



ZMNE REPÜLŐMŰSZAKI INTÉZET

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK

XV. évfolyam 35. szám

2003.



A ZRÍNYI MIKLÓS
NEMZETVÉDELMI EGYETEM
TUDOMÁNYOS KIADVÁNYA

Repüléstudományi Közlemények
XV. évfolyam 35. szám
2003/1.

Szerkesztette:
Békési Bertold
Dr. habil. Szabolcsi Róbert

A szerkesztőség címe:
5008, Szolnok, Kilián út 1.
Telefon: 56-510-535 (79-68 mell.)

Szerkesztőbizottság:

Dr. Péter Tamás, dr. Pokorádi László, Varga Béla, dr. Szántai Tamás, Bottyán Zsolt,
dr. Pintér István, dr. Óvári Gyula, Békési Bertold, dr. Rohács József, Kovács József,
dr. Gedeon József, dr. Szabó László, dr. Szabolcsi Róbert, Vörös Miklós

Lektori Bizottság:

Dr. Péter Tamás, dr. Pokorádi László, dr. Szántai Tamás, dr. Óvári Gyula
dr. Rohács József, dr. Németh Miklós, dr. Gedeon József, dr. Szekeres István
dr. Szabolcsi Róbert, dr. Horváth János, dr. Gausz Tamás, dr. Sánta Imre
dr. Pásztor Endre, dr. Kurutz Károly, dr. Nagy Tibor, dr. Ludányi Lajos
dr. Kuba Attila, dr. Jakab László

Felelős kiadó: Dr. Szabó Miklós, a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem rektora
Felelős szerkesztő: dr. Hadnagy Imre József
Tervezőszerkesztő: Békési Bertold
Készült a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Repülőműszaki Intézet nyomdájában, 200 példányban
Felelős vezető: Szepesi János

ISSN 1417-0604

TARTALOMJEGYZÉK

HADTUDOMÁNYI ROVAT

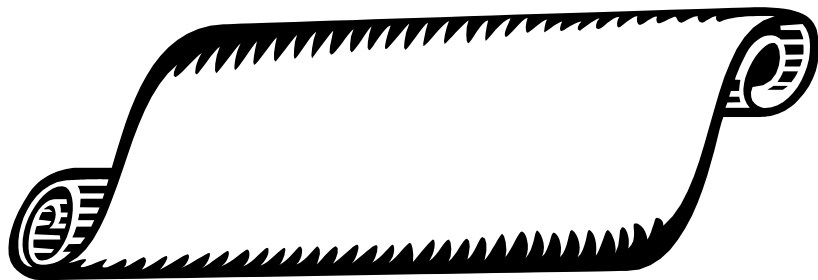
Dr. Hadnagy Imre József Ikarosz fiai a nagykunságban III. rész	7
Orosz Zoltán A merevszárnyú légi szállítás-felértékelődő képessége	31
Bencsik András Gondolatok a múlt század második felének magyar katonai repülésbiztonságáról, a tények és a számok tükrében	49
Bunkóczi Sándor–Dudás Zoltán Pilóta nélküli repülőeszközök a hadviselésben I.	55
Simon Károly–Plopp Zsolt A légiharc fejlődése a kezdetektől a második világháború végéig	61
Dr. Szekeres István A légierő repülőcsapatai harci alkalmazásának fejlődése II. rész (1917–18)	73
Koncz Miklós Tamás A Mistral légvédelmi rakéta célrepülőgépeinek robotizálása	91

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI ROVAT

Fülek András Repülőesemények, tények és elemzések	103
Kis Andrea A Szojka-III típusú pilóta nélküli repülőeszköz sztochasztikus analízise	113
Szegedi Péter A pilótanélküli repülőgépek irányíthatóságának és megfigyelhetőségének vizsgálata	129

MŰSZAKI TUDOMÁNY ROVAT

Füleky András Földi gázturbinák	153
Szegedi Péter Automatizálás a térképezésben	163
Turóczy Antal Önjáró robotok fedélzeti helyzetmeghatározó eszközei	185
Rezümé	195
Szerzők	199



HADTUDOMÁNYI ROVAT

Rovatvezető: Dr. Pintér István

Rovatszerkesztők: Dr. Óvári Gyula

Békési Bertold

Dr. Hadnagy Imre József

IKAROSZ FIAI A NAGYKUNSÁGBAN III. RÉSZ

A kunmadarasi repülőalakulatok és a repülőtér története (1953–55)

AZ ÚJ HADSEREG KIALAKÍTÁSÁNAK MOZGATÓRUGÓI

A magyar párt-, és állami vezetés az ötvenes évek elejétől a fegyveres erők fejlesztését kiemelten kezelte. Az uralkodó politikai elit az erős hadsereget a társadalmi haladás fontos támaszának, az állami lét, a társadalmi rend fenntartása döntő tényezőjének tekintette. Ennek eredménye egy erőltetett ütemű hadsereg-fejlesztés lett, amely oda vezetett, hogy az évtized közepére a hadsereg létszáma az 1949. évinek a többszörösére emelkedett. Mint ahogy az a későbbiekben bebizonyosodott, a mennyiségi fejlesztés nem jelentette egyúttal egy — minden körülmények között — ütőképes hadsereg megteremtését.

A korszerű haditechnikai eszközök, a fegyverzet beszerzése, a magas színvonalú katonai és szakmai képzés, a folyamatos anyagi ellátás az ésszerűség határát meghaladó honvédelmi kiadást igényelt, amely meghaladta az ország teherbíró-képességét. Emiatt a gigantikus fejlesztési ütem miatt, a hadsereg az állandó átszervezés állapotában volt. A hadsereg hivatásos állománya gyakran került át-helyezésre, ennek következtében beosztása is változott, a nyugodt munkavégzés feltételei nem voltak meg. Az állandó politikai „agymosás” a szakmai munka színvonalának rovására ment. A politikai „felvilágosító” munkától a katonák nem függetleníthették magukat, mert a hadsereg (de más fegyveres testület is) valójában eszköz volt az ország politikai vezetésének kezében. Ilyen körülmények között a hadsereg képességeinek kiteljesítését, a haditechnikai eszközök mesteri alkalmazása képességének kifejlesztését, a hadrafoghatóság magas színvonalának biztosítását csak a politikai megdolgozás eredményeként „lehetett” reális célnak tekinteni.

Az új haderő megteremtésének egyik legfontosabb feladata a megfelelő létszámú, és szakmailag képzett, politikailag elkötelezett és megbízható tisztikar kialakítása volt. A felső katonai vezetés nagy erőfeszítéseket tett ennek a megoldására. A tisztek képzése egyrészt külföldön a Szovjetunió katonai tanintézteiben, másrészt idehaza húsz (benne két repülő) tiszti iskolán, valamint a katonai akadémián folyt. A mérnök tisztek képzése a Szovjetunióban, és a hazai mérnökképzésre létrehozott Honvéd Kollégiumban történt, ahová kérhették fel-

vételüket a hallgatók. A hazai képzésre pályázók sikeres felvételi esetén a Budapesti Műszaki Egyetemre és a Műszaki főiskolára jártak. 1950. június 16.-án megalakult a Műszaki Egyetemek és Főiskolák Hadmérnöki Tagozatának Parancsnoksága, a Honvédelmi miniszter a Honvéd Kollégiumot ennek a parancsnokságnak az alárendeltségébe helyezte¹.

A párt-, és állami vezetés az új tisztikar egyik legfontosabb ismervének azt tartotta, hogy tagjai döntően munkás és paraszt származásúak legyenek. Meghonosodott az a gyakorlat, hogy az önként katonának jelentkezők mellett a párt is kádereket irányított a hadseregbe. A régi hadseregből átvett — jól felkészült, szakmailag kiváló, hadi tapasztalatokkal is rendelkező — tiszteket, tiszthelyetteseket már ez az elképzelés is hátrányosan érintette. A sorsukat azonban egyértelműen megpecsételte a korábbi szolgálatukkal kapcsolatos előítéleteknek a párt és állami politika szintjére emelése. A „katonaviselt állomány” megbízhatatlan lett, ennek okán ebben az időszakban számtalan jól képzett, tiszta előéletű katonától vált meg a hadsereg. A dolgot nehezítette, hogy a besúgók, a rosszindulatú feljelentgetők miatt még az újonnan kiképzett tisztek és tiszthelyettesek egy része is ennek a hajtóvadászatnak az áldozata lett. Ez a „sorscsapás” a kunmadarasi repülőalakulatokat sem kerülte el, itt is többször előfordult az azonnali leszerelés, hadseregből való eltávolítás, letartóztatás, a meghurcolás. Egyesek koholt vádak alapján még börtönbe is kerültek².

