqY \in P$ such that $A = ZXqYW$ and $B = ZXQYW$ with some $Z, W \in (T \cup I)^*$.

Definition 3: A finite sequence of strings $X_1, X_2 \dots, X_n$ is called a derivation with respect to a given grammar G, if $X_i \vdash X_{i+1}$ for $1 \leq i < n$.

Definition 4: For a given grammar G and two strings $U, Z \in (T \cup I)^*$, Z is a consequence of U /in symbols $U \models Z$/, if there exists a derivation with respect to G, $X_1, X_2, \dots, X_n$, where $X_1 = U$ and $X_n = Z$.

Definition 5: For a given grammar G, the set of strings

$$L_G = \{ W \mid s \models W \} \cap T^*$$

is called the language generated by G.

Definition 6 /rsg/: A grammar is called right-sensitive, if the string X is empty in each of the rules of P, i.e., all the rules of P are of the form $qY \rightarrow QY$ where $Y, Q \in (T \cup I)^*$, and $Q \neq \varepsilon$.

Definition 7 /cfg/: A grammar is called context-free, if the strings X and Y are empty in each of the rules of P, i.e., all the rules of P are of the form $q \rightarrow Q$, $q \in I$, $Q \in (T \cup I)^*$, $Q \neq \varepsilon$.

As can be seen from Definitions 6 and 7 right-sensitive grammars include the context-free ones. The corresponding types of languages will be denoted by rsl and cfl, respectively.

Right-sensitive grammars can be classified according to the maximum length of Y in their rules.

Definition 8: A rsg is said to be of order n, if the length of the context Y in each rule is not greater than n.

Theorem 1: There exists a rsg of order 1 that generates a language which cannot be generated by any cfg.

This was shown by E. Farkas with the aid of the language $a^k b^n c^n$, where $k \leq n$ [7]. The proof is analogous to that of Theorem 4.1 in [9] from which the non-existence of a context free grammar to the language $a^n b^n c^n$ follows.
A detailed proof ot Theorem 1 is given also in [8] with the aid of the language $a^{2k} p b^{2n} q c^{2n}$ with $k \leq n$.

Theorem 2: To each rsg there exists a rsg of order 1 that generates the same language [8].

3. The parsing algorithm

The parsing algorithm described below is specified for right-sensitive grammars of order 1. In virtue of Theorem 2 it can be applied to every rsl, though it is not necessarily a recognizer for them. Anyway, it can be assumed that every rule of the grammar in question has got one of the following forms

1. $x \rightarrow y$
2. $x \rightarrow yz$
3. $xt \rightarrow yt$

According to these schemata the rules may be divided into three groups P_1,P_2 and P_3 which can be represented by three functions F_1, F_2 and F_3, respectively. The right-hand sides of the rules make up three sets R_1, R_2 and R_3 and the functions F_1, F_2 and F_3 are defined on them as follows:
$x_i = F_1(y_i)$ for every $x_i \rightarrow y_i \in P_1$, $x_j = F_2(y_j, z_j)$ for every $x_j \rightarrow y_j z_j \in P_2$ and $x_k = F_3(y_k, t_k)$ for every $x_k t_k \rightarrow y_k t_k \in P_3$.

Let $v_N v_{N-1} \dots v_1$ denote the input string to be analysed where $v_i \in T$ for $1 \leq i \leq n$. The parsing algorithm as shown in Figure 1 makes use of two push-down stores that are moving in opposite directions. The input string is originally placed into the first push-down store and the result appears in the second one.
The contents of these push-down stores in the course of parsing will be denoted by $v_n\, v_{n-1} \dots v_1$ and $u_1\, u_2 \dots u_m$.

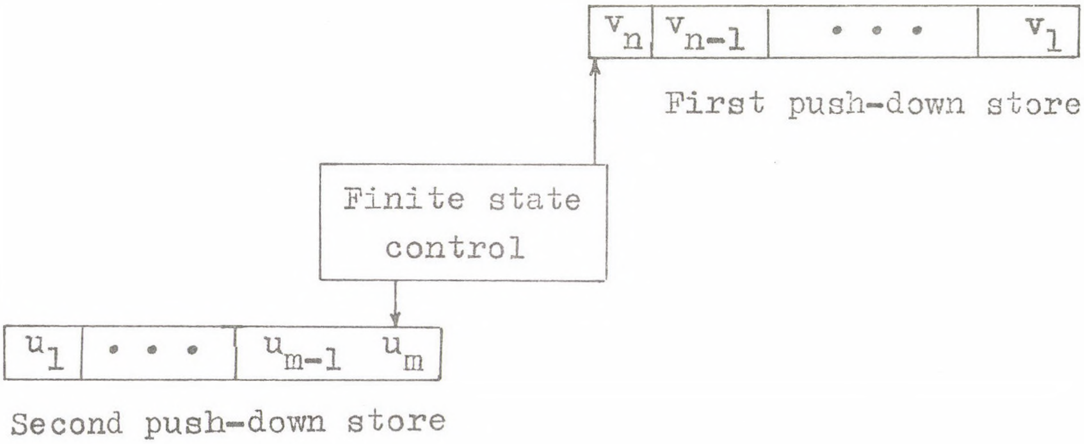


Figure 1

The way the parsing algorithm $\mathfrak{A}$ works is represented by the flow-chart in Figure 2. If the functions F_1, F_2 and F_3 - which are considered here as parameters - are unique, the algorithm is deterministic otherwise it is undeterministic. If P_3 is empty then $\mathfrak{A}$ works as a simple push-down automaton.

It can be seen that for each rsg of order 1 the parsing algorithm $\mathfrak{A}$ always performs one of the leftmost replacements. This means that just before $\mathfrak{A}$ performs a replacement, the string $u_1 u_2 \dots u_m$ is irreducible with respect to G, i.e., no sub-string of $u_1 u_2 \dots u_m$ belongs to $R_1 \cup R_2 \cup R_3$ [8].

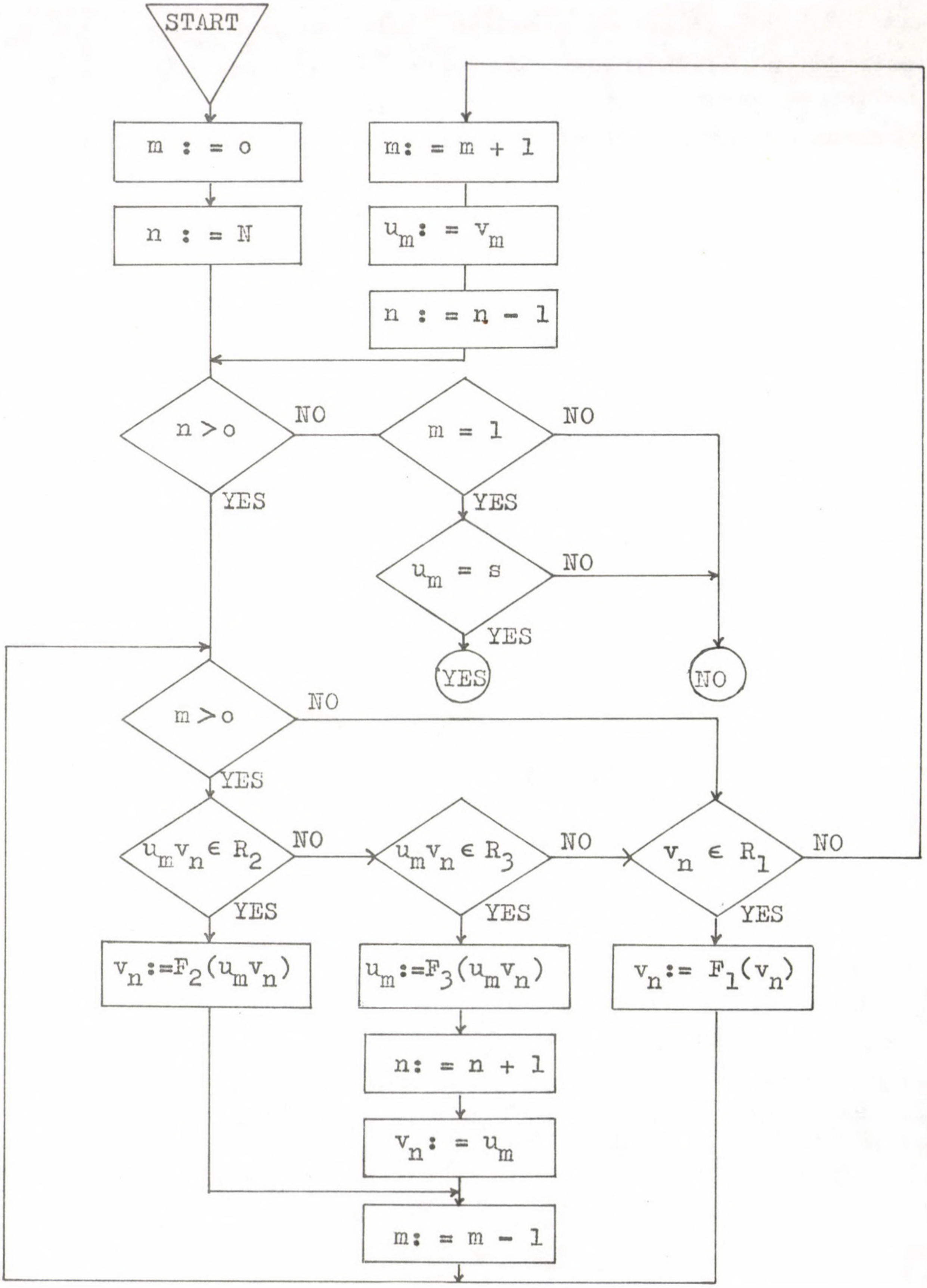

START
m : = o
n : = N
m: = m + 1
u_m: = v_m
n : = n - 1
n > o
NO
YES
m = 1
NO
YES
u_m = s
NO
YES
YES
NO
m > o
NO
YES
$u_m v_n \in R_2$
NO
YES
$u_m v_n \in R_3$
NO
YES
$v_n \in R_1$
NO
YES
v_n:=$F_2(u_m v_n)$
u_m:=$F_3(u_m v_n)$
v_n:= $F_1(v_n)$
n: = n + 1
v_n: = u_m
m: = m - 1

Figure 2

4. The class of progressive languages

Definition 9: A language generated by some rsg of order 1 is called progressive, if the parsing algorithm $\mathfrak{A}$ represents a recognizer /an acceptor/ for it, i.e., if $\mathfrak{A}$ - supplied with the parameter G - stops for every string $W \in T^*$ having performed a finite number of replacements, and it will reduce the string W to the single initial symbol $\underline{s}$ if and only if $W \in L_G$.

This definition is not effective. Therefore some structural property of the grammar G is to be determined which implies progressiveness and can be easily tested for.

To every symbol $x \in T \cup I$ a set of symbols $\Phi(x) \subset I$ will be assigned.

Definition 10: For a given rsg of order 1 and a symbol $x \in T \cup I$, the set $\Phi(x)$ is defined recursively as follows:

$$\begin{array}{lll} /i/ & u \in \Phi(x) \text{ if } & u \to x \in P \\ & \text{or} & u \to xy \in P \text{ for some } y \in T \cup I \\ & \text{or} & ut \to xt \in P \text{ for some } t \in T \cup I \\ /ii/ & v \in \Phi(x) \text{ if } & v \in \Phi(u) \quad \text{for some } u \in \Phi(x) \end{array}$$

As can be seen from the definition the symbol $\underline{x}$ need not belong to $\Phi(x)$. If $xY \models vZ$ for a pair of strings, then either $x=v$ or $x \in \Phi(v)$.

Definition 11: A sequence of rules $\varrho_1, \varrho_2, \dots, \varrho_n$ is called a loop, if for some $t \in T \cup I$ and for $i = 1,2, \dots, n-1$, ϱ_i has got the form either $x_i \to x_{i+1}$ or $x_i t \to x_{i+1} t$, and $x_1 = x_n$. If $\varrho_i \in P_1$ $/\varrho_i \in P_3/$ for $1 \leq i \leq n$, then the loop is called type 1 /type 3/, otherwise it is mixed.

Theorem 3: The language generated by a rsg G of order 1 is progressive, if $G = (T, I, s, P_1 \cup P_2 \cup P_3)$ satisfies the following five conditions:

/1/ The right-hand sides of the rules are different from each other.

/2/ The right-hand side of a rule of P_1 does not occur as the first symbol on the right-hand side of another rule.

/3/ If $z \rightarrow xy \in P_2$ and $y' \in \Phi(y)$ then

/3a/ if $u \rightarrow xy' \in P_2$ then $z = y$, $u = y'$

/3b/ $xy' \notin R_3$.

/4/ If $zt \rightarrow xt \in P_3$ and $t' \in \Phi(t)$ then

/4a/ if $u \rightarrow xt' \in P_2$ then also $u \rightarrow zt' \in P_2$

/4b/ if $vt' \rightarrow xt' \in P_3$ and $v \neq z$ then $vt' \rightarrow zt' \in P_3$.

/5/ There is no loop in $P_1 \cup P_3$.

This theorem is a slightly improved version of the theorem 2 in [8]. In connection with this, Kalmár has proposed the question as to determine structural properties of context free grammars allowing their transformation into progressive ones. Some partial results towards this goal are collected (without proofs) in the rest of this paper which has not been published yet.

5. Improving the grammar of a right sensitive language

Theorem 4: To every rsg G there exists a rsg G' of order 1 such that $L_{G'} = L_G$ and G' satisfies the conditions /1/-/4/ of Theorem 3 except for a /possibly empty/ subset of P_1 conflicting with condition /1/.

Definition 12: For a given rsg G of order 1 and a symbol $x \in T \cup I$, the set $H(x)$ is defined recursively as follows

/i/ $u \in H(x)$ if $u \rightarrow x \in P$
or $u \rightarrow zx \in P$ for some $z \in T \cup I$
/ii/ $v \in H(x)$ if $v \in H(u)$ for some $u \in H(x)$.

If the original grammar is context-free then it may be worth-while preserving this feature. In this case the conditions /3b/ and /4/ of Theorem 3 are pointless. Moreover - allowing preliminary modification of the grammar - condition /2/ can be weakened:

Condition /2'/: If $a \neq s$, $a \rightarrow b \in P_1$ and $y \rightarrow by \in P_2$ for some $x, y \in T \cup I$ then

/2'a/ $H(a) = \Phi y = \emptyset$ and

/2'b/ if $av \in R_2$ for some $v \in T \cup I$ then $\Phi(v) = \emptyset$.

Theorem 5: If the rsg G of order 1 is context-free and satisfies the conditions of Theorem 3 with condition /2'/ in the place of condition /2/, then there is a G' of order 1 which is also context-free and satisfies the conditions of Theorem 3 and $L_{G'} = L_G$.

The restriction /2'a/ is still very strong, since it excludes right-recursion for the symbol a. However, a direct /non implicit/ right recursion $a \rightarrow xa$ can be eliminated in some cases.

Theorem 6: If the rsg G of order 1 is context-free and $a \rightarrow xa \in P$ then there is another context-free grammar G' of order 1 with $T' = T$, $I' = I$, $s' = s$, $L_{G'} = L_G$ but $a \rightarrow xa \notin P'$, provided that $s \neq a$, $H(a) = \{a\}$ and for every $z_i \rightarrow ay_i \in P$ z_i does not occur on the left-hand side of any other rule.

The application of Theorems 5 and 6 is illustrated in the Appendix. It is interesting to observe that in the light of Theorem 3 a context free grammar is made progressive without using any context restrictions.

Finally it should be mentioned that the device with two push-down stores shown in Figure 1 is equivalent to linear bounded automata [10].

APPENDIX

Denotation:

a = arithmetic expression
b = basic expression
c = expression closing
d = digit
e = parameter entry
f = function symbol
h = half expression
i = identifier
l = letter
n = number
p = parameter
q = arithmetic operator
s = closed arithmetic expression

The following is a simplified syntax of the closed arithmetic expression:

s ⟶ (c
c ⟶ a)
a ⟶ b
a ⟶ h a
h ⟶ b q
b ⟶ i
b ⟶ n
b ⟶ s
s ⟶ f p
f ⟶ i (
p ⟶ c
p ⟶ e p
e ⟶ a ,
i ⟶ l
i ⟶ i l
i ⟶ i d
n ⟶ d
n ⟶ n d

After the application of Theorem 6 to a → ha and {c → a), e → a,} and the elimination of a → b, b → i, b → n and b → s using substitutions successively we obtain the following progressive context-free grammar:

s → (c
c → i)
c → n)
c → s)
c → h c
h → i q
h → n q
h → s q

s → f p
f → i (
p → c
p → e p
e → h e
e → i ,
e → n ,
e → s ,

i → l
i → i l
i → i d
n → d
n → n d

References

[1] Kalmár, L., *On a digital computer which can be programmed in a mathematical formula language, II. Hungarian Mathematical Congress* Vol. II. Section V. (Budapest, 1960), p. 3-16.

[2] Breed, L.M. and Lathwell, R.H., *"The implementation of APL/360", Interactive Systems for Applied Mathematics* (Academic Press, New York and London, 1968), p.390-399.

[3] Eickel, J., Paul, M., Bauer, F.L. and Samelson, K., A syntax-controlled generator of formal language processors, *Comm. ACM* 6, 8 (1963), p. 451-455.

[4] Knuth, D.E., On the translation of languages from left to right, *Information and Control* 8 (1965), p. 607-639.

[5] Floyd, R.W., Syntactic analysis and operator precedence, *Journal of the ACM* 10 (1963), p. 316-333.

[6] Floyd, R.W., Bounded context analysis, *Comm. ACM* 7, 2 (1964), p. 62-67.

[7] Farkas, E., *Matematikai Grammatikák* (Budapest, Eötvös Loránd University, 1968) [M.Thesis, in Hungarian].

[8] Révész, Gy., Syntactic analysis and unilateral context sensitive grammars, *Studia Scientiarum Math. Hung.* 4 (1969), p. 267-278.

[9] Bar-Hille, Y., Perles, M. and Shamir, E., On formal properties of simple phrase structure grammars, Zeitschrift für Phonetik, Sprachwissenschaft un Komm. 14 (1961), p. 143-172.

[10] Révész, Gy., Dual pushdown automata and context sensitive grammars, to appear in Acta Cybernetica (Szeged, Hungary).

FORMULAE IN LANGUAGE TEACHING

by Győző Sipőczy

I. Preliminary Notes

1. Among the five parts of sentence mentioned in traditional grammar books, the Attribute is always attached to a Noun - whichever part of the given sentence it is /Complement/.

2. The Subject, Object and Adverbial Modifier in a sentence are mostly Nouns, the Predicate is either a Verb /simple or compound form/ or a Verb together with a Participle, Adjective or Noun /Complement/.

3. The units of a "Sentence Construction" /Parts of Sentence/ are very rarely single words, in most of the cases they are Nouns together with their Attributes, and Verbs: mostly compound verbal forms or Verbs together with their Complements /Nominal or Verbal Constructions/.

4. In various languages the word order of the Nominal and Verbal Constructions is not discretional, and so formulae can be given for them.

5. According to the above mentioned, it is easy to realize that only two formulae are necessary for finding the various parts of a sentence /analysis/: one for the Nominal Constructions and one for the Verbal ones. These formulae can be made for the various languages, and the usage of them makes the comparison of the source and target languages - and so translation - easy. In this paper - only for showing an example - we give the formulae of Nominal and Verbal Constructions in the English Language.

6. As these formulae are to be used in teaching, it is imperative that they should be comparatively clear and easy to survey. A formula containing all the possibilities of construction is too complicated for this purpose. Taking into consideration the requirements of teaching, we must be content with formulae giving the typical, simplified description of the given construction.

7. In the formulae given below the central member of the construction is marked with the figure "0". The members left of it are given figures with a minus sign, those right of it - figures with a plus sign. It is often the case that a member inside a construction has its own complements. This "secondary construction" is marked with figures in brackets.

II. The Formula of the Nominal Construction

$$
\begin{array}{lllllllll}
-5 & -4 & -3 & (-2) & -1 & 0 & +1 & +2 & +3 \\
 & \text{a/ } N_G & \text{Nu} & \text{Av} & \text{A} & \text{N} & \text{a/ Pr+}\overset{(0)}{\text{N}} & & \\
 & \downarrow & & & \downarrow & & \downarrow & & \\
 & \text{b/ PA} & & & \text{Pa} & & \text{b/ Pa} \longrightarrow & +0\begin{bmatrix}\overset{(0)}{\text{N}}\end{bmatrix} & \text{and AM}\begin{bmatrix}\text{Av or Pr+}\overset{(0)}{\text{N}}\end{bmatrix} \\
 & \downarrow & & & & & \downarrow & & \text{or} \\
\text{all(of)} & \text{c/ At} & & & & & \text{c/ A} \longrightarrow & \text{--} & \text{and AM}\begin{bmatrix}\text{Pr+ }\overset{(0)}{\text{N}}\end{bmatrix} \\
 & \downarrow & & & & & \downarrow & & \\
 & \text{d/ DP} & & & & & \text{d/ Inf} & & \\
 & & & & & & \downarrow & & \\
 & & & & & & \text{e/ all} & &
\end{array}
$$

Notes:

ad 0: N=Noun: $\underline{\overset{0}{\text{machines}}}$

ad -1: A=Adjective, Pa=Participle: $\underline{\overset{-1}{\text{good}}\ \overset{0}{\text{machines}}}$; $\underline{\overset{-1}{\text{running}}\ \overset{0}{\text{water}}}$.

ad -2 : Av=Adverb /to the Adjective -1/: $\underline{\overset{(-2)}{\text{very}}\ \overset{-1}{\text{good}}\ \overset{0}{\text{machines}}}$.

ad -3: Nu=Numeral: $\underline{\overset{-3}{\text{six}}\ \overset{(-2)}{\text{very}}\ \overset{-1}{\text{good}}\ \overset{0}{\text{machines}}}$.

ad -4 and -5: These places are taken by Determinatives.

ad -4/a: N_G=Noun in the Genitive Case: $\underline{\overset{(-4)}{\text{the}}\ \overset{-4(0)}{\text{men's}}\ \overset{-3}{\text{six}}\ \overset{(-2)}{\text{very}}\ \overset{-1}{\text{good}}\ \overset{0}{\text{machines}}}$.

ad -4/b: PA=Possessive Adjective: $\underline{\overset{-4}{\text{their}}\ \overset{-3}{\text{six}}\ \overset{(-2)}{\text{very}}\ \overset{-1}{\text{good}}\ \overset{0}{\text{machines}}}$.

ad -4/c: At=Article: $\underline{\overset{-4}{\text{the}}\ \overset{-3}{\text{six}}\ \overset{(-2)}{\text{very}}\ \overset{-1}{\text{good}}\ \overset{0}{\text{machines}}}$.

ad -4/d: DP=Demonstrative Pronoun: $\underline{\overset{-4}{\text{those}}\ \overset{-3}{\text{six}}\ \overset{(-2)}{\text{very}}\ \overset{-1}{\text{good}}\ \overset{0}{\text{machnines}}}$.

ad –5: Determinatives denoting quantity: all /of/, both /of/, a lot of, some /of/, etc.: $\underline{\overset{-5}{\text{all}}\ \overset{-4}{\text{the}}\ \overset{-1}{\text{good}}\ \overset{0}{\text{machines}}}$.

ad +1/a: "of" construction and any other prepositional expression being Attribute to the Noun in front of it: $\underline{\overset{-4}{\text{the}}\ \overset{0}{\text{machines}}\ \text{of}\ \overset{(-4)}{\text{this}}\ \overset{+1(0)}{\text{factory}}}$; $\underline{\overset{-4}{\text{the}}\ \overset{0}{\text{machines}}\ \text{in}\ \overset{(-4)}{\text{this}}\ \overset{+1(0)}{\text{factory}}}$.

ad +1/b: Participle with an Object or Objects /O=Object/ and/or Adverbial Modifier /AM=Adverbial Modifier/: $\underline{\overset{-4}{\text{the}}\ \overset{0}{\text{man}}\ \overset{+1}{\text{visiting}}\ \overset{(-4)}{\text{the}}\ \overset{+2(0)}{\text{factory}}}$; $\underline{\overset{0}{\text{machines}}\ \overset{+1}{\text{working}}\ \text{at}\ \overset{(-1)}{\text{high}}\ \overset{+3(0)}{\text{speed}}}$; $\underline{\overset{(-4)}{\text{the}}\ \overset{0}{\text{man}}\ \overset{+1}{\text{running}}\ \overset{+3}{\text{quickly}}}$.