A kunmadarasi repülőalakulatok tiszti és tiszthelyettesi állományának döntő többsége 20-30 év közötti fiatal emberekből állt. A parancsnoki beosztásokban éppen ezért sok fiatal, kellő gyakorlattal, és tapasztalattal nem rendelkező tiszt került. Többségében ezek a fiatal tisztek megállták a helyüket. A vállalt kötelezettségek teljesítése, az elkötelezettségük, a tenni akarásuk emberfeletti teljesítményekre készítette őket, melynek eredményeként felelősségteljes munkájuk közben — sokszor önhibájukon kívül — természetesen hibáztak, hibázhattak is.

1953-ban, a később mártírhalt miniszterelnök, Nagy Imre által meghirdetett reformok következetes megvalósítása a hadsereg életében is jelentős változásokat ígért.

A reformgondolatok megvalósítása, a gazdaság egyensúlyának helyreállítása érdekében az ország vezetői fontolóra vették a honvédelmi kiadások csökkentését. Ez 1953 őszétől jelentős létszámcsökkentést is eredményezett. A kunmadarasi repülőalakulatokat a szervezeti változások, a létszám leépítés kissé később, de jelentősen érintették. Az Alföld szívében levő repülőbázis minden-

¹ A magyar repülőhadmérnök képzésről részletesebb információkat lehet kapni „A magyar repülőhadmérnök-képzés története itthon és külföldön” című kiadványból (Magyar Hadtudományi Társaság Légierő szakosztályának kiadványa, Budapest, 2000.)

² Ezekről a dolgokról mindenképpen szót kell ejteni, mert ha az olvasó csupán csak a repülő alakulatok szakmai munkájának történetével ismerkedik meg, akkor hamis képe alakulhat ki a korról.

napi élete nem különbözött más katonai alakulatok életétől és ugyanúgy, mint máshol, azt a politika minden elemében áthatotta³.

Az ország politikai vezetésének akarata szerint a hadseregben 1953 elejéig társparancsnoki rendszer⁴ létezett. A Minisztertanács 1952. november 05-én határozatot hozott az egyszemélyi parancsnoki rendszer⁵ bevezetésére. A parancsnoki vezetési rendszer átalakítása nem változtatott az addigi gyakorlaton, mert a hadsereg életének minden területén eluralkodott a politikai befolyás érvényesítésének elve, sőt ennek az elvnek a gyakorlatban való megvalósítását az egyszemélyi parancsnok részére kötelezően előírták.

A MENNYISÉGI FEJLESZTÉS ÚTJÁN

A hadsereg fejlesztési tervnek megfelelően 1952. december 1-én a Honvédelmi Minisztérium egy bombázórepülő hadosztály megalakítását rendelte el⁶ a kunmadarasi repülőtéren. Az alakulat jogelődje a 82. önálló bombázórepülő ezred volt. Ez a katonai szervezet, mielőtt végső állomáshelyét elfoglalta volna, 1952. júliusában Mezőtúrról Kiskunlacházára települt, majd november végén került végle-

³ A repülőtéren pezsgő kulturális és sportélet volt. Iskolatársaimmal — köztük a repülőtéren kinnlakó katona gyerekekkel — napi vendégek voltunk a sportlétesítményekben, szüleinkkel gyakran vettünk részt kulturális rendezvényeken, esetenként a szigorú katonai szabályokat és tiltásokat kijátszva az érdeklődésünk középpontjában került repülőgépeket is igyekeztünk közről szemügyre venni. Még egy érdekes dolog: emlékeim szerint a községi labdarúgó csapat legjobb játékosait a repülőalakulatok sorállományából igazolták, ennek eredményeként nagyon színvonalas labdarúgó mérkőzéseket láthattunk, a „községi tizenegy” pedig a megyei első osztályú labdarúgó bajnokságban mindig előkelő helyet vívott ki magának.

⁴ 1949. január 04-én döntött az MDP Politikai Bizottsága a politikai tiszti intézmény bevezetéséről. A határozat 1. pontja szerint „a hadseregben be kell vezetni a politikai tiszti (komiszár) intézményt”. A 2. pont rögzíti, hogy „a politikai tisztt a parancsnok mellé van rendelve, vele együtt felelős a csapat katonai és politikai kiképzéséért, politikai és morális egységéért.” A parancsnok tehát a politikai tiszttel – a társparancsnokkal - együtt felel az alakulat életének és tevékenységének egészéért. Az ilyen vezetési rendszer bevezetésének gondolata a parancsnok politikai megbízhatóságának megkérdőjelezéséből ered, és háttérében az áll, hogy a szakmailag felkészült de politikailag még el nem kötelezett parancsnok, valamint a régi hadseregből átvett parancsnokok ugyan a katonai alakulat életének irányítására alkalmasak, de a hadseregben zajló politikai életnek nem lehetnek felelős gazdái. (Háncs Ernő: A Politikai Főcsoportfőnökség és a politikai tiszti intézmény létrehozásának előzményei a Magyar Néphadseregben 1948. április – 1949. február 48. MN Politikai Főcsoportfőnökség Tudományos Tanácsa 1984. Budapest. 71-72. és 94-95. oldal).

⁵ „A népi származású tisztikar megteremtésével, a hadsereg szervezeti kereteinek, politikai szervezeteinek kialakulásával és megszilárdulásával, a marxizmus-leninizmus és a párt politikájának térhódításával, a parancsnokok szakmai felkészültségének és politikai érettségének gyarapodásával megteremtődtek ezen elvi jelentőségű változás legfontosabb feltételei.” (Mucs-Zágoni: A Magyar Néphadsereg története 1945-1959. Zrínyi Katonai Kiadó. Budapest. 1979. 255. oldal.).

⁶ HM. HVK Szervezési és Mozsóósítási. Csoportfőnökségség. 0460/ 1952. számú intézkedése.

ges helyére, Kunmadarasra. A hadosztály parancsnoka⁷ Bence Károly őrnagy⁸ lett. A hadosztály alárendeltségébe tartozó 10. bombázórepülő ezred (Kunmadaras) Farkas Endre százados⁹, a 26. bombázórepülő ezred (Kunmadaras) Csontos Miklós százados parancsnoksága alatt alakult meg. A mozgósítás esetén felállítandó 38. bombázórepülő ezred települési helyéül Mezőtúrt jelölte meg a miniszteri parancs.

A hadosztályt 1953. januárjától fokozatosan „fegyverezték fel” bombázó repülőgépekkel. Az újonnan vásárolt repülőgépek a hadosztály létrejöttekor még nem érkeztek meg állomáshelyükre, Kunmadarasra. A téli kedvezőtlen időjárás késleltette¹⁰ a Magyarországra történő átrepülésüket.

⁷ HM. Személyügyi. Csoportfőnökségség. 06565/2/1952. számú parancsa.

⁸ **Bence Károly** (1927-?): repülő alezredes, hadosztályparancsnok 1943–45-ben elvégezte a Csapattiszthelyettes-képző Iskolát. 1945 tavaszán hadifogságba esett. A Szovjetunióból 1946-ban tért haza; 1947 tavaszán behívták Szekszárdra az I. gyalogzászlóaljhoz, és szakaszvezetővé léptették elő. 1947–49-ben elvégezte a Kossuth Akadémiát, és 1949. március 14-én hadnaggyá avatták. 1949–50-ben a Killián Repülőtisztai Iskolán volt repülőgépezető-növendék, majd 1951-ben Budaörsön századparancsnok, Székesfehérváron már századosi rendfokozattal ugyancsak századparancsnok. Még ebben az évben Székesfehérváron ezredparancsnoki beosztásba helyezik, az év végén ugyanilyen beosztásba Mezőtúrra kerül, majd 1952-ben az akkor megalakult hadosztály parancsnokává nevezik ki. 1956-ban hangoztatott, és vallott nézetei miatt 1957-ben tartalékállományba helyezték. Katonai szolgálata alatt a Magyar Népköztársasági Érdemrend V. fokozatával, a Magyar Népköztársaság Érdeméremmel tüntették ki. 1958 után a mezőgazdasági repülésben dolgozott, PZL, An-2 és Ka-26 (Kamov) típusokkal repült. (Repülési lexikon, I. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 103. oldal).

⁹ **Farkas Endre** (1928- ?) ezredes, ezredparancsnok, légügyi főigazgató. 1949-ben önként vonult be a hadseregbe és Budaörsön szolgált, mint honvéd. Rövidesen áthelyezték a Vasvári Pál Műszaki Tisztai Iskolára növendéknek; az iskola elvégzése után az 50. vadászpilóta-ezrednél technikai beosztást látott el. 1951-ben Szolnokon repülőgépezetői kiképzésben részesült, majd a 82. bombázó repülőezrednél kapott repülőgépezetői beosztást. Alig egy év múlva kinevezik ezredparancsnoknak, és századosná léptetik elő. 1955-ben a Magyar Önkéntes Honvédelmi Szövetséghez helyezték át repülési osztályvezetőnek. 1959-től ugyanazt a beosztást látta el az akkor megalakult Magyar Honvédelmi Sportszövetségnél is, alezredesi rendfokozatban. 1960-tól 1975-ig a KPM Légügyi Főosztályán repülési osztályvezető, 1975-től nyugdíjazásáig (1989) a főosztályvezető helyettese, ill. légügyi főigazgató. 1977-ben lett ezredes. (Repülési lexikon, I. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 253-254. oldal).

¹⁰ A bombázórepülőgépek késéssel való beérkezése alaptalan, de a realitásokat nem teljesen nélkülöző, híreket is felröppentett. A beosztott hajózó és műszaki állomány egy része a jól értesült szerepében azt terjesztette, hogy mindez talán azért van így, mert a magyar légierő is megkapja a korszerűbb, sugárhajtású Il-28-as repülőgépeket. Ebben az elgondolásban — elsősorban a jobb repülőgépek rendszeresítésének reményében — tükröződtek azok az álmok is, hogy belátható időn belül korszerűbb repülőeszközökkel szerelik fel a bombázórepülő hadosztályt. A túl korai álmok 1953. január 2-án foszlottak semmivé, amikor a kunmadarasi tisztiklub színháztermében ismertetésre került a hadosztály feladatait meghatározó miniszteri parancs. A parancsból világossá vált, hogy a hadosztályt a már átrepülésre felkészített Tu-2 típusú repülőgépekkel szerelik fel.

A hadosztály hadi alkalmazhatósága szempontjából fontos feladat volt a szakképzett hajózó¹¹-, és műszaki állomány megléte. A repülőgép-vezetők közül sokan a Szovjetunióban tanultak, ott kaptak kiképzést a Tu-2¹² bombázó-repülőgépre. A csoportba tartozók 1952. decemberében érkeztek haza és kaptak szolgálati beosztást. Bábel János, Horváth Sándor, Jekkel Rudolf, Rábavölgyi István hadnagyok, és mások az átképzés idején, elsősorban a kiképzési repülések megindulása után kiemelkedően jó munkával segítették a korábban más típuson (Li-2¹³ és Il-10¹⁴) repülő állomány felkészítését. A kitaró oktatómunka ered-

¹¹ **Hajózóállomány:** a repülőalkulatok személyi állományának az a része, amely feladatát a repülőgép levegőben való üzemeltetésével, illetve a repülési feladattal kapcsolatban a repülőgép fedélzetén oldja meg. Ide tartoznak a pilóták, a hajózó megfigyelők, a légi lövészek, a hajózó technikusok, mérnökök. (Repülési lexikon, I. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 359. oldal).

¹² **Tupoljev Tu-2 (TÚZOK):** jellegzetes formájú kétmotoros, felsőszárnyas, osztott függőleges vezérsíki közepes és zuhanóbombázó repülőgép, tervezésére a Tupoljev tervezőiroda 1938-ban kapott megbízást, sorozatgyártása 1942-ben indult meg, az ötvenes évek elején került légierőnk fegyverzetébe. A repülőgép személyzete négy fő (repülőgép-vezető, megfigyelő, rádiós-lövész, fedélzeti-lövész). Vízszintes repülésből, illetve siklásból történő bombavetésre tervezték 3000 kg, a modifikált (a négyágú légcsavar) gépeket 4000 kg harci terheléssel, melyet a gép törzsében kialakított bombaszekrényben lehetett elhelyezni. A 18,8 m fesztávolságú, 13,8 m hosszú repülőgép legnagyobb felszálló súlya 13,8 t, normális felszálló súlya pedig 11,6 t. Ebből a szerkezet és az üzemanyag súlya 8260 kg, a bombateher és lőszer súlya 3260 kg. A tüzelőanyag tartályokba 2800 l benzint lehetett önteni. A farokkeres repülőgép két főfutóját a szárnyak középső részén levő motor-gondolákba hozták be. A törzs mellső részén volt a pilótafülke, a bombatér. Mögötte alul és felül egy-egy fedélzeti lövész helyezkedett el, oltalmazva a harc feladatát végrehajtó repülőgépet. A repülőgépet 2 db egyenként 1850 LE teljesítményű AS-82 típusú 14 hengeres, léghűtéses, benzínüzemű csillagmotor hajtotta. A hengerek a motorban egymás mögött két sorban (7-7 henger), csillag alakban helyezkedett el. A gép repülési jellemzői saját kategóriájában igen jók voltak: legnagyobb repülési sebessége 550 km/h, a legnagyobb utazósebesség 440 km/h, a repülési csúcsmagassága 9500 m, a hatótávolsága 2100 km. A repülőgépen 2 db 20 mm-es gépágyút és 3db 12,7 mm-es védőpuskát helyeztek el. Hazánkban 1953-tól 1956-ig volt szolgálatban, összesen 71 db. 1956 nyarára az összes Tu-2-t kicselejtezték. A bombázórepülő hadosztály rendelkezett néhány oktató, kétkormányos Tu-2 géppel is. (Repülési lexikon, II. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 415. oldal).

¹³ **Liszunov Li-2:** szovjet gyártmányú, alsószárnyú, dugattyús motoros, kis hatótávolságú utaszállító repülőgép. A Szovjetunió 1938-ban megkapta a DC-3 típusú utaszállító repülőgép licencét. A Liszunov tervezőiroda közreműködésével, a licence alapján a Szovjetunióban is megkezdődött a sorozatgyártás. A Li-2 típusjelzést 1942. szeptemberben. Törzse fém, héjszerkezet. Személyzete négy fő, az utaslétszám 14-18 fő. A szárny fémépítésű, három főtartós. Futóműve hárompontos, behúzható, farokkeres. A hajtómű két db AS-62 v. AS62IR típusú kilenchegecsillagmotor, egyenként 736 kW teljesítményű. A légcsvar háromágú 3,4 m átmérőjű. Lengyelországban és Kínában licenc alapján gyártották. A típust a szocialista államok légiforgalmi vállalatai üzemeltették az NDK, Jugoszlávia és Kuba kivételével, a MASZOVLET/MALÉV 25 db Li-2 típusú repülőgépet üzemeltetett 1946-1963 között. Adatai a fesztáv 28,81 m, hosszúság 19,65 m, magasság 5,15 m, szárnyfelület 91,69 m², maximális felszállótömeg 11 500 kg, hasznos terhelés 2440 kg, legnagyobb sebesség 280 km/h, utazósebesség 230 km/h, hatótávolság 2170 km. (Repülési lexikon, I. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 604.-605. oldal).

ményeként a hajózó-, és műszaki állomány szakemberré való „átalakításának” nehéz feladatát, rövid idő alatt, de sikeresen oldotta meg a hadosztály.