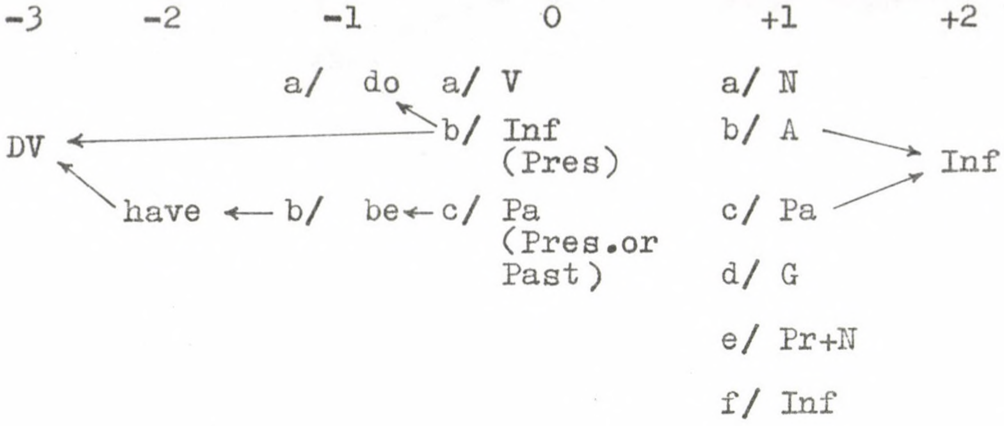
N.B. Compound forms of Participle get after the Noun without any Complement, too: $\underline{\overset{-4}{\text{the}}\ \overset{0}{\text{book}}\ \overset{+1}{\text{being}}\ \overset{+1}{\text{read}}}$.

ad +1/c: Adjective with an Adverbial Modifier or Adverbial Modifiers /it cannot have any Object/. The AM is a Prepositional Expression: $\underline{\overset{-4}{\text{a}}\ \overset{0}{\text{chance}}\ \overset{+1}{\text{open}}\ \text{to}\ \overset{(-4)}{\text{the}}\ \overset{+3(0)}{\text{children}}}$.

ad +1/d: Inf=Infinitive/Attribute to the Noun in front of it: $\underline{\overset{0}{\text{work}}\ \text{to}\ \overset{+1}{\text{do}}}$.

ad +1/e: e.g.: $\underline{\overset{0}{\text{we}}\ \overset{+1}{\text{all}}}$.

III. The Formula of the Verbal Construction



Notes:

1. Under -1/b and -2 only the Non-Finite forms of the verbs "be" and "have" are found. The Finite forms of them are under -3, together with the Special Finites /Defective or Helping Verbs/.

2. In the expressions "is to make", "has to make", etc. the verbs "be" and "have" are Special Finites as for function, but they are Full Verbs as for form /has been to make, didn't have to make, etc./. For practical purposes it seems better to take them Full Verbs "0" and the Infinitive take Complement "+1". The verb "have" denoting possession and the verb "be" having Complement are considered as Full Verbs "0" for the same reason.

ad 0/a: Present or Past of a Full Verb: $\overset{0}{\underline{\text{make}}}$, $\overset{0}{\underline{\text{makes}}}$, $\overset{0}{\underline{\text{made}}}$. All the other forms are compound.

ad -1/a: Present or Past Negative and Interrogative: $\overset{-1}{\underline{\text{do/n't/}}}\ \overset{0/b}{\underline{\text{make}}}$, $\overset{-1}{\underline{\text{does /n't/}}}\ \overset{0/b}{\underline{\text{make}}}$, $\overset{-1}{\underline{\text{did/n't/}}}\ \overset{0/b}{\underline{\text{make}}}$.

ad -1/b and -2: These are to be found with Special Finites only. See: Notes for -3.

ad -3: The most frequent forms belonging to this point are:

-3 0/b
1. Special Finite and Inf. Pres: will make,
-3 0/b
must make, etc.

2. Special Finite and Pres. or Past Pa:
-3 0/c -3 0/c -3 0/c
is making, is made, has made, etc.
-3 -1/b 0/c
3. Special Finite + be + Pa: is being made,
-3 -1/b 0/c
will be making, will be made, must be made,

has been making, has been made, etc.
-3 -2 0/c
4. Special Finite + have + Pa: will have made,

should have made, etc.
-3
5. Special Finite + have + be + Pa: will
-2 -1/b 0/c
have been making, will have been made, etc.

ad +1 and +2: Complements.

ad +1/a: Nouns as Complements can be centres of
0 ((-2))
secondary Nominal Constructions: are very
(-1) +1(0)
good machines.

If a Verb taking a Complement has an Object at the same time, the Object gets between
0 -4 0
the Verb and its Complement: called /the man/
(-4) +1(0)
his friend.

ad +1/b: Adjectives as Complements can have their own
0 (-2) +1 0 (-2) +1
Adverbs: is very good, looks rather tired.

If a Verb taking an Adverbial Complement has an Object at the same time, the Object gets between the Verb and the Complement:
0 -4 0 +1
made /my friend/ angry.

ad +1/c: $\underline{\overset{0}{\text{is}}\ \overset{+1}{\text{annoying}}}$ /bosszantó!/, $\underline{\overset{0}{\text{is}}\ \overset{+1}{\text{done}}}$ /kész!/, etc.

ad +1/d: $\underline{\overset{0}{\text{continued}}\ \overset{+1}{\text{reading}}}$, etc.

ad +1/e: $\underline{\overset{0}{\text{is}}\ \text{in}\ \overset{(-3)}{\text{two}}\ \overset{+1(0)}{\text{parts}}}$, etc.

ad +1/f: $\underline{\overset{0}{\text{seemed}}\ \text{to}\ \overset{+1}{\text{fall}}}$, etc.

ad +2: In the groups +1/b and +1/c there are a lot of Adjectives or Participles taking further Complements. These second Complements are Infinitives: $\underline{\overset{0}{\text{is}}\ \overset{+1}{\text{able}}\ \text{to}\ \overset{+2}{\text{make}}}$ /comp.: $\underline{\overset{-3}{\text{can}}}$ $\underline{\overset{0/b}{\text{make}}}$/, $\underline{\overset{0}{\text{is}}\ \overset{+1}{\text{obliged}}\ \text{to}\ \overset{+2}{\text{go}}}$, etc.

IV. Practical work shows that with the help of these constructional formulae students can be made able to analyse sentences, comparatively without mistakes, in a short time. The rules of word order in Hungarian given, they can translate any sentence with much less misunderstanding than they did without these formulae. After a comparatively short time of practice they are able to use the formulae "automatically" and this ability helps them to understand the constructions of the foreign language without long and tiring analysis, and - provided they have a vocabulary big enough - they can read texts of the foreign language similarly to those of their mother tongue: understanding them without actual translation.

References

[1]·Deme L., A mai magyar nyelv rendszere. Leiró nyelvtan II. (Budapest, 1962), p. 471-502.

[2] Dezső, L., Notes on the Word Order of Simple Sentences in Hungarian, Computational Linguistics IV. (Budapest, 1965), p. 3-59.

[3] Harris, Z.S., String Analysis of Sentence Structure (Monton and Co.,. 1962).

[4] Hell, Gy., Opredelenie nominal'nykh grupp v MP s russkogo na vengerskij, Computational Linguistics I. (Budapest, 1963), p. 5-106.

[5] Hell, Gy., The Two Levels of the Syntactic Analysis in the Mechanical Analysis of Russian Texts, Computational Linguistics II. (Budapest, 1964), p. 127-158.

[6] Revzin, I.I., Modeli Jazyka (Moskva, 1962).

[7] Selimova, I.N., Ustanovlenie sintaksičeskikh svjazej predložnykh grupp v russkom jazyke, Lingvističeskie issledovanija po MP 2. (Moskva, 1961), 117-141.

[8] Sipőczy Gy., Az elöljárós kifejezések programozási kérdései, Általános Nyelvészeti Tanulmányok II. (Budapest, 1964), p. 231-242.

[9] Sipőczy, Gy., Algorithms for Analysis of Homonym Nominal Forms, Computational Linguistics I. (Budapest, 1963), p. 109-187.

[10] Sipőczy, Gy., Some Semantic Aspects of the Machine Translation from Russian into Hungarian, Computational Linguistics II. (Budapest, 1964), p. 159-177.

К ПОНЯТИЮ ПРОИЗВОДНЫХ ПО О.С.КУЛАГИНОЙ ОТНОШЕНИЙ

Ю.А.Шрейдер

Пусть дано множество $\mathfrak{V}$, которое мы будем называть словарем /или алфавитом/. Языком $\mathcal{L}(\mathfrak{V})$ над $\mathfrak{V}$ принято называть некоторое множество, состоящее из конечных цепочек над $\mathfrak{V}$. Обозначим теперь через $\text{Э}(\mathfrak{V})$ совокупность всех отношений эквивалентности на словаре $\mathfrak{V}$ или, иначе говоря, совокупность всех разбиений $\mathfrak{V}$ на непересекающиеся классы.

В работе О.С.Кулагиной [I] предложена хорошо известная теперь в математической лингвистике конструкция, позволяющая при заданном $\mathcal{L}(\mathfrak{V})$ сопоставить каждому отношению $\mathcal{A} \in \text{Э}(\mathfrak{V})$ так называемое производное отношение /производное разбиение/ $\mathcal{A}'$. Это означает, что каждый язык $\mathcal{L}(\mathfrak{V})$ задает отображение

$$\triangle : \text{Э}(\mathfrak{V}) \longrightarrow \text{Э}(\mathfrak{V}),$$

ставящее в соответствие любому отношению $\mathcal{A}$ его производное $\mathcal{A}'$.

В работе [I] и других исследованиях установлен ряд интересных свойств производных отношений /см. напр. [2] и [3]/.

Полезно обратить внимание на следующее обстоятельство.

Из содержательного определения производного отношения получаются следующие три свойства:

I/ $\mathcal{A} \subseteq \mathcal{A}'$,

2/ Если $\mathcal{A} \subset B \subset A'$, то $B' = \mathcal{A}'$

3/ Если $\mathcal{A}'B = BA'$, и $\mathcal{A} \subset B$, то $\mathcal{A}' \subseteq B'$.

Осталъные свойства производных отношений выводятся из этих чисто алгебраически. Естественно возникает вопрос: нельзя ли ввести понятие производного отношения как отображения $\Delta: \text{Э}(\mathcal{V}) \to \text{Э}(\mathcal{V})$, обладающего тремя указанными свойствами и показать, что оно обязательно дается Кулагинской конструкцией при соответствующем выборе языка $\mathcal{L}$?

Мы не можем здесь дать ответ на этот вопрос. Вместо этого мы дадим конструкцию производных отношений формально более общую, чем Кулагинская. Эта конструкция заведомо обеспечит выполнение нужных нам трех свойств, а стало быть и всех известных содержательных свойств производных отношений.

Эта конструкция показывает, что понятие производных отношений относится, собственно, не к математической лингвистике, а к общей теории бинарных отношений. Остается открытым вопрос, является ли эта конструкция общей реализацией отображений $\Delta: \text{Э}(\mathcal{V}) \to \text{Э}(\mathcal{V})$, обладающих указанными тремя аксиомами? И дает ли она тот же класс отображений, что и конструкция О.С.Кулагиной?

Далее потребуем, чтобы на множестве $\mathcal{V}$ была задана некоторая система признаков. В частности, если над $\mathcal{V}$ построен язык $\mathcal{L}(\mathcal{V})$, то каждому элементу $x \in \mathcal{V}$ соответствуют содержащие x контексты, которые можно рассматривать как признаки, сопоставленные элементу x /и обратно, символы из $\mathcal{V}$, образующие текст, суть простейшие признаки этого текста/.

Общая конструкция состоит в следующем.

Следуя [4], назовем картой упорядоченную тройку $\langle \mathcal{V}, \Pi, \varphi \rangle$ где $\mathcal{V}$ - множество исходных объектов, Π - множество признаков, а φ - многозначное отображение $\varphi : \mathcal{V} \to \Pi$, определенное на всем $\mathcal{V}$. Условимся через $\varphi(x)$ обозначать произвольный признак, который φ сопоставляет объекту x, а через $\Phi(x)$ множество всех признаков сопоставляемых объекту x.

Пусть $\mathcal{A}$ - бинарное отношение на $\mathcal{V}$, тогда введем обозначение

$$\Phi_A(x) = \bigcup_{yAx} \Phi(y), \qquad /I/$$

где объединение берется по всем y, находящимся с x в отношении $\mathcal{A}$. Отображение $\varphi_A : \mathcal{V} \to \Pi$ соотносит элементу x все признаки из $\Phi_A(x)$.