A típusátképzés elméleti része január 4-én kezdődött, melyet szovjet oktató-csoport vezetett. Ezen a tanfolyamon a hadosztály állományából 25 repülőgép-vezető vett részt. Hozzájuk csatlakozott a légierő-parancsnokságtól Koronkai Károly őrnagy, aki ekkor a légierő nehézgépeinek repüléstechnikai szemlélője volt. A műszaki és megfigyelő állomány átképzését ezzel egyidőben szervezték meg. Az átképzésre kijelölt személyek többségével úgy számoltak, hogy a következő csoportok oktatója lesz

1953. január 27-én légi úton érkezett meg az első öt repülőgép Kunmadarasra. Köztük három darab harci és két darab kétkormányos kiképző repülőgép. A „vasmadarakra” sokan kíváncsiak voltak. Az első szemrevételezések vegyes érzelmeket keltettek, az avatott szem számára már első látásra is egyértelmű volt, hogy a repülőgépek nem gyári újak, ugyanis „leharcoltnak tündek”. Később beigazolódt, hogy az észrevételek nem voltak alaptalanok, ugyanis a repülőgépek zöme átírt fedélzeti naplóval érkezett. Ekkor jogosan következtetni lehetett arra, hogy egy részük már a II. világháborúban is szerepet kaphatott, de közülük sokan - nagy valószínűséggel - a koreai harcokban részt vettek.

1953. január 29-től a 82. bombázórepülő hadosztálynál megkezdődött a gyakorlati átképzést a kétmotoros Tu-2 frontbombázó repülőgépre. A tanfolyamot a

¹⁴ **Iljusin Il-10 „Párduc”**: csatarepülőgép a maga idejében a dugattyús-motoros repülőgépek egyik legkiemelkedőbb típusa. A második világháború idején legnagyobb mennyiségben gyártott szovjet páncélozott csatarepülőgép, az Il-2 korszerűsített változata volt.

Ezt a repülőgépet a szárazföldi csapatok harcának támogatására, a harcokcikk elleni harcra tervezték. Éppen ezért a gép jó néhány szerkezeti elemét páncélozták, és az erős támadó fegyverzet mellett, védő fegyverekkel is ellátták. A teljesen fémépítésű, alsószármag elrendezésű repülőgép páncélzata valóban számottevő volt. A pilótát és a lövést, a dugattyús motort és a tüzelőanyag-tartályokat megbízhatóan védte a találat hatásától. Ezt a páncélzatot úgy alakították ki, hogy az egyben a repülőgép-sárkány teherhordó szerkezeti elemeinek részét képezte, és ezért nem okozott számottevő többletsúlyt. A jelentős páncélozás ellenére a repülőgép repülési jellemzői a maguk idejében meglehetősen jók voltak. A gép maximális sebessége elérte az 550 km/óra értéket. A háromágú légszárny hajtására 1 db 2000 LE teljesítményű AM-42 típusú 12 hengeres, soros vízhűtéses benzinmotor szolgált. A repülőgép farokkerékes volt, két hidraulikus működtetésű, a szárnyakba behúzható főfutóval. A tekintélyes páncélozás és az erős fegyverzet ellenére a 13,4 m fesztávú és 11,2 m hosszú repülőgép felszálló súlya mindössze 6300 kg-ot tett ki. A repülőgép csúcsmagassága (csatarepülőgépről van szó!) 7000 m volt. A repülőgép szárnyformája alaprajzban egyenes trapéz alakú, lekerekített törővégekkel. A szépen áramvonalazott törzs középső részében a pilótafülke, mögötte a fedélzeti lövész fülkéje helyezkedett el. A gép fegyverzete: két mereven beépített 23 mm-es gépágyú, az ugyancsak mereven beépített 2 db 7,62 mm-es géppuska, továbbá a fedélzeti lövész által kezelt 12,7 mm-es géppuska. Az utóbbi hátrafelé irányult és a harc feladatát végrehajtó repülőgépet kellően védte. A törzs alá két db 5000 kg-os repülőbombát lehetett felfüggeszteni. A repülőgép füves repülőtérről szállt fel, a felszállási út hossza mindössze 450 m volt. (Repülési lexikon, II. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 426. oldal).

szovjet fél részéről megbízott Kargalcev ezredes irányította, alárendeltjei közé négy fő hajózó és öt fő műszaki tiszt tartozott.

Februárban már nagy intenzitással folyt a hajózószemélyzet gyakorlati átképzése. A legsürgősebb feladat az volt, hogy a repülőgép-vezetők megismerjék és elsajátítsák a bombázó-repülőgépekkel való repülés technikáját, képesek legyenek egyedül (az oktató személyzet felügyelete nélkül) repülni, majd begyakorolják a raj és századszintű kötelékrepülést¹⁵. Természetesen a tanfolyam hallgatói a gyakorló repülések közti időben elméleti tanórákon vett részt, és emellett a gyakorló berendezéseken is oldottak meg feladatokat.

A légi felderítés¹⁶, a bombavetés¹⁷, a légi lövészet¹⁸ új elemként szerepeltek az elsajátítandó anyagban. Az átképzés repülési gyakorlatait az egyedülrepülésig a szovjetek által készített tematika szerint hajtották végre.

A felső katonai vezetés az április 04.-i díszszemlén nyilvánosan is be akarta mutatni a magyar hadsereg büszkeségeit a bombázó-repülőgépeket. A kiképzési programot módosították, ennek következményeként erőltetett ütemű gyakorlórepülések következtek. Az intenzív gyakorlás végcélja az volt, hogy a bombázórepülők ezredkötelékben repüljenek a díszszemlén. A repülés technikáját elsajátított, újonnan kiképzett hajózó állományt, és 9-9 db repülőgépből álló századot jelölték ki a díszszemlére.

Február és március hónapban még mintegy 30 darab TU-2 repülőgép érkezett. A gépek többsége erősen „leharcolt” állapotban érkezett meg, átlagos repülési idejük 250–400 óra között volt. Szélsőséges példa, de volt olyan repülőgép

¹⁵ **Kötelékrepülés:** repülőgépek egymáshoz viszonyítva meghatározott tér-, és távközzel való mozgása a levegőben. A tér-, és távközök nagyságától függően megkülönböztetnek zárt és nyitott köteléket. A köteléket a vezérgép vezeti, a kötelékben levő kísérők az ő mozdulatait követve hajtják végre a különböző, általában előre meghatározott manővereket. A katonai repülőknél a kötelékben való repülés a feladatnak megfelelő harcrendben történik. A kötelék formája szerint lehet ék, rombusz, lépcső, kigyó, stb. (Repülési lexikon, I. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 525. oldal).

¹⁶ **Légi felderítés:** a felderítés egyik alapvető fajtája, a különféle objektumokról szóló adatok légi úton való megszerzését jelenti. A légi felderítés minden harcfeladatot végrehajtó gépszemélyzet feladata. (Repülési lexikon, I. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 561. oldal).

¹⁷ **Bombavetés:** a repülőbomba célba juttatása repülőgépről. A bomba, a leválás pillanatától, a repülőgéptől kapott sebesség, a nehézségi erő, és a bomba alakjától függő nagyságú ellenállás, a meteorológiai körülmények által megszabott pályán mozog. A bomba kioldását akkor kell megtenni, amikor a cél a repülőgép előtt meghatározott (előretartási) szög alatt látható. A bombavetésnek számtalan módja lehet (vízszintes repülésből, emelkedésből, zuhanásból, stb.), a legegyszerűbb módját vízszintes repülésből hajtják végre. (Repülési lexikon, I. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 127. oldal).

¹⁸ **Légi lövészet:** a repülőgépek fegyverrendszereinek alkalmazása a levegőben, a földi vagy légi célok ellen. A Földi vagy álló légi cél ellen a lövést leadó repülőgép sebessége, a mozgó légi cél ellen mindkét objektum mozgása a jellemző, ami nagymértékben nehezíti a célzott tüzelést. A mai modern repülőgépeken célzó berendezés segíti a pontos becsapódást. A fedélzeti rakéták célba találását elektronikus berendezések biztosítják. (Repülési lexikon, I. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 570. oldal).

is, amelyet közvetlenül a megérkezése (földet érése) után a technikai állapota miatt repülésképtelennek nyilvánítottak.

A hatékony, és lelkiismeretes munka, a hajózó és műszaki állomány igyekezete végül is meghozta a gyümölcsét. Minden feltétel adott volt a díszszemlén való részvételhez. A bemutatóra készülő állomány Kiskunlacházára települt át, amelyet kiegészítettek a Killián iskola állományából vezényelt Jak–11-es kísérő részleggel.

Ember tervez, Isten végez. Hiába a nagy akaraterő, a nagyközönségnek való bemutatkozás lehetősége. A bombázók díszelő repülése nem a jól begyakorolt módon sikerült, a szerencse sem szegődött melléjük. Április 4-én, a kötelék felszállása idején, egy erős homokvihár zavarta meg „bombázó barátaink tisztánlátását”, s így a rossz látási viszonyok miatt a tervezett díszelő alakzatot nem sikerült megalakítani, öt rajkötelék közül csak háromnak sikerült azt az eredeti terv szerint végrehajtani. Ez a „csonka kötelék” ugyan eljutott Budapestig, de a Hősök terére való rárepülésnél az irányt ők is elvették. A bombázó kötelék vezérgépét, a Bence Károly őrnagy által vezetett, piros csíkokkal díszített Tu–2 bombázót a 31. vadászrepülő ezredtől Vörösmarty Béla¹⁹ százados századparancsnok és Cselovszki Pál főhadnagy pirosra festett MiG–15 sugárhajtású repülőgéppel kísérte²⁰.

Később kiderült, hogy ha a vezérgép személyzetének nagyobb tapasztalata van, akkor ez a szerencsétlen helyzet nem alakul ki. Ahhoz, hogy a díszelő kötelék minden nehézség nélkül összeálljon a vezérgépnek az előírt magasságot meghaladva még mintegy ötven métert kellett volna emelkednie.

Az 1953. április 4-i díszszemlén tehát a MiG–15 és Il–10 repülőgépek mellett megjelentek a Tu–2 bombázó-repülőgépek is, melyek felejthetetlen látványt nyújtottak. Azt azonban, hogy a háttérben „egyetlen” gondok vannak a nagyközönség nem tudhatta. Nem ismerhette, hogy részben leharcolt repülőgépeket kapott a légiőr,

¹⁹ **Vörösmarty Béla** (1929-): repülő ezredes, az Országos Légvédelmi Parancsnokság repülőfőnöke. 1947. augusztus 15-én, érettségi után önként vonult be a hadseregbe. Mátyásfüldre került az I. önálló repülőszázad állományába, ahonnan 1948-ban a Honvéd Kossuth Akadémiára, egy év múlva a Szovjetunióba vezényelték repülőgép-vezetői iskolára. Az iskola elvégzése után, 1953. januárban kinevezték a 31. vadászrepülő-ezred századparancsnokának Kunmadarasra, majd Taszárra került ezredparancsnoki beosztásba. Mindössze 26 éves, amikor 1955-ben hadosztályparancsnoknak nevezik ki. E beosztást látja el 1957. március 25-ig, amikor a hadosztályt megszüntették és létrehozták a Repülőképző Központot, melynek parancsnoka lett. 1964-től az OLP Repülőcsapatok főnöke, 1967. októbertől 1981. szeptemberig a Zrínyi Miklós Katonai Akadémia Légvédelmi Összefgyvernemi Tanszékének vezetője. Közben 1962-64-ben elvégezte a Szovjet Hadsereg Vezérkari Akadémiáját. 1973-ban a Művelődési Minisztertől az Oktatás Kiváló Dolgozója címet és jelvényt kapta meg. 1981–1986 között osztályvezető a Vezérkarnál, ezután saját kérésére nyugállományba helyezték.

²⁰ Megjegyzendő, hogy a bombázó-repülőgép kísérése vadász-repülőgéppel nem volt könnyű, mert a két típus között sebességben jelentős volt a különbség. Másik megjegyzés: Vörösmarty Béla századost a díszszemle után Taszárra helyezték az 50. vadászrepülő ezred parancsnokának.) (Repülési lexikon, II. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 483. oldal).

hogy a gépek elhasználtsága, műszaki állapota súlyos problémákat hordozott. A repülő balesetek és katasztrófák megelőzése rendkívül nagy gondot okozott az üzemeltető állományok, de legfőbb szinten a Légierő vezetésének is.

Az év hátralévő részében intenzív kiképzőrepülés folyt, amely a bombavetés elsajátítását és készség szintű begyakorlását szolgálta. A repülőgép-vezetők az első fázisban a célra történő rárepülést gyakorolták, majd ezt követően gyakorló (beton) bombákkal „éles” bombavetést hajtottak végre a nádudvari bombalőtéren.

Az alakulatok személyi állománnyal való feltöltése nehézkesen oldódott meg. A hadosztályból elsőként a hadosztályparancsnokság és a 10. bombázórepülő ezred került feltöltésre. A 26. bombázórepülő ezrednek először csak a parancsnokságát alakították meg.

A technikai és személyi feltöltés októbertől kapott nagyobb lendületet. A repülőgépek száma is gyarapodott, szeptember 1-én már 58 db volt a hadosztály állományában. A hadosztály a november 1-i harcérték jelentése szerint ez 68%-os feltöltöttséget jelentett. A repülőgépek beszállítása még 1954-re is áthúzódott, akkor már négyágú légszárnyas, új gépek is érkeztek.

Az alapos munka meghozta gyümölcsét, 1953-ban jelentősen emelkedett a hadosztály kiképzettségének szintje: a bombázó-repülőgépek személyzete jártasságot szerzett a repülőgép-vezetésben és a bombavetésben, azt képes volt végrehajtani rajkötésekben, jó időjárási viszonyok között, közepes repülési magasságon.

A parancsnoki állomány kiképzése előbbre járt, mert az év második felében már a nappali bonyolult idő²¹, valamint az éjszakai²² jó idő kiképzési repüléseket is gyakorolták. Augusztus elejétől pedig már 1-2 speciálisan átalakított géppel a — vadászrepülőök légi lövészetéhez nélkülözhetetlen — célzsák²³ vontatást is gyakorolták.

²¹ **Bonyolult időjárási viszonyok:** a repülés végrehajtásának módját befolyásoló időjárási feltételek. Ilyen repülésnek kell tekinteni a nappal felhőben és felhő fölött, valamint az éjszakai repülést. A repülés ilyenkor kizárólag műszerek alapján végezhető, és a leszállás is meghatározott rendszer szerint műszerek segítségével történik. A bonyolult időjárási viszonyok esetén a leszállásra időjárási minimumot határoznak meg, elsősorban a felhőalap, és a felhő alatti látástávolság minimális értékének az előírásával. (Repülési lexikon, I. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 128. oldal).

²² **Éjszakai repülés:** a bonyolult időjárási viszonyok közötti repülés egyik fajtája. Éjszakai repülésnek számítanak a napnyugtától napkeltéig, tehát szürkületben, besötétedés után és virradatkor végzett repülések. A nappali repüléskor megszokott tájékozódási pontok nem láthatók, a repülés csak műszerek alapján végezhető, s a fények csak nagybani tájékozódást tesznek lehetővé. Útvonalon a tájékozódást a rádió navigációs eszközök biztosítják, a leszállás a földi fényszórók, vagy a saját fényszóró által megvilágított leszállómezőre (terepre) történik. (Repülési lexikon, I. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 212. oldal).

²³ **Célzsák:** (Repülési lexikon, I. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 570. oldal). Repülőgép által 500 m hosszú, 1 cm. Átmérőjű acélsodronnyal vontatott, hurka alakú, erős vászonból, vagy műanyagból készített szerkezet, amelyre fedélzeti gépágyúval, vagy géppuskával ellátott repülőgépek vezetői, megfigyelői, illetve hajózó lövészei hajtják végre lövészetet. A célzsákra jobb láthatóság érdekében piros-fehér csíkokat festenek. (Repülési lexikon, I. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 146. oldal).