Если $\mathcal{A}$ - эквивалентность, то φ_A можно рассматривать как отображение фактор-множества:

$$\varphi_A : \ V/A \to \Pi,$$

поскольку $\varphi_A(x)$ постоянно на каждом классе эквивалентности. Тогда можно ввести "фактор-карту" $\langle V/A, \Pi, \varphi_A \rangle$.

Каждому отношению эквивалентности $\mathcal{A} \in Э(\mathcal{V})$ можно сопоставить отношение эквивалентности $\tilde{\mathcal{A}}$, определенное условием: $x\tilde{\mathcal{A}}y$ равносильно

$$\Phi_A(x) = \Phi_A(y). \qquad /2/$$

В частности, единичному отношению E соответствует отношение $\tilde{E} = S$, выполненное, когда

$$\Phi(x) = \Phi(y).$$

Легко видеть, что имеет место включение

$$\mathcal{A} \subseteq \tilde{\mathcal{A}}, \qquad /3/$$

поскольку при xAy заведомо выполнено /2/.

Однако из $\mathcal{A}\subseteq B$ не следует, что $\tilde{\mathcal{A}}\subseteq\tilde{B}$. Это показывает следующий пример.

Пример: Пусть $\mathcal{V}=\{x_1,x_2,x_3\}$, $\Pi=\{\xi_1,\xi_2\}$, $\varphi(x_1)=\xi_1$, $\varphi(x_2)=\xi_1$, $\varphi(x_3)=\xi_2$. Пусть $\mathcal{A}=E$, а B соответствуют классы $\{x_1\}$ и $\{x_2,x_3\}$. Ясно, что $E\subset B$, $\tilde{B}=B$ а отношению $\tilde{E}$ соответствуют классы $\{x_1,x_2\}$ и $\{x_3\}$.

Отсюда видно, что $\tilde{B}$ и $\tilde{E}$ не сравнимы.

Тем не менее выполняется несколько ослабленное свойство "монотонности", как это показывает

Лемма I: Если выполнено условие $\mathcal{A}\subseteq B\subseteq\tilde{\mathcal{A}}$, то $\tilde{B}=\tilde{\mathcal{A}}$.

Доказательство. Сначала заметим, что для всякого $x\in\mathcal{V}$ имеет место равенство множеств

$$\Phi_A(x)=\Phi_{\tilde{A}}(x) \qquad /4/$$

В самом деле, согласно /I/

$$\Phi_{\tilde{A}}(x)=\bigcup_{y\tilde{A}x}\Phi(y)$$

Но при $y\tilde{\mathcal{A}}x$ по определению отношения $\tilde{\mathcal{A}}$ имеем $\Phi_A(y)=\Phi_A(x)$, откуда вытекает /4/.

С другой стороны, при $\mathcal{A}\subseteq B$ имеем

$$\Phi_B(x)=\bigcup_{yBx}\Phi(y)\supseteq\bigcup_{yAx}\Phi(y)=\Phi_A(x),$$

то есть

$$\Phi_B(x)\supseteq\Phi_A(x). \qquad /5/$$

Стало быть, по условию леммы для любого $x\in\mathcal{V}$ выполнено

$$\Phi_A(x)\subseteq\Phi_B(x)\subseteq\Phi_{\tilde{A}}(x).$$

Используя /4/, получаем отсюда

$$\Phi_A(x)=\Phi_B(x).$$

Значит, условие $\Phi_A(x)=\Phi_A(y)$ равносильно $\Phi_B(x)=\Phi_B(x)$ или $\tilde{\mathcal{A}}=\tilde{B}$, что и требовалось доказать.

Заметим, что определение $\tilde{\mathcal{A}}$ и лемма I легко распространяются на случай, когда $\mathcal{A}$ – отношение толерантности.

Факторизуем теперь множество признаков, т.е. возьмем на Π отношение эквивалентности B^*, которому соответствует сюръективное отображение

$$\beta : \Pi \to \Pi/_{B^*}$$

Тем самым определяется новая карта $\langle V, \Pi/_{B^*}, \varphi_\beta \rangle$, где φ_β есть композиция отображений $\varphi_\beta = \beta\varphi$

$$\begin{tikzcd} V \arrow[r, "\varphi_\beta"] \arrow[d, "\varphi"'] & \Pi/_{B^*} \\ \Pi \arrow[ur, "\beta"'] & \end{tikzcd}$$

Лемма 2: Результат факторизации карты по объектам и по признакам не зависит от порядка, в котором она выполняется:

$$\varphi_{A\beta} = \varphi_{\beta A}$$

Доказательство. Достаточно заметить, что

$$\Phi_{A\beta}(x) = \beta\Phi_A(x) = \beta \bigcup_{y\mathcal{A}x} \Phi(y) = \bigcup_{y\mathcal{A}x} \beta\Phi(y) = \bigcup_{y\mathcal{A}x} \Phi_\beta(y) = \Phi_{\beta A}(x).$$

Пусть теперь каждому отношению эквивалентности $\mathcal{A} \in \text{Э}(\mathcal{V})$ сопоставлено "сопряженное" отношение эквивалентности $\mathcal{A}^*$ на множестве признаков Π, так что выполнены условия:

I/ если $\mathcal{A} \subset B$, то $\mathcal{A}^* \subseteq B^*$ и

2/ если при всех $x \in \mathcal{V}$ выполнено

$$\Phi_{B\alpha}(x) = \Phi_{A\alpha}(x),$$

где $\mathcal{A} \subseteq B$; $\alpha : \Pi \to \Pi/_{\mathcal{A}^*}$, $\beta : \Pi \to \Pi/_{B^*}$, то из $\Phi_{A\alpha}(x) \neq \Phi_{A\alpha}(y)$ следует $\Phi_{B\beta}(x) \neq \Phi_{B\beta}(y)$.

Последнее условие означает, что когда B не слишком сильное по сравнению с $\mathcal{A}$ склеивание объектов /не портящее распределение признаков по классам эквивалентности/, то B^* не слишком сильное склеивание признаков.

Определение I: Отношение $\mathcal{A}'$ на $\mathcal{U}$ называется производным отношением $\mathcal{A}$, если $x A' y$ задается условием

$$\Phi_{A\alpha}(x) = \Phi_{A\alpha}(x) \qquad /6/$$

Ясно, что производное отношение определяется картой $<\mathcal{U}, \Pi, \varphi>$ и выбором сопряженных отношений на Π.

Установим некоторые важные свойства производных отношений. Очевидно, что из совпадения множеств признаков

$$\Phi_{A}(x) = \Phi_{A}(y)$$

следует совпадение образов этих множеств

$$\Phi_{A\alpha}(x) = \Phi_{A\alpha}(y).$$

Стало быть,

$$\tilde{\mathcal{A}} \subseteq \mathcal{A}'. \qquad /7/$$

И отсюда с помощью /3/ получаем

$$\mathcal{A} \subseteq \mathcal{A}'. \qquad /8/$$

Теорема I: Если $\mathcal{A} \subseteq B \subseteq \mathcal{A}'$, то $B' = \mathcal{A}'$.

Доказательство. Согласно определению производной $x B' y$ выполнено, когда

$$\Phi_{B\beta}(x) = \Phi_{B\beta}(y),$$

где $\beta : \Pi \to \Pi/_{B^*}$. Но по лемме 2 имеем:

$$\Phi_{B\alpha}(x) = \Phi_{\alpha B}(x) = \bigcup_{zBx} \Phi_{\alpha}(z) \supseteq \bigcup_{z\mathcal{A}x} \Phi_{\alpha}(z) = \Phi_{\mathcal{A}\alpha}(x).$$

Итак:

$$\Phi_{B\alpha}(x) \supseteq \Phi_{A\alpha}(x)$$

Аналогично, имеем

$$\Phi_{A'\alpha}(x) = \bigcup_{z\mathcal{A}'x} \Phi_{\alpha}(z) \supseteq \bigcup_{zBx} \Phi_{\alpha}(z) = \Phi_{B\alpha}(x),$$

то есть

$$\Phi_{\mathcal{A}'\alpha}(x) \supseteq \Phi_{B\alpha}(x) \supseteq \Phi_{A\alpha}(x) \qquad /9/$$

С другой стороны, при $z \mathcal{A}' x$ согласно /6/

$$\Phi_{A\alpha}(x) = \Phi_{\mathcal{A}\alpha}(z)$$

Значит,

$$\Phi_{\mathcal{A}'\alpha}(x) = \bigcup_{z\mathcal{A}'x} \Phi_{\alpha}(z) = \bigcup_{x\mathcal{A}'z} \bigcup_{z\mathcal{A}u} \Phi_{\alpha}(u) = \bigcup_{x\mathcal{A}'z} \Phi_{\mathcal{A}\alpha}(z) = \Phi_{\mathcal{A}\alpha}(x).$$

Сравнивая это равенство с /9/, получаем для любого $x \in \mathcal{U}$

$$\Phi_{\mathcal{A}'\alpha}(x) = \Phi_{B\alpha}(x) = \Phi_{\mathcal{A}\alpha}(x). \qquad /I0/$$

Пусть теперь выполнено $xB'y$, т.е. $\Phi_{B\beta}(x) = \Phi_{B\beta}(y)$. Тогда, по второму условию на сопряженные отношения, с учетом /I/, имеем $\Phi_{A\alpha}(x) =_{\mathcal{A}\alpha}(y)$. То есть $x\mathcal{A}'y$. Итак, мы доказали, что

$$B' \subseteq \mathcal{A}'.$$

Докажем теперь обратное включение.

Пусть выполнено $x\mathcal{A}'y$, т.е. $\Phi_{\mathcal{A}\alpha}(x) = \Phi_{A\alpha}(y)$. В силу /9/ отсюда следует, что

$$\Phi_{B\alpha}(x) = \Phi_{B\alpha}(y)$$

Но первое условие на сопряженные отношения позволяет вывести отсюда, что

$$\Phi_{B\beta}(x) = \Phi_{B\beta}(y),$$

а, значит, выполнено $xB'y$. Итак, $\mathcal{A}' \subseteq B'$.
В результате имеем требуемое равенство

$$\mathcal{A}' = B'.$$

Теорема доказана.*/

Из этой теоремы можно чисто алгебраическим путем получить основные результаты о производных отношениях.

*/ Стоит подчеркнуть, что из $\mathcal{A} \subseteq B \subseteq \mathcal{A}'$ включение $\mathcal{A}' \subseteq B'$ выводится без использования второго свойства сопряженных отношений.

Лемма 3: Вторая производная совпадает с первой:

$$\mathcal{A}'' = \mathcal{A}'$$

Доказательство. Согласно /8/ имеем $\mathcal{A} \subseteq C \subseteq \mathcal{A}'$, где $C = \mathcal{A}'$. Тогда по теореме I $C' = \mathcal{A}'$, т.е. $\mathcal{A}'' = \mathcal{A}'$ и т.д.

Лемма 4. Если $\mathcal{A} \subseteq B \subseteq C$ и $\mathcal{A}' = C'$, то $\mathcal{A}' = B'$.

Доказательство. Так как $C \subseteq C'$, то $\mathcal{A} \subseteq B \subseteq C' = \mathcal{A}'$. Следовательно, по теореме I: $B' = \mathcal{A}'$.

Заметим, что из теоремы I следует свойство "квазимонотонности": Если $\mathcal{A} \subset B$, то невозможно $\mathcal{A}' \supset B'$. В самом деле, предположим противное. Тогда, в силу $B \subseteq B'$ мы имеем $\mathcal{A} \subseteq B \subseteq B' \subset \mathcal{A}'$ и, значит, $\mathcal{A}' = B'$.

Однако полная монотонность также не имеет места. А именно, из $\mathcal{A} \subseteq B$ не следует, вообще говоря, что $\mathcal{A}' \subseteq B'$.

Так, если E – тождественное отношение, $S = E'$, то монотонность означала бы, что для всякого отношения эквивалентности P, $P' \supseteq S$.

Обратимся теперь к рассмотренному выше примеру, положив в нем, что все $\mathcal{A}^*$ суть тождества на Π. Тогда $\tilde{\mathcal{A}} = \mathcal{A}'$, а наш пример как раз и показывает, что $\tilde{p} = p'$ и $\tilde{E} = S$ не сравнимы.

Можно было бы просто сослаться на приводимый в §I, гл.П книги [3] пример "неадекватного" языка. /Ниже мы увидим, что наше определение производного отношения охватывает случай, рассматриваемый в [3] /.

Резюмируя, можно сказать, что если $\mathcal{A} \subset B$, то либо $\mathcal{A}' \subseteq B'$, либо $\mathcal{A}$ и B не сравнимы.