A bombázás elméleti részét tanteremben oktatták, melynek szemléltetésre és gyakorlásra egy berendezést készítettek. Egy magas állványzaton alakították ki a pilótafülkét, amelyben megtalálhatók a kormányszervek, a műszerek (sebesség-, magasságmérő, variométer²⁴, iránytű). A pilótafülke mögött jobbra hátul — a valódi helyzethez hasonlóan — helyezkedett el a megfigyelő a bombavető-célzőkészülékkel. Ahhoz, hogy a repülőgép mozgását érzékeltessék az állványzat alatti vetítívászonra lassan mozgó terepet vetítettek. A valóságot megközelítő helyzet imitálására a foglalkozásvezető, a részére készült berendezésen, beállította a gyakorlás szempontjából fontos adatokat (a széleltérítési szög²⁵, a repülési magasság, a repülési sebesség értékét). A megfigyelő, miután a bombavető-célzőkészüléken megpillantotta a rombolásra kiválasztott tereptárgyat, kioldotta a bombát (bombákat). Az oldás után a vetítés megállt, és a vászon alatt kigyulladás izzó (sorozatvetésnél izzók) jelezté(k) a bombarobbanás (becsapódás) helyét. Az izzó(k) helyes célzás és bombaoldás esetén a kiválasztott tereptárgyon, vagy közvetlen közelében villant(ak) fel.

A levegőből történő bombavetést a hajózó-állomány először fototechnikai eszközök segítségével gyakorolta, ez volt az ún. „fotobombavetés”. Az „éles” célpontok általában vasútállomások, laktanyák voltak. A repülőgép rárepült a célobjektumra, a megfigyelő nyitotta a bombaajtót, megirányozta a célt, kiszámította a bombaoldás pillanatát, és bekapcsolta a fényképezőgépet. A felvétel előhívása után értékelték a gyakorlatot, és a „bombatalálat” helyességét.

Nádudvar község határában jelölték ki a bombalóteret. Ez volt az éles bombavetéshez vezető út következő állomása. A gyakorlók itt igyekeztek elpusztítani az „ellenséges” célpontokat. A feladatokat gyakorló bombával hajtották végre, ami tulajdonképpen egy betonból készült szerkezet, amelynek a közepében egy folyadékkal megtöltött palack foglalt helyet. A bomba becsapódás után a palack összetört, a benne lévő folyadék a levegővel keveredve színes füstöt képezett. A lőtéren, három helyen bunkerban bemérő katonákat helyeztek el, akik a füstoszlop irányyszöge (azok metszéspontja) alapján meghatározták a becsapódás helyét.

²⁴ **Variométer:** a repülési magasság változásának intenzitását (a magasság csökkenésének, vagy növekedésének mértékét) m/s-ban mutató műszer. A repülőgép vezetéséhez — különösen bonyolult időjárási viszonyok közötti és éjszakai repülésnél — elengedhetetlenül szükséges, mivel a repülőgép-vezető e műszer segítségével képes meghatározott pályán a süllyedést vagy emelkedést pontosan végrehajtani. (Repülési lexikon, II. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 456. oldal).

²⁵ **Széleltérítési szög:** a légi jármű hossz tengelye és a tényleges útvonala által bezárt szög a földfelületen. Ezt a szöget a hossz tengelytől mérik előjele jobbra „+”, balra „-”,,. Nagysága függ a szél támadási szögétől és a tényleges repülési sebességtől. Gyakran szél-ellentartási szögnek nevezik. (Repülési lexikon, II. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 356. oldal).

A gyakorlók jobb munkájának ösztönzésére a bombavetési gyakorlatokat igyekeztek színessé tenni. Nagydíjként 1000 Ft. jutalmat tűztek ki arra az esetre, ha valaki a lőtéren a cél középpontjába helyezett oszlopot bombával eltalálja. A cél egy 10 méter sugarú, kör alakú terület volt, annak a közepébe kellett volna beletalálni. A feladatot senkinek sem sikerült megoldani. (Abban az időben a jutalom összege megfelelt egy repülőgép-vezető félhavi fizetésének.)

Közben egy nehezebb feladat megoldására is nagy figyelmet kellett fordítani a műszerrepülésre. A bonyolult időjárási viszonyok közötti, és az éjszakai repülés nem lehetséges műszerrepülés nélkül, annak elsajátítását is meg kellett oldani. A célhoz vezető úton elsőként a Po-2²⁶ iskola és gyakorló repülőgépen repültek a jelöltek, majd a parancsnoki állomány ugyanezt a feladatot a Tu-2 repülőgépekkel is begyakorolta.

A bombázórepülő hadosztály személyi állományának feltöltéséhez nagyban hozzájárult, hogy a Kilián Repülő-hajózó Tiszti Iskolán tanulmányaikat 1951-ben megkezdett bombázórepülőgép-vezetők képzése befejeződött. Az újonnan avatott tisztek jelentős számban kaptak beosztást a bombázó alakulatoknál. Ezzel egyidőben a Vasvári Pál Szakkiképző Tiszti Iskoláról kibocsátott szakemberekkel a bombázó-repülőgépek műszaki állományát egészítették ki.

Az új repülőgépeken (MiG-15, Tu-2) a repülés technikájának az elsajátítása, a tömeges kiképzés nagy figyelmet igényel. A tanfolyamok hallgatóitól nagyfokú feyelmelmet követel. Az oktató állomány oldaláról a kimagasló szakmai hozzáértést, a következetességet, az egyértelmű követelmények állítását feltételezi. Az alakulatok teljes személyi állományának minden energiáját mozgósítva e szép és nemes feladat megoldására kell összpontosítani. A legkisebb mulasztás, felelőtlenség baleset, katasztrófa lehetőségét hordozza magában, ezért a parancsnoki állományra ezek megelőzésében nagy felelősség hárult.

²⁶ **Polikarpov (Po-2/U-2)** szovjet gyártmányú, kétfedelű iskola- és gyakorló repülőgép. Terveit Ny. Ny. Polikarpov 1927-ben készítette. A prototípus 1928. január 27-én repült először, M. M. Gromov berepülőpilóta vezetésével. Törzse fa rácsszerkezetű, keresztvonal merevítéssel, elöl réteges falemez, utána vászonborítású. Személyzete két fő. A szárnyak két főtartósak, faépítésűek; a belépőéltől az első főtartóig réteges falemez, a szárnyak többi részén vászonborítással. A felső szárny „N” tartókkal kapcsolódik a törzshöz. A szárnyak „N” tartókkal és húzalmerevítéssel vannak összekötve. Futóműve hárompontos, nem behúzóható, farkcsúszós. A hajtómű egy db M-11 típusú öthengeres csillagmotor, 74–118 kW teljesítményű. A légszavár fa, kétágú, MD-1 típusú. Típusváltozatok: Po-2M, AP, AO, SzP, SzSz, ÚT, SzPL, E-23, U-3, U-4, RV-23, S-2, S-3, S-4, VSZ, NAK, GN, HS, P, S-13, CSS-13. Gyártási darabszám: 30 000. Katonai és polgári feladatokra egyaránt alkalmazták a Szovjetunióban, és a II. világháború után sok más országban. Lengyelországban 1952-től licenccben gyártották. Magyarország 37 példányt vásárolt szovjet és lengyel gyártásból, utasszállításra (MASZOVLET), mezőgazdasági és katonai feladatok ellátására. Adatai: fesztáv 11,40 m, hosszúság 8,14 m, magasság 3,10 m, szárnyfelület 33,15 m², felszállótömeg 1050 kg, legnagyobb sebesség 150 km/h, fegyverzet: egy db 7,62 mm-es géppuska, bombák. (Repülési lexikon, II. kötet. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1991. 162. oldal).

Sajnos, ezeket a kunmadarasi repülőalakulatoknál nem sikerült maradéktalanul megvalósítani. Az első félévben folyamatosan következtek be a súlyos rendkívüli események.

Június 9-én, a 31. vadászrepülő ezred állományából Jankovics József hadnagy és Székelyhidi Lajos hadnagy éjszakai repülést hajtott végre, közben katasztrófát szenvedtek. A repülési feladat során az UTI MiG–15-ös iskolagép első kabintetejét elvesztették. Kényszerleszállás közben egy fényszórónak ütköztek, a repülőgép a hátára fordult, majd háton csúszott a felszálló mezőn. Mindkét repülőgép-vezető életét veszítette.

Néhány nap múlva, június 20-án újabb rendkívüli esemény történt. Ezen a napon a 31. vadászrepülő ezredhez tartozó Boda Dezső hadnagy gépének a hajtóműve útvonalrepülés közben leállt. A fiatal pilóta kényszerleszállást kísérelt meg, ám a földetérés után facsoportnak ütközött, a gép orr-része olyan súlyosan roncsolódott, hogy Boda hadnagy a helyszínen meghalt.

Kilépve a gondolatmenetből, említésre érdemes, hogy július hónapban az újonnan épített kalocsai repülőtéren a munkálatok befejeződtek. Ez az objektum lett a 31. vadászrepülő ezred új állomáshelye, ahová július 30-án át is települt.

A korábbiakhoz visszatérve. A légierő alárendelt repülőezredeinél az 1953-as év elejétől augusztus közepéig sok esemény és 11 katasztrófa történt. Az eseményekért felelős parancsnokokat leváltották. A megelőzés érdekében a légierő parancsnoka szigorú rendszabályokat vezetett be, és feladatul szabta a szakmai ismeretek gyarapítását, az alparancsnoki állomány szakmai felkészültsége színvonalának emelését. Az év őszén a honvédelmi minisztériumi felügyeleti szemlélt tartott, mely jobb eredménnyel zárult, mint a tavaszi. Az is megállapítást nyert, hogy az alakulatok harckészültségének színvonala jelentősen emelkedett.

1953. november elsején megjelent a magyar légierő és alárendelt csapataira vonatkozó szervezési intézkedés. Ez a kunmadarasi repülőalakulatok részére a következő változásokat jelentette:

- a titkos tervekben kikerült a 29. vadászrepülő hadosztály és alárendeltjeinek felállítására vonatkozó elgondolás;
- Kunmadarason létrehozták a 6. vakleszállást²⁷ biztosító századot;
- egy lőtér szakaszt szerveztek a nádudvari bombalőtér használatának biztosítására.

Érdekességként megemlíthető, hogy a magyar légierő mind szervezetileg, mind az előerő létszámában, valamint repülőgépek darabszámát tekintve ennél a szervezésnél volt a legnagyobb. Ennek érzékeltetésére álljanak itt a számok. Az ál-

²⁷ **Vakleszállás:** a leszállómező megközelítésének az a módja, amikor a repülőgép-vezető műszerekre hagyatkozva hajtja végre a süllyedést, de a földetérés már a leszállómező, a bevezető fények megfigyelésével történik.

lománytábla szerint a létszám 19 834 fő (katona és polgári alkalmazott) volt, ténylegesen 18 741 főt foglalkoztattak. A repülőgépek darabszáma: (az első szám az állománytábla szerinti, a zárójelben lévő a ténylegesen meglévő darabszámot jelenti):

- vadászrepülőgép: 197 db sugárhajtóműves + 35 db motoros, (193 db + 40 db);
- csatarepülőgép: 145 db (133 db);
- bombázó repülőgép: 85 db (58 db);
- iskola gép: 222 db (166 db);
- szállító repülőgép: 38 db (17 db);
- futár repülőgép: 28 db (34 db);
- repülőgép összesen: 750 db (641 db).

A hajózó-állomány feltöltöttsége kb. 80%-os, a magyar hadsereg ténylegesen meglévőlétszáma ekkor: 195 442 fő volt. A Légierő ennek a 9,5%-át tette ki.

A BOMBÁZÓREPÜLŐK A CSÚCSON

Az új kiképzési évben, a korábban elért eredményekre alapozva, tovább kellett emelni a harcászaltság színvonalát és hadrafoghatóság szintjét. Ennek érdekében az 1953–54-es kiképzési évre meghatározott feladatok az alábbiak voltak:

- a repülőgép-vezetési technika tökéletesítése;
- a harcászaltság fokozása;
- a légi fegyelmetlenségek és repülőesemények megelőzése;
- a célzsákra és földi célra való lövészet eredményességének javítása;
- a bombavetés tökéletesítése.

Az év végén és 1954 első hónapjaiban a magasabb szintű kiképzettség elérése céljából a kunmadarasi bombázórepülő alakulatok teljes hajózó állománya gyakorolta a repülést rajkötelékben, majd a felhő feletti repülést, később az éjszakai repülést, kezdetben mindezeket jó időjárási viszonyok között. A nehezebb repülési feladatok teljesítése érdekében a műszerrepülést és az éjszakai repülést a kezdeti szakaszban a Po-2 gépeken gyakorolták.

A legképzettebb hajózóállomány lehetőséget kapott az 1954. évi díszszemlén való részvételle. A felkészülés szervezeten, rendben megtörtént, sokak a sikeren reménykedve indultak az újabb megmérettetésre.

Az 1954-es díszszemle az előzetes várakozásokat igazolta, a siker kárpótolta a hadosztályt az előző évi kudarcért. A nyolc rajból álló ezredkötelék a piros-fehér alsó festéssel ellátott vezérgép vezette két MiG-15-ös vadászrepülőgép kíséretében. A Tu-2-es pilótája Koronkai Károly őrnagy, megfigyelője pedig Kurucz Ferenc őrnagy volt. A felvonulási tér felett átdübörgő impozáns kötelék, fegyelmezett repüléssel méltán nyerte el a miniszter vándorserlegét. A díszezred a kijelölt irányban, a

legpontosabb alakzatban repült rá a Hősök terére. A szép látványt nyújtó kötelékrepülésért járó serleget a felsorakozott díszelgő ezred hajózó, műszaki és kiszolgáló állományának a légvédelmi parancsnok személyesen adta át.

Az ünnepnapok elmúltával a kiképzés természetesen tovább folytatódott. Az év hátralévő részében a korábban már említett feladatok kiegészültek az alábbiakkal: repülés nappal egyszerű időjárási viszonyok között, nagy magasságban, századkötelékben; repülés felhő felett rajkötelékben; éjszakai repülés jó időjárási viszonyok között.

Május hónapban elkészültek azok a szerkezeti elemek, amelyek a Tu-2-es gépeket alkalmassá tették célzsák-vontatásra. Így a légvédelmi tűzterek részére történő célzsák-vontatás és célrepülés rendszeres feladattá vált, amire külön 670 óra repülési időt biztosított a légierő parancsnokság.

A kiképzés közben repülőesemények is történtek. 1954. május 26-án Kiss István hadnagy oktató és Szabó András alhadnagy gépe még a földön egy másik gépnek ütközött. A gépek összetörték. Az anyagi kár jelentős volt, a személyek könnyebb sérüléseket szenvedtek.

1954 kora nyarán Kovács Zoltán hadnagy Varga József hadnaggal útvonalrepülést és fényképező felderítést hajtott végre. A személyzet nem vette figyelembe, hogy a repülőgépből két üzemanyag-tartályt kisereltek, nem számoltak a kisebb üzemanyag készlettel. A kijelölt útvonaltól eltértek Kovács Zoltán hadnagy „hazalátogatott” Debrecenbe. Közben az üzemanyag kifogyott. A kunmadarasi repülőtér fölött az első iskolakör közben 2000 m magasságon a motor leállt. A távoli és közeli irányadó között hasra szálltak le, katasztrófa nem következett be, de a megfigyelő térde megsérült. A repülőgépet sikerült megjavítani.

Augusztus 22-én a Csík Attila hadnagy vezette 90-es oldalszámú gép motorja Békéscsaba fölött leállt. Mivel a pilóta egymotoros repülésre nem volt kiképezve, Cserebökény község mellett futó nélküli leszállást hajtott végre. A gép javíthatóan sérült meg.