Полезно иметь в виду еще следующее тривиальное замечание. Если на множестве признаков Π определены сопряженные отношения, удовлетворяющие двум поставленным условиям, то фактор-отношения $\mathcal{A}^*/_{E^*}$ на фактор-множестве $\Pi/_{E^*}$ также обладает всеми свойствами сопряженных отношений. Карта $\langle \mathcal{U}, \Pi/_{E^*}, \varphi_E \rangle$, где $E: \Pi \rightarrow \Pi/_{E^*}$ определяет ту же самую производную на $\mathcal{U}$, что и исходная карта. Поэтому, можно без ограничения общности считать, что E^* есть тождество на множестве признаков.

Если выполнено $\mathcal{A} \subseteq B \subseteq \mathcal{A}'$, то говорят, что $\mathcal{A}$ регулярно мельче B /сокращенно: A р.м. B /. Легко показать, что выполнено следующее свойство транзитивности:

Если $\mathcal{A}$ р.м. B и B р.м. C , то $\mathcal{A}$ р.м. C .

Действительно, мы имеем $\mathcal{A} \subseteq B \subseteq \mathcal{A}'$, т.е. $B' = \mathcal{A}'$. Далее $B \subseteq C \subseteq B'$ или $C' = B' = \mathcal{A}'$. Так как $\mathcal{A} \subseteq B \subseteq C$, то $\mathcal{A} \subseteq C \subseteq \mathcal{A}'$ /см. лемму 2.2 в [2] /.

Следующая теорема показывает, что при некоторых дополнительных условиях операция взятия производной обладает свойством "монотонности".

Теорема 2: Если $\mathcal{A} \subseteq B$ и $\mathcal{A}'B = B\mathcal{A}'$, то имеет место включение $\mathcal{A}' \subseteq B'$.

Доказательство. Пусть выполнено отношение $x\mathcal{A}'y$. Тогда из zBx следует $zB\mathcal{A}'y$, значит:

$$\Phi_{B\beta}(x) = \bigcup_{zBx} \Phi_\beta(z) \subseteq \bigcup_{zB\mathcal{A}'y} \Phi_\beta(z)$$

В силу предположенной коммунитативности:

$$\bigcup_{zB\mathcal{A}'y} \Phi_\beta(z) = \bigcup_{z\mathcal{A}'By} \Phi_\beta(z)$$

т.е. объединение берется по всем z, для которых существует такой w, что $z\mathcal{A}'w$ и wBy.

Но при фиксированном w, объединение по z

$$\bigcup_{z\mathcal{A}'w} \Phi_\alpha(z) = \Phi_{\mathcal{A}\alpha}(w),$$

т.е.

$$\bigcup_{z(\mathcal{A}'B)y} \Phi_\alpha(z) \subseteq \bigcup_{wBy} \Phi_{\mathcal{A}\alpha}(w)$$

Значит, включение верно при более сильной склейке признаков:

$$\bigcup_{z(\mathcal{A}'B)y} \Phi_\beta(z) \subseteq \bigcup_{wBy} \Phi_{\mathcal{A}\beta}(w) \subseteq \bigcup_{wBy} \Phi_{B\beta}(w) = \Phi_{B\beta}(y).$$

- второе включение следует из /5/.

Итак, мы получаем из $x\mathcal{A}'y$

$$\Phi_{B\beta}(x) \subseteq \Phi_{B\beta}(y).$$

Но совершенно симметричными рассуждениями можно получить противоположное включение $\Phi_{B\beta}(x) \supseteq \Phi_{B\beta}(y)$, т.е. $\Phi_{B\beta}(x) = \Phi_{B\beta}(y)$ или $xB'y$. Итак, мы доказали, что из $\mathcal{A} \subset B$ вытекает $\mathcal{A}' \subseteq B'$. Теорема доказана.

Теперь рассмотрим более конкретную ситуацию, раскрывающую лингвистический смысл понятия производной.

Определение 2: Назовем окрестностью $U(x)$ последовательность элементов из V с выделенным вхождением элемента x. Это вхождение называется центром окрестности.

Каждому элементу окрестности $U(x)$ соответствует его "координата" - целое число, равное порядковому номеру данного вхождения, отсчитываемого от центра. Центр имеет нулевую координату, элементам, находящимся справа от центра соответствуют положительные числа, а элементам, находящимся слева - отрицательные.

Пример:	-3	-2	-1	0	1	2	3
$U(x) =$	x	y	y	$\underline{x}$	y	y	x

Наложением окрестностей $\mathcal{U}(x)$ и $\mathcal{U}(y)$ мы назовем такое соответствие между их элементами, когда центры сопоставлены друг другу и элементы с одинаковыми координатами сопоставлены друг другу /ср. [5] /. При этом может оказаться, что некоторым элементам соответствует пустой элемент. Например:

$$\mathcal{U}(x) = x\ y\ y\ \underline{x}\ z\ \#$$
$$\mathcal{U}(y) = \#\ x\ z\ \underline{y}\ x\ x\ ,$$

где знак $\#$ говорит о том, что правее z и левее x нет символов.

Определение 3: Если $\mathcal{A}$ - отношение на $\mathcal{V}$, то отношение $\mathcal{A}^*$ на множестве окрестностей задается правилом

$$\mathcal{U}(x)\ \mathcal{A}^*\ \mathcal{U}(y),$$

если все пары соответствующих друг другу элементов кроме, быть может, центров окрестностей находятся в отношении $\mathcal{A}$. При этом отношение $\mathcal{A}$ между пустым элементом и любым элементом $\mathcal{V}$ считается невыполненным. Иначе, отношение $\mathcal{A}^*$ выполнено только в том случае, когда окрестности $\mathcal{U}(x)$ и $\mathcal{U}(y)$ полностью налагаются одна на другую.

Замечание: Если $\mathcal{A}$ - эквивалентность, то $\mathcal{U}(x)\mathcal{A}^*\mathcal{U}(y)$ означает, что окрестности $\mathcal{U}(x)$ и $\mathcal{U}(y)$ /за исключением центров/ имеют одинаковую $\mathcal{A}$-структуру /см. [3] , §5, гл.I/.

Пусть теперь $\mathcal{L}$ язык над алфавитом $\mathcal{V}$, а X фраза в этом языке. Если в X выделить вхождение какого-либо элемента x , то X можно рассматривать как окрестность $\mathcal{U}(x)$ этого элемента. Обозначим через $\Pi_{\mathcal{L}}$ множество всех таких окрестностей, задаваемых языком $\mathcal{L}$, а сопряженные отношения на $\Pi_{\mathcal{L}}$ введем согласно определению 3. Пусть отображение $\varphi : \mathcal{V} \rightarrow \Pi_{\mathcal{L}}$ сопоставляет каждому элементу x из $\mathcal{V}$ все его окрестности. Тогда производное отношение, задаваемое картой $\langle \mathcal{V}, \Pi_{\mathcal{L}}, \varphi \rangle$, совпадает с производным, определенным О.С.Кулакиной в [I] , а основные свойства производных будут следовать из только что доказанных результатов. Достаточно только проверить, что сопряженные отношения удовлетворяют необходимым условиям. Первое из этих условий проверяется тривиально. Проверим теперь второе условие.

Факторизовав $\mathcal{V}$ по $\mathcal{A}$ и $\Pi_{\mathcal{L}}$ по $\mathcal{A}^*$, мы сведем проверку этого условия к случаю $\mathcal{A}=E$ и $\mathcal{A}^*=E^*$, где E – тождество на $\mathcal{V}$. Тогда наше условие получится из следующего утверждения:

Лемма 5: Пусть для любого символа $x \in \mathcal{V}$ из xBy следует, что множества окрестностей $\{U(x)\}$ и $\{U(y)\}$ совпадают. Тогда, если для x и y множества B-структур окрестностей $\{U(x)\}$ и $\{U(y)\}$ совпадают, то совпадают и сами наборы окрестностей $\{U(x)\}$ и $\{U(y)\}$.

Доказательство. Рассмотрим произвольную окрестность $U(x) = \underline{x}\ x_1 x_2 \dots x_n$ /Для простоты, мы поставили ее центр на первом месте/. Тогда для y существует окрестность вида $U'(y) = y y_1 y_2 \cdots y_n$, где $x_i B y_i$. По условию у элементов $\bar{x}_1$ и y_1 совпадают запасы окрестностей. Стало быть, беря x_1 за центр окрестности $U'(y)$ мы будем иметь в языке $\mathcal{L}$ текст вида $y x_1 y_2 \dots y_n$. Но для x_2 и y_2 совокупности окрестностей также совпадают, следовательно, в $\mathcal{L}$ есть текст вида $y x_1 x_2 \cdots y_n$. Продолжая далее, мы придем к тому, что для y имеется окрестность вида $\underline{y}\ x_1 x_2 \dots x_n$.
Итак, любой окрестности $U(x)$ соответствует равная ей окрестность $U(y)$. Лемма доказана. Тем самым, рассмотренная в этой статье теория охватывает Кулагинское понятие производного отношения.

Литература

[I] О.С.Кулагина, О теоретико-множественном способе определения основных лингвистических понятий, Проблемы кибернетики вып.1. /I958/.

[2] А.В.Гладкий, Лекции по математической лингвистике /Новосибирск, I966/.

[3] S.Marcus, Algebraic Linguistics; Analytical Models (New York, 1967).
Русск.перев. С.Маркус, Теоретико-множественные модели языков /Наука, Москва, I970/.

[4] Ю.А.Шрейдер, Математическая модель теории классификации, Сб. НТИ №I0 /I968/.

[5] Ю.А.Шрейдер, Окрестностная модель языка, Сб. докладов Конференции по порождающим грамматикам /Тарту, I969/.

BITS FROM HUNGARIAN GRAPHEMIC STRUCTURE

by György Szépe

1. Introductory remarks

'Graphemic' in the title refers to the written form of a language with regard to its phonemic structure [1]. - My phonemic frame is a distinctive feature phonology converging with that of Halle and Chomsky [2]. - No attempts will be made here to deal with issues such as the priority of speech over script or conversion of speech to script [3].

My problem is to find a correlation between Hungarian phonological segments and their symbolization by letters.

Hungarians adopted the Roman writing system, i.e. the letter of the Latin alphabet, a system which only partially covers the needs of Hungarian. During the turbulent history of Hungarian orthography there were several attempts to complement the Roman inventory of letters [4]. Finally by 1903 Hungarian orthographical system reached a state which has not been surpassed [5]. /There were even some steps backwards./

The vowel subsystem is complemented by diacritics, no matter whether a new prosodical feature /length/ or a new type of feature combination /ö ur ü/ is needed. Consonants on the other hand use an addition technique: poligraphs /either preposed or postposed/ designate new types of feature combinations [6].

2. Vowels

This is the original Latin system, presented in a Prague styled phonological diagram [7]:

i u
e o
a

The system of short Hungarian vowels is yielded by the addition of two front rounded vowels:

i ü u
e ö o
a

and by providing each member by its long counterpart:

ií üű uú
eé öő oó
aá

where altogether 9 new items complete the old 5 vowel phoneme system to a 14 grapheme system.

This 14 grapheme system presents some iconic relations, i.e. some parts of their make-up can be correlated to distinctive features. Let us look first at the rounded subset. The Latin subset contained two members: u and o corresponding to the phonemic features [+high] and [-high], respectively. While the Hungarian subset characterized by having [+rounded] feature contains 8 members:

Phonological features [8]:	/o/	/ó/	/u/	/ú/	/ö/	/ő/	/ü/	/ű/
[back]	+	+	+	+	-	-	-	-
[high]	-	-	+	+	-	-	+	+
[long]	-	+	-	+	-	+	-	+

Let us analyze the graphic features of the subset. Let us look first at the base characters, i.e. the letters without diacritics. The four u-based characters can be opposed by a feature §+open§ to the four o-based characters, which will be then §-open§[9]. In Latin where this oposition would have but two members this would be an ad hoc featurezation. But in Hungarian this is not the case; here the base characters are only parts of the total graphic shape, so they become analyzable.

The next graphic feature can be 'double diacritics' over the base character. So ö, ő, ü, ű would be marked by a graphemic feature §+double§, while o, ó, u, ú by a feature §-double§.

The third necessary graphemic feature is §+stroke§ - either single or double stroke - marking ó, ú, ő, ű as opposed to those which are without any accent /o, u/ and to those which have double dots /ö, ü/, all these latter ones marked by the graphemic feature §-stroke§. - The feature §stroke§ is iconic, diagrammatic from semiotic point of view: the longer is the pencil line on the paper, the longer is the duration of time of the sound produced, but only endpoints are marked within a two step scale.

So the graphemic featurization of Hungarian vowels looks like this:

Graphemic features										Phonemic features
	o	ó	u	ú	ö	ő	ü	ű	corresponding to:	
§open§	-	-	+	+	-	-	+	+		[αhigh]
§double§	-	-	-	-	+	+	+	+		[-αback]
§stroke§	-	+	-	+	-	+	-	+		[αlong]

The complete 14 vowel system can be characterized by graphemic features, too. But before that we should decide what variety of script is under investigation: handwriting or printing /typing/, and capital /upper case/ or small /lower case/ letters. These are real issues for the a, e, and i-based characters:

Handwriting	small letters	a	á	e	é	i	í
	capital letters	A	Á	Ɛ	Ɛ́	J	J́
Typing	upper case letters	a	á	e	é	i	í
	lower case letters	A	Á	E	É	I	Í

The bases can be analyzed in multiple ways. The treatment of i & its congeners is fairly simple. The graphemic feature called so far §open§ has to be transformed into §non-closed§; so i, u, ü - and even y - would be provided by feature §+non-closed§, opposed to e and a, which would receive feature §-non-closed§. But feature §non-closed§ must be restricted to vowels.

The analysis of e and a would be simple if there would be only capital /upper case/ letters. Then both O, U, and A would be provided by the feature §+symmetrical§. The domain of this feature would extend over the 'bulky' characters, i.e. others than I. - Then O and U would be set off by a graphemic feature §+round§, i.e. round on their lower part. /Here I skip the other ways, because at this stage of investigation it has virtually no importance what variety we pick up; without a thorough analysis of the consonantal character bases all this is but very provisional./

Graphemic feature §+stroke§ corresponds to phonemic feature [+long] over E and A, too. And so it is for capital I, too. For the small /lower case/ i there is, however, the extra problem of the dot. This dot is highly idiosyncratic and characteristic for a certain phonemic feature combination common to /i/ and /j/, the phonemic counterpart of letter j. The dot vanishes in every variant of script for the capital or upper case letters.

The 14 vowels can be provided by the following graphemic features:

Graphemic features																Phonemic features
	O	Ó	U	Ú	Ö	Ő	Ü	Ű	A	Á	E	É	I	Í	corresponding to:	
§symmetric§	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	–	–	–		none
§round§	+	+	+	+	+	+	+	+	–	–						[αrounded]
§non-closed§	–	–	+	+	–	–	+	+			–	–	+	+		[αhigh]
§double§	–	–	–	–	+	+	+	+								[-αback]
§stroke§	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+		[αlong]

3. Sibilants and affricates

Latin possessed a sole sibilant, the s; and another, the z, restricted to Greek loanwords. It is well known that the medieval sibilants caused many complications in several occidental languages [10]. In Hungarian these two base characters /the s, and the z/ became the cornerstones of a 8 member subset containing sibilants and affricates.

While vowels were multiplied by diacritics, new sibilants and affricates were created by combination of base characters, i.e. by poligraphy.

We shall see that the two base characters can be assigned to by the following phonemic features:

Letter	Functioning within a digraph set	
	as first member	as last member
S	[-voiced]	[+palatal]
Z	[+voiced]	[-palatal]

If we look closer at these two characters it turns out that both can be analyzed into graphic parts:

upper level even line$^\frown$diagonal line$^\frown$lower level even line

The transition between the two levels and the diagonal is within Z abrupt /i.e. forming acute angles/; while within S the transition is smooth/i.e. forming curves/. But transition between graphic components cannot be used for distinguishing the set of Z, S from the rest of characters, and so it is not useful for making distinction between S, Z on the one hand, and the other letters on the other. So I propose the graphemic feature §diagonal§ for these task; S and Z will receive feature §+diagonal§, while the rest §-diagonal§.

The direction of the two diagonals is different: precisely the mirror-like opposition of each other. So Z is 'right diagonal', i.e. raising from the lower left corner towards the upper right corner within the quadrangular zone of the letter. S is - ceteris paribus - 'left diagonal'. /This characterization is based on printed or typed letters./ Right diagonal will have graphemic feature §+right§, while left diagonal will have §-right§.

Graphemic features		z	s		Phonemic features
§diagonal§		+	+		[α strident]
§right§		+	-		$\left\{\begin{matrix}[\alpha \text{ palatal}]\\ [\alpha \text{ voiced}]\end{matrix}\right\}$

In other word Z is a voiced 'hissing' and S is a voiceless 'hushing' consonant [11]. /The palatal, alveo-palatal zone for letter s [š] is well motivated by the history of Hungarian orthography./ How do we get their voiceless and voiced counterparts, respectively? By the following extremely curious rule which is symmetrical for the two base characters:

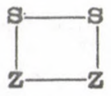
[α voiced] $\longrightarrow$ [-α voiced] phonemic relation is paralleled by
§αright§ $\longrightarrow$ §-αright§$\frown$ §αright§ graphemic relation in the context of §+diagonal§;

this produces from the hissing and voiced Z
the hissing and voiceless SZ,
and from the hushing and voiceless S,
the hushing and voiced ZS.

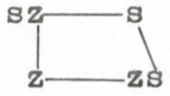
This is a segmentalization rule where - in a given context - one additional phonemic feature produces a new graphemic segment. On the other hand this is a prefixation where the newly added segment functions as a prefix for the opposed voicedness. Curiously enough the prefixation is mutual for the two base characters within a two member set of sibilants. In other words a new digraph is produced by a kind of summing of two unigraphs /hengraphs/[12].

So we have got four sibilants with the following relations:

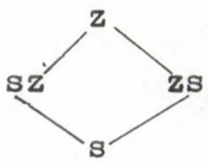
Phonemics:



Graphemics I:



Graphemics II:



Graphemics I is the written parallel to Phonemics; Graphemics II is an independent diagram.

We still need four affricates. These will be yielded from the two base sibilant characters again. - Affricates are traditionally analyzed into stop + continuant. The voiceless central stop is t, the voiced one is d. So if we prefix them to the base characters we get:

		hissing	hushing
base		Z	S
affricate	voiceless	TZ	TS
	voiced	DZ	DS

There is no reason to render them by graphemic features, because we are now on the domain of graphemic 'morphology' or 'syntax' rather than on graphemic 'phonology'. The prefixed segments /T, D/ function as firs parts within these digraps /letter-compounds/. They decide /i/ the affricate character; /ii/ voicedness. T is voiceless as an independent consonant, and D is voiced in itself.

Incidentally in lieu of the original T we have now C. This subatitution can be described in a trivial way:

$$\mathrm{T} \longrightarrow \mathrm{C}\ /\ \underline{\hspace{2cm}}\ \S{+}\mathrm{diagonal}\S$$

The system before that rule

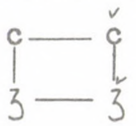
$$\begin{tikzcd}\mathrm{TZ} \arrow[r, dash] \arrow[d, dash] & \mathrm{TS} \arrow[d, dash] \\ \mathrm{DZ} \arrow[r, dash] & \mathrm{DS}\end{tikzcd}$$

is more coherent than the system produced by that rule:

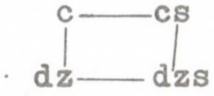
$$\begin{tikzcd}\mathrm{CZ} \arrow[r, dash] \arrow[d, dash] & \mathrm{CS} \arrow[d, dash] \\ \mathrm{DZ} \arrow[r, dash] & \mathrm{DS}\end{tikzcd}$$

, but it is still symmetrical. Now the latter one has been damaged by the 1903 Reform called School Orthography. The "symplification" consisted in the two following operations: CZ ⟶ C; i.e. dropping the base character and transferring its burden /the hissing tamber/ upon the former prefix. Then: DS ⟶ DZS; i.e. infixing /!/ a Z between D /marking voicedness/ and S /marking hushing/ [13]. So a trigram turned up, the only one in the system. So the present affricate quadrangle looks like this:

Phonemics:



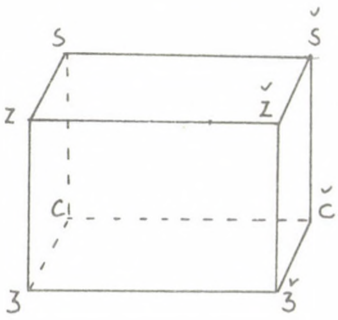
Graphemics:



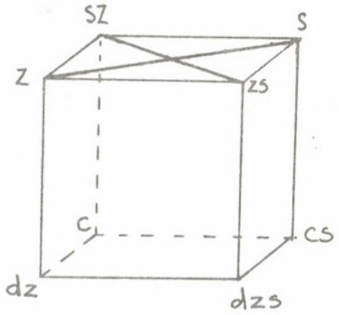
The second additional rule of 1903 can make some sense if we consider the proportional opposition Z : ZS = DZ : DZS. In these cases there is a D prefixed to the derived forms of voiced sibilants and not from the base characters. - DZ and DZS are now vacillating between the status of "true" affricate and that of a stop+continuant sequence [14].

So the entire structure of sibilants can be represented by these diagrams:

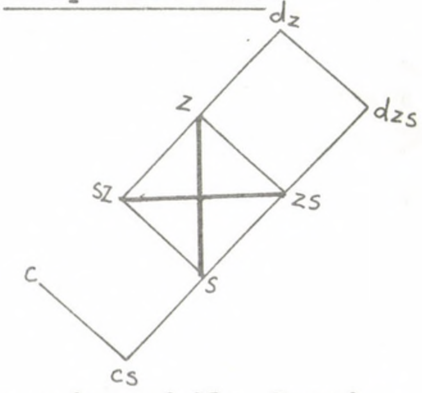
Phonemics:



Graphemics I:



Graphemics II:



Graphemics I reflects the relations of Phonemics while Graphemics II is an independent diagram representing the internal graphic relations. The break between C and SZ shows the result of the 1903 reform [15].

4. Palatalized consonants

Central non-sibilant consonants have got a palatalized pair in Hungarian:

Phonemic features	/t/	/t/	/d/	/d/	/n/	/n/	/l/	/l/
[consonantal]	+	+	+	+	+	+	+	+
[peripheral]	−	−	−	−	−	−	−	−
[strident]	−	−	−	−	−	−	−	−
[nasal]	−	−	−	−	+	+	−	−
[continuant]	−	−	−	−	+	+	+	+
[voiced]	−	−	+	+	+	+	+	+
[palatalized]	−	+	−	+	−	+	−	+

Feature [+palatalized] gets in script a separate representation: the letter Y. So we obtain

from t ⟶ ty
from d ⟶ *dy ⟶ gy
from n ⟶ ny
from l ⟶ ly

the starred *dy is replaced by gy via that rule: d ⟶ g/__y. This is the same kind of historically motivated peculiarity in Hungarian graphemic system as we have seen for s. Further it is worth of noticing: d entered into the sibilant set, and d has been eliminated from the palatalizable set as a digraph. So the two Hungarian digraph subsets do not intersect each other.

5. Rules for digraphs

The sibilant-affricate subset contains - beside hengraphs - 5 digraphs and 1 trigraph. The palatalized subset contains - again beside hengraphs - 4 digraphs. These 9 digraphs and the 1 trigraph compose the set of plurigraphs, i.e. where a letter - qua graphemic unit - is made up by more than one character. It is immaterial whether the digraphs were created by prefixation or suffixation. There is only one rule which operates on plurigraphs. This is the Graphemic Gemination Rule.

The rule should be formulated cautiously in order to include the dzs, the only trigraph /which is in present day Hungarian represented by a single English loanword bridzs 'card-game bridge'/.

Plurigraphs should be analyzed into First segment$^\frown$Rest. So the Graphemic Consonant Gemination Rule is [16]:

$$/\text{First segment}^\frown\text{Rest}/_i\ /\text{First segment}^\frown\text{Rest}/_j \longrightarrow \text{First segment}^\frown\text{First segment}^\frown\text{Rest};\ \text{Condition: } i = j.$$

That is to say only First segment will be doubled while Rest will be copied only once. This rule accounts for:

$sz^\frown sz \longrightarrow ssz$
$zs^\frown zs \longrightarrow zzs$
$cs^\frown cs \longrightarrow ccs$
$dz^\frown dz \longrightarrow ddz^+$
$dzs^\frown dzs \longrightarrow ddzs$

$ty^\frown ty \longrightarrow tty$
$gy^\frown gy \longrightarrow ggy$
$ny^\frown ny \longrightarrow nny$
$ly^\frown ly \longrightarrow lly$

If Rest may be empty then this rule covers the gemination of hengraphs, too, of course. /Notice, however, that q, x, w, and ch cannot be geminated because they are not considered to be legitimate members of the Hungarian graphemic inventory./

6. Final remarks

The previous notes were but a small sample of how graphemics could be investigated by the help of a distinctive feature technique and some other devices offered by formal linguistics.

One thing is clear: the arbitrary relation between letters in the Latin graphemic system and their phonemic counterparts in Hungarian is attacked over and over again by iconic traits analyzable into graphemic features. Furthermore: the analysis of secondary traits implies the decomposition of primary characters, considered thus far unanalyzable /except for some interesting attempts of pattern recognition/.

What I claim is very simple: graphemic structure and phonemic structure in Hungarian displays 'non-arbitrary'relation at several points, and this fact can be revealed by a technique of combined feature operations, i.e. by the analysis of graphemic features with respect to phonemic features. Further steps should be done, of course. But by now one is already tempted to say: human semiotic behavior in script tends to re-iconize/re-motivate/ its symbols /previously unmotivated/. Pattern recognition combined with graphemics and phonemics, i.e. the phonological component of an overall language description could be a mechanical device based on the modelling of human semiotic competence.

References

[1] My attention has been drawn on graphemic problems by Prof. L. Kalmár in 1964. The material of this paper was read in my course on the theory of applied linguistics (Department of Linguistics, Eötvös Loránd University, 1969 fall semester).
Later I have been deeply influenced by two papers of John Lotz: The Conversion of Script to Speech as Exemplified by Hungarian, *The Linguistic Reporter* (Supplement 23 October 1969), 17-30; *Hungarian Script* (Plan. Unpublished.) p. 13.

[2] Cf. Noam Chomsky and Morris Halle, *The Sound Pattern of English* (New York, Evanston and London, 1968).

[3] Cf. Lotz's first paper; L.Garvin and Edith C. Trager, The Conversion of Phonetic into Orthographic English: A Machine-Translation Approach to the Problem, *Phonetica* 11. (1964), 1-18.; Georgette Silva, Phontrns: An Automatic Orthographic-to-Phonetic Conversion System for French, *Computers and the Humanities* 3. (1969), 257-265; etc.

[4] Cf. István Kniezsa, *Helyesirásunk története a könyvnyomtatás koráig* [History of Hungarian Orthography before the Age of Printing] (Budapest, 1952). A classical book on this field.

[5] Cf. *A Magyar Helyesirás Szabályai* [Rules of Hungarian Orthography] (Budapest, 1954, Tenth edition); László Deme, A betük [The Hungarian letters], *Helyesirásunk időszerü kérdései* [Actual problems of Hungarian orthography] (ed.by L.Benkő, Budapest, 1955), 24-32.

[6] This bifurcation is treated in a fascinating paper by J.Balázs: Zur Frage der Typologie europäischer Schriftsysteme mit lateinischen Buchstaben, *Studia Slavica Academiae Scientiarum Hungaricae* 4. (1958), 251-292.

[7] Cf. N.S.Troubetzkoy, *Principes de phonologie* (Paris, 1957), p. 106.

[8] The phonological featurization is based upon my paper: Az alsóbb nyelvi szintek leirása [The description of lower linguistic levels], *Általános Nyelvészeti Tanulmányok* [Studies in General Linguistics] 6. (1969), 359-466.

[9] For the decomposition of characters I got inspiration from Murray Eden's paper: On the formalization of handwriting, *Structure of Language and its Mathematical Aspects. Proceedings of Symposia in Applied Mathematics* Vol XII. (ed. by Roman Jakobson, Providence, R.I., 1961), 83-88.
The § § serve for parenthesis of graphemic features.

[10] Cf. Martin Joos, The medieval sibilants, *Readings in Linguistics* (ed. by Martin Joos, New York, 1958, Second edition), 372-378.
For the orthographic solutions see: J.Balázs, op. cit.

[11] István Kniezsa, *A magyar helyesirás története* [History of Hungarian Orthography] (Budapest, 1953), p. 25.

[12] The term *hengraph* is an innovation of John Lotz, cf. his dated paper, pp. 18 and 27.

[13] István Kniezsa, 1953: "The introducing of these two letters decomposed in a superfluous way the system of the signs of the alveolar ('hissing') and post-alveolar ('hushing') sound, which was the most logical one among every orthography of Roman alphabet." (p.25)

[14] Cf. Géza Bárczi, Az elválasztás The separation of words at the end of lines , *Helyesirásunk időszerü kérdései*, 99-103.

[15] It is an extremely interesting fact that in the old Hungarian "runes" /s/ wast the very simplest sign: just a vertical line; cf. Gyula Sebestyén, *Rovás és rovásirás* [Runes and runaic script] (Budapest, 1909), passim.

[16] This is, of course, a well known fact. Recently, however, two papers treated the problem with fresh look; cf. Lotz's dated paper; Dénes Varga, Az elektronikus számológép felhasználása a nyelvészetben: A magyar elválasztás szabályai [The use of computers in linguistics: The rules of separation of words at the end of lines], *Nyelvészet és gyakorlat* [Linguistics and practice] (ed. by L. Benkő and Gy. Szépe, Budapest, 1971, under press).

О НЕКОТОРЫХ ТРУДНОСТЯХ ФОРМАЛЬНОГО ПОДХОДА К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

Д.Варга

0. Я не стараюсь начать новый спор о возможностях и пределах формального подхода вообще. Решить проблему теоретически мы пока не в силах, так как конкретных данных у нас слишком мало для того, чтобы делать надежную экстраполяцию о будущих успехах. Между прочим, вопрос все более становится практическим.и экономическим, чем теоретическим.

Давно прошло то время, когда наши философы из-за кибернетики боялись за всевластие философии. Кажется, исследователи гуманитарных наук также уже не ревнуют превосходства человека к распространению математических методов.

Интересно отметить, что некоторые из выдающихся математиков /в том числе академик Колмогоров в СССР, академик Кальмар в Венгрии/ оказались более оптимистичными с самого начала в оценке практических перспектив, чем многие специалисты конкретных наук. Это было и потому, что они были принципиально против предварительного проведения какого бы то ни было искусственного теоретического барьера, мешающего в дальнейшем практическим исследованиям, но и не только этому. Академик Кальмар не раз высказывал мнение, что разделение элементов нашего мышления на формальные и неформальные, шаблонные и нешаблонные является крайне условным. То, что мы считаем сегодня сугубо человеческим и неформальным, то, со временем, может перейти в простую механическую деятельность по мере того, как будут углубляться наши сведения о внутренних закономерностях дел. Масса же неформализованных проблем от этого не сокращается, а расширяется, но интеллект человека будет заниматься более ценной, более качественной работой.

В последнее время было достигнуто много успехов в механизации интелектуальной деятельности человека. В то же время иногда возникают проблемы и в таких случаях, которые мы раньше считали совершенно ясными, простыми. Какие же это вопросы? Где находятся корни трудностей? Эту тему я хотел бы затронуть по поводу некоторых актуальных проблем.

I. В течение прошлого года литературоведение в Венгрии имело интересную сенсацию. Исследователям /сразу двум/ удалось раскрыть полувековую тайну истории венгерской литературы: в результате работ нескольких лет им удалось проникнуть в святилище криптограммы известного венгерского писателя начала столетия Геза Гардони.

Писатель, умерший 50 лет тому назад, в I922-ом году, в последние I5 лет своей жизни пользовался особой криптописью, напоминающей по своему внешнему виду китайское или тибетское письмо. Он сам называл ее "тибетским шрифтом", делая неоднократные намеки на то, что она останется недосягаемой для посторонних.

Интересно не то, что у него сложилось подобное убеждение, а то, что писатель чуть ли и не был прав. Несмотря на то, что многие исследователи отдавали немало времени попыткам расшифровки, они не могли достигнуть ни малейшего результата. Совсем недавно, в 1955 году, один из наиболее упорных исследователей, Янош Ласло, высказал мнение в научном журнале **Irodalomtörténet** [1], что пора окончательно прекратить всякие исследования: из результатов, достигнутых им, становилось ясным, что не сохранилось никакого осмысленного текста. Писатель, мол, зафиксировал в набросках свои галлюцинации и разговоры с потусторонними существами. В доказательство он цитировал отдельные слова с кажущейся транскрипцией /"бог", "душа", "заклинать" и пр./, но,когда другие слова не оправдывали его гипотезы, он стал сомневаться не в своем частичном "решении", а в самом материале, который не поддавался его решению.

В чем же состояла трудность раскрытия тайны в течение четырех с лишним десятилетий? Нельзя было предположить, что не сохранилось достаточного материала для размышлений. С самого первого момента после смерти писателя был известен сравнительно богатый набор разных записей и заметок с типичными иероглифами Гардони. Маловероятным было и то, что тексты написаны не на венгерском языке. Можно было предположить также /хотя это уже было не так очевидно/, что речь идет о буквенном письме.

Для всякого исследователя, знакомого с результатами статистики речи, все это кажется классическим примером случая, когда путем сравнения статистических характеристик венгерского языка и данного текста без особого труда можно добиться успеха.

При новом штурме тайны в 60-е годы был использован арсенал как статистики речи, так и перфокарточных систем. Но результатов, как и прежде, не было. Было получено множество данных, но без всякой надежды на их интерпретацию. Это было тем более досадно, так как в 1965-ом году, после смерти сына писателя обнаружилось просто громадное количество криптографического наследия в виде тетрадей, карточек и записей разных периодов жизни писателя. Обладая такими материалами, мемориальный музей им.Гардони в г.Эгере всякими средствами /через радио, телевидение, печать/ стал собирать добровольных криптовщиков /их получилось 24/. Три-четыре года прошли без всякого успеха. Некоторые продолжали работу только потому, что не хотелось сдаваться. Гардони оказался сильнее потомков.

Как же удалось Гардони скрыть свою тайну? /Между прочим, трудность раскрытия повышала интерес не только "разгадывающих", но и психологов: что может скрываться в тексте, чего писатель не хотел показывать миру, но посчитал важным зафиксировать для себя?/.

Во-первых, в письме получалось такое большое количество элементарных знаков, что никак не соответствовало порядку количества букв. /Можно было различить не несколько десятков, а несколько сотен таких знаков/. Таким образом, с самого начала возникал вопрос: по какому принципу можно отождествить некоторые знаки? До какой степени можно считать релевантными свойства положения, размера, варианты формы и т.п.

Во-вторых, Гардони пользовался не отдельными, разделенными знаками, а слитыми комплексами знаков /лигатурами/. Это означало большие затруднения в ограничении отдельных знаков. В то же время, слитие знаков привело к образованию знаков не для отдельных букв, а для биграмм, триграмм и т.п. Появились искажения нового типа, где уже нужно было исследовать не отдельные знаки, а знаки в контексте. Проблема до некоторой степени аналогична проблеме распознавания букв в почерке или звуков в непрерывном потоке речи.

Эти два свойства тайнописи Гардони чуть было не исключили возможности статистического подхода.

К тому же писатель сознательно затруднял статистическую оценку некоторыми добавочными средствами:

- он спутывал и направление письма, так что вместо линейного письма получались разные извилины, петли, разветвления;
- сильно использовал свойство сингармонизма венгерского языка для того, чтобы уменьшить избыточность письма. Часто пропускал в словах повторяющиеся гласные или писал их в центре разветвления, т.е. одну и ту же букву использовал в письме несколько раз;
- широко пользовался методом сокращения как в написании корней слов, так и их окончаний.

Подобные методы все более и более лишали письмо буквенного характера и придавали ему характер какого-то картинного изображения со скрытой графовой структурой. И, надо признать, Гардони делал все это с большим умением, без всякого шаблона. Равносильными методами он пользовался крайне свободно, так же как используются синонимы в повседневной речи. Что же может сделать в таких условиях бедная статистика?

Несмотря на всякие затруднения, в конце концов, статистика все-таки нашла ключ к решению этой задачи. Один из исследователей, Отто Дюрк, который впервые пользовался более современными и последовательными методами, заметил, что некоторые знаки /их число лишь слегка превосходило десять/ встречаются во всяких возможных комбинациях друг с другом. В то время как прямой штурм письма окончился полной неудачей, это наблюдение служило, так сказать, косвенным доказательством того, что эти знаки /хотя бы в данном контексте/ не могут быть буквами, ведь ни в каком языке буквы в таком свободном варьировании не используются.

Более тщательный анализ показывал, что на границах кортежа таких знаков всегда появляется знак, который ни в каких других условиях не встречается в тексте /снова косвенное доказательство!/. Этот след уже был достаточным для того, чтобы можно было последовательно собрать многие группы этих знаков, уменьшить их число до десяти, определяя в то же время правила итерации и искажения знаков.

Следующим звеном в процессе решения было определение того, что один из таких знаков итерируется несколько раз подряд и чаще всего в конце /или в начале/ слова. По естественной гипотезе он должен быть нулем. /И эта гипотеза в дальнейшем оказалась верной/.

Еще долгое время понадобилось для полной расшифровки системы тайнописи через определение дат /с изменяющимся, разумеется, количеством цифр/, последовательности дат в увеличивающемся порядке и т.п.[2]. Дополнительным затруднением являлось и то, что Гардони не пользовался обычными названиями месяцев, а вводил специальные /крещение, свобода, дурак, рождество и т.п./, но и это не последовательно и не стандартным методом. Все это завело в свое время первого расшифровщика в полный тупик - он прекрасно знал, что должны означать некоторые лигатуры семантически, но никак не мог отождествить их со знаками. Переход от цифровой системы к буквам нашел /на основе результатов его коллеги/ другой добровольный криптовщик, молодой студент Габор Гилице. /Прискорбнее всего конец истории: исследовательская работа кончилась судебным процессом [3]./

2. Другой пример получился в нашей собственной практике. Группе документационной лингвистики пришлось решать следующую проблему [4]. В Венгрии сохранилось большое количество переписей владений между ХУI и XIX веками. В этих документах местности Венгрии упомянуты под очень многими названиями. Это и понятно, ведь люди разных национальностей, разной квалификации, говорящие на разных говорах пользовались многими вариантами, допускали много ошибок, фиксировали свои ослышки опираясь на свое владение только-только складывающейся /и не одинаково складывающейся/ орфографии. Все это в течение четырех столетий из-за изменения исторических условий и состояния языка породило громадное количество разных вариантов.

Проблема состояла в том, чтобы отождествить эти варианты машинным путем, так как человек не в силах справиться с таким огромным материалом.

Проблема до некоторой степени напоминает предыдущий пример, где также надо было отождествлять разные варианты знаков. Но там заранее можно было предположить, что существует какой-то устойчивый базис, какой-то ключ, стоило только его раскрыть; здесь же существование такого базиса можно предположить только в качестве рабочей гипотезы. Единственным путем решения мы считали все-таки создание такого искусственного базиса, который может служить основой для сравнения. Этот подход считался нами тем более правомерным, что количество элементов такого базисного набора является конечным, а количество потенциальных вариантов все равно бесконечное.

Дело еще не дошло до практического осуществления этого плана, так что я не стану здесь говорить о подробностях подхода. Хотелось бы только подчеркнуть аналогию с проблемами сходства, формализация которого представляет собой очень сложную проблему. Математическое обоснование можно найти в трудах Ю.А.Шрейдера и других под названием отношения толерантности[5]. Всевозможные применения встречаются в семантике, в сравнении музыкальных произведений и пр.

3. Хочется упомянуть, наконец, об известной проблеме информатики. Можно сказать, что это является лишь частным вопросом семантики, ее практическим применением. Однако, вопрос семантики ставится в информатике по-другому. Как правило, в языкознании стараются создать такую семантическую запись, которая, по возможности, была бы всемогущей, адекватной всем явлениям языка. В информатике же не только не полезно, но и вредно создание слишком подробного семантического аппарата. Степень подробности такой системы определяется практическим ее назначением /индексация информационного поиска и т.п./[6]. Дополнительной проблемой становится, конечно, создание системы с изменяющейся мерой агрегации понятий.

Приведенные примеры, разумеется, не одинакового характера. Я хотел лишь проиллюстрировать ими проблемы, возникающие при формализации. Мне кажется, что проблемы в последнее время связываются все более с необъемлемым характером явлений и, вместе с тем, с необходимостью огрублять, схематизировать картину вместо дальнейшей детализации.

Литература

[I] Я.Ласло, Решение криптограммных записей Геза Гардони, *Irodalomtörténet* №3 /I955/.

[2] О.Дюрк, Как я решил тайнопись Гардони? *Élet és Tudomány* 49. (1969), 2211-16.

[3] Д.Варга, Доклад эксперта /Венгерское Учреждение для защиты авторских прав, I97I/ размноженное .

[4] Группа документационной лингвистики ВЦ ВАН, *Машинная обработка крепостных переписей владений* /Исследовательский отчет, I970/ рукопись .

[5] Ю.А.Шрейдер, Пространства толерантности, *Кибернетика* №2 /I970/.

[6] Н.Н.Леонтьева, *О создании информационного языка на базе семантического анализа текста* /Институт русского языка АН СССР, I970/ размноженное .

APPENDIX

О "ДЯДЕ ЛАЦИ"

Д.Муска

Я познакомился с ним I0-ого октября I95I-ого года в 9 часов утра. Точнее, около десяти минут десятого. Это был первый урок по математическому анализу в моей жизни. Седой, но молодой профессор извинился перед студентами /первокурсниками, по специальности: математика-физика/ за "большое" опоздание: его задержал халатный четверокурсник, который сдавал по второму заходу. Тогда я подумал, что он читает свою лекцию так быстро, наверное, из-за опоздания; мел словно дымел у него в руке, пока он записывал формулы на доске. /Сразу не смог, но сейчас уже могу оценить: он писал со скоростью I5 знаков в секунду. Конечно, мел "дымел"!/. Эта же скорость, этот же динамизм характеризовали его не только тогда, но и позже. Прошли месяцы, пока мы научились слушать его, и только тогда мы начали интенсивно чувствовать великолепие математики. Он раскрывал нам настоящий математический способ мышления и скрывающиеся в нем очаровательно строгую логику и красоту.

Несмотря на то, что наш курс был довольно многочисленным, он уже до первых экзаменов знал всех по имени. Он занимался со студентами и по группам, и в отдельности; с лучшими и со слабыми одинаково, организовал учебные пары, и, несмотря на свою занятость, проверял их работу. Мы, конечно, страшно боялись первого экзамена. И не без основания. Он и на экзамене старался научить нас науке понятно и ясно отвечать и гладко выражаться - этим столь важным качествам будущего преподавателя. Позже мы уже любили сдавать ему - насколько студент может любить сдавать экзамены. Мы всегда могли рассчитывать на его человечность. Не раз он приглашал обедать студентов, опоздавших в студенческую столовую из-за затянувшегося экзамена. Он всегда был очень популярен среди нас, и даже те не сомневались в его правоте, которых он проваливал. Правда, кажется у него было трудно провалиться: он был строгим, но готовым помочь, требовательным и человечным.

Его энергия в отношении научного исследования, организации исследования была неистощима. Летом 1956-ого года, когда уже работал созданный им семинар по кибернетике, он попросил меня привезти на семинар реле. Он хотел посмотреть, как оно выглядит и как работает. И за несколько месяцев он составил план сегедской[1] логической машины, такого хитрого устройства, электрические цепи которого удивляли даже опытных инженеров связи.

Создание этого простого, но великолепного устройства не обошлось без трудностей. Он сам достал и привез на велосипеде трансформатор питательного устройства. Везде хлопотал, чтобы достать обыкновенную - но тогда дефицитную - ацетатную проволоку в нужном количестве и необходимого цвета. Первое включение машины было чудесным и незабываемым. Все пробки остались на месте, машина "ожила". Единственное, что уменьшило нашу радость, был скоро появившийся дефект, который мы никак не могли устранить. С этого и началась та работа, в ходе которой

[1] Сегед - город на юге Венгрии /прим. пер./

он проявил неутомимую энергию и высокое знание в области релейных цепей. Три дня и три ночи он все готовил стратегии по устранению ошибки, одну за другой, и рано утром четвертого дня сказал мне по телефону: "Надо уменьшить площадь прохода воздуха в седьмом маркирующем устройстве! Другого не может быть!" Его голос прозвучал устало, но решительно. Я уже еле дотащился от телефона к машине; два поворота соответствующего винта, включил машину ... работает!! Моя усталость будто улетела, радостно подскочил к телефону и крикнул: "Исправно! Работает!" - при этом у меня потекли слезы радости.

Я пережил и переживаю рядом с ним много подобных моментов. Он никогда не отговаривал меня от моих новых идей, наоборот, - за несколько секунд увидев в них положительные и отрицательные стороны - поощрял меня, давал советы.

Ехать вместе с ним за границу - одно удовольствие. На конгрессах он блистает не только своими огромными знаниями, своей способностью быстро охватить проблемы, но и своим глубоким юмором. Однажды на заседании по кибернетике он прочитал вступительный доклад и сказал, между прочим, и о том, как он в детстве изумлялся тому, что сброшенная с колокольни кошка "барахтается таким образом, что всегда падает на ноги". Один из участников, авторитетный врач, упрекнул его в своем выступлении, что кошка не "барахтается" при падении и что на самом деле это представляет собой следствие сложной деятельности нервной системы. Он поставил перед кибернетиками задачу построить механизм, с помощью которого можно было бы садить метеорологические зонды таким образом, чтобы они меньше повреждались при посадке. Наш профессор моментально ответил: "Это легко сделать! Зонд надо прикрепить к спине кошки!" Он имел большой успех у многочисленной аудитории, которая сразу тепло приняла его.

В I956-ом году нас было всего несколько, а сегодня под его руководством работает уже свыше 50 сотрудников. Он со всеми на "ты", без всякого ущерба для своего авторитета, основанного на любви к нему. В I970-ом году мы праздновали его шестидесятипятилетие. Академик, владелец нескольких очень высоких государственных наград, всемирно известный ученый принимал наши поздравления со своей безграничной скромностью и непосредственностью. Казалось, будто собралась большая семья, чтобы поздравить любимого отца.

При своих даже в международном масштабе известных и признанных научных результатах он создал Кибернетическую лабораторию, кафедру вычислительной техники, исследовательскую группу при кафедре математической логики и теории автоматов, ту сегедскую исследовательскую и преподавательскую базу, которая пользуется хорошей репутацией и за рубежом. Без преувеличения можно сказать, что того, что он создал до сих пор, хватило бы на нескольких человек.

Мы все надеемся, что он еще многие годы со своей неутомимой энергией будет работать среди нас.

Несколько фактов из его богатой жизни, несколько впечатлений его близкого сотрудника - и перед нами предстает портрет великолепного ученого, преподавателя, прекрасного человека Ласло Кальмара, "дяди Лаци".

CONTENTS

Page

Foreword to the Volume 3

Fónagy, I. and Baráth, J., One Quantitative Demonstratifon of Dramatic Tension. 7

Frey, T., Einige Verallgemeinerungen des Algorithmenbegriffes. 39

Goralciková, A. and Panevová, J., Some Grammatical Notions and the Theory of Automata. 51

Halmos, I., Automation of Analysis and Classification of folk-tunes 59

Hell, Gy., Generation of Nominal Constructions in Hungarian 73

Яношка, Ш., К классификации русских глаголов по усеченной основе 87

Karlgren, H., Categorial Expressions of the n:th power. 99

Kiefer, F., Notes Concerning the Lexicalist versus Transformationalist Position. 107

Lotz, J., Topological Models for the Nominal Bases in Hungarian. 117

Page

Людсканов, А., О некоторых принципальных проблемах порождения соответствий нулевых элементов при автоматической обработке естественных языков 139

Marcus, S., The Mathematical Metaphor 151

Moisil, Gr. C., Sur la possibilité de modeler le fini par l'infini. 163

Nyiri, J.K., Psychological Reality and Top-to-Bottom Rewriting Rules. 175

Папп, Ф., Вычислительная лингвистика и образование преподавателей-словесников 185

Péter, R., Zur Rekursivität der mathematischen Grammatiken. 193

Révész, Gy., Parsing from left to Right and Structural Properties of Certain Formal Grammars 217

Sipőczy, Gy., Formulae in Language Teaching 231

Шрейдер, Ю.А., К понятию производных по О.С. Кулагиной отношений 241

Szépe, Gy., Bits from Hungarian Graphemic Structure. 255

Варга, Д., О некоторых трудностях формального подхода к решению задач........... 271

APPENDIX

Муска, Д., О "дяде Лаци" 283

Responsible Publisher:

Prof. Dr. T. Vámos
director of the
Computer and Automation Institute
Hungarian Academy of Sciences

746460 MTA KESZ Sokszorosító. F. v.: Szabó Gyula