Ugyancsak 1954 nyarán történt a következő. Szabó Lajos hadnagy, oktató és Kózer Ferenc hadnagy a kunmadarasi repülőtér légtérében éjjel iskolakörrepülést gyakoroltak. Repülés közben az üzemanyag elfogyott, s a motorok leállítását észlelve, csaknem merőleges irányban ráfordultak a repülőtérre. Még a repülőtér előtt földhöz ütődtek, majd elpattanva átugrották az előttük lévő juhholdályt. Ezt követően a kerítést átszakítva beestek a repülőtérre, a repülőteret körülvévő árokban akadtak meg. A betonkerítés a szárnyakat letépte, a gép törzse egyben maradt. A gép teljesen összetört, de a személyzet nem sérült meg. Az eset érdekessége, hogy az utóbbi két balesetnél a lövész Bézi Imre szakaszvezető volt, aki mindkét eseményt sérülés nélkül úszta meg.

A kemény kiképzést siker koronázta a bombázó hadosztálynál a parancsnoki állomány elérte a II. osztályú szintet. Ez azt jelentette, hogy hadrafoghatóvá vál-

tak. A legképzettebb pilóták képesek voltak nappal bonyolult, és éjjel jó időjárási viszonyok közötti harc feladatok végrehajtására.

Sikeresen folytak a bombavetési gyakorlatok a nádudvari bombalőtéren. A nagy magasságú és kötelékrepülésben is jó eredmények születtek.

A Tu–2 repülőgépek hajózállománya, segítséget nyújtva a vadászrepülőknél, begyakorolta és megoldotta a célrepüléseket, valamint a célzsák-vontatási feladatokat. Ezeknek a rendszeresen jelentkező feladatoknak a megoldására egy ún. célrepülő rajt hoztak létre, így megoldódott vadászrepülő alakulatokat „kiszolgálása”. A célrepülőraj repülőgépei a vadászrepülő hadosztályok repülőterein állomásoztak. Így Kiss István hadnagy egy Tu–2 repülőgéppel, és annak állományával Kecskeméten, Tőke Kázmér és társai pedig Taszáron állomásozva hajtották végre a célrepülési feladatokat.

A sok gyakorló repülés ellenére sem sikerült a kiképzési év végéig a kitzűzött célokat elérni, bizonyos területeken — a felhőrepülésben, valamint az éjszakai repülésben — jelentős lemaradás mutatkozott.

A SUGÁRHAJTÁSÚ VADÁSZ ÁTKÉPZŐ EZRED FELÁLLÍTÁSA

Az 1950-es évek közepén Killián Repülő-hajózó Tiszti Iskolán tömegesen képezték ki a repülőgép-vezetőket.

A repülőhajózó növendékek a kiképző repülőgépeken sajátították el a repülőgép-vezetés tudományát. A sikeres gyakorlati vizsga után kerültek az iskola repülő kiképző ezredéhez (ezredeihez). Volt idő, amikor egyidejűleg hét repülőtéren folytak a gyakorló repülések.

1954-ben a sugárhajtású repülőgépekre (MiG–15) történő átképzés végrehajtására, a Killián Repülő-hajózó Tiszti Iskolán alárendeltjeként megalakult a Sugárhajtású Vadász Átképző Ezred (Kunmadarason) Hagymási Jenő százados parancsnoksága alatt²⁸.

Az ezred megalakítását két dolog mindenképpen szükségessé tette:

1. Egyrészt a vadászrepülő hadosztályok ezredeinek tehermentesítése a III. osztályú szint eléréséhez nélkülözhetetlen kiképzési repülések alól. A sugárhajtású repülőgépekre való átképzés nehéz feladatát így a Killián iskolának ez az átképző ezrede oldotta meg. Az átképző tanfolyamot elvégzett repülőgép-vezetők csaknem III. osztályú felkészültséggel kerültek a vadászrepülő ezredékhez.

²⁸ Ebben az időben a Killián iskola az iskola-ezreden (Szolnok) kívül még három ezreddel rendelkezett. Ezek közül egy Szolnokon, egy Kunmadarason, egy megosztva Berettyóújfalun és Földesen települt.

2. Másrészt a Killián Iskolának meg kellett oldani saját oktatóinak a továbbképzését. A MiG–15 hangsebesség alatti sugárhajtású repülőgépre való átképzés egysíkú „rabszolga munkáját” végző (iskolakörök végrehajtását, leszállást, műrepülést, stb. gyakoroltató) oktatóknak a magasabb osztályos szint elérését is lehetővé kellett tenni. Ennek érdekében bonyolult időjárás viszonyok közötti repülést, éjszakai repülést, felhőrepülést, vakleszállást, stb. is kellett gyakorolni, és ezt olyan módon kellett megoldani, hogy a vadászrepülő ezred repülőgép-vezetőivel megegyező szakmai értéket képviseljenek. Végül soron a kiképzést folytató repülőgép-vezetőknek is esélyt kellett biztosítani a legmagasabb szintű kiképzettség eléréséhez.

A sugárhajtású Vadász Átképző Ezred első százada MiG–15-ös, a második százada pedig Jak–11-es típusal folytatott kiképzést.

Az ezred fő feladatként a Killián iskolán avatott fiatal tisztet képezte át a MiG–15 harci repülőgép típusra.

A kiképző repülőgépek elégtelen mennyisége miatt a növendékeket makettek, tanterembe beépített repülőgépeken is gyakoroltatták. A kiképző repüléseket a kiképző ezred repülőgépein hajtották végre. Ennek eredményeként a tiszt eljutott a harmadosztályú repülőgép-vezető kiképzettségig, az osztályos vizsgát beosztásba helyezésük után — egy rövid utóképzést követően — tették le.

TERV A BOMBÁZÓREPÜLŐK MODERNIZÁLÁSÁRA

A miniszteri értékelés szerint az 1953/54-es kiképzési év eredményes volt. A repülő alakulatok tevékenységét az elismerés mellett kritikai is érte. Ami a kunmadarasi katonai szervezetek tevékenységét illeti, annak erős és gyenge oldalai az alábbiak voltak:

- a munkaráfordítás nem volt arányban a repülés színvonalának emelkedésével;
- a parancsnokok és parancsnokságok a jó vezetési stílus kialakítására kevés figyelmet fordítottak, (feltehetően a nagyarányú fejlesztések miatt);
- a repülő kiképzés módszertani oldala sokat fejlődött;
- a repülő-elméleti kiképzés, a harckészültség, a katonai rend és fegyelem színvonalának emelésére tett erőfeszítések nem voltak kellően eredményesek, és hatásosak;
- a személyügyi munkában elsősorban a mennyiségi szemlélet uralkodott.

Mindezeket túl az éves értékelés önkritikusan szól arról, hogy egy eltúlzott fejlesztési elképzelés eredménye volt a bombázórepülő hadosztály létrehozása.

Itt meg kell jegyezni, hogy a bombázórepülő hadosztály ilyen formában való megalakítása teljes egészében ellentétben volt az 1947-es békeszerződés egyes cikkelyeivel. A szerződés értelmében, a magyar légierőben, belső bombateres

bombázórepülő-gépek nem is lehettek volna. Különösebben nem boncolgatva ezt a kérdést, de a hadsereg (benne a légierő) fejlesztésére rendelkezésre álló anyagi erőforrások nagy részét ennek a hadosztálynak a létesítésére fordították.

Az 1954–55 kiképzési év előkészítését nagymértékben befolyásolta az a kormányhatározat, amely a feszített ütemű, csak mennyiségi szemléletű hadseregfejlesztés felülvizsgálatára vonatkozott. A határozat a hadsereg létszámát 160 000 főben határozta meg, ebből logikusan következett, hogy a légierő létszámát is csökkenteni kellett.

Ezekkel összhangban a Kunmadarason állomásozó 26. bombázórepülő ezredet 1954 őszén megszüntették. A hajózó és műszaki állomány egy része más alakulatokhoz került, illetve leszerelt. A 82. bombázórepülő hadosztályt vegyes repülő hadosztállyá alakították át, állományában maradt a 10. bombázórepülő ezred és alárendelték a 37. felderítő repülő ezredet (Kiskunlacháza).

Ebben az időben már sokat lehetett hallani arról, hogy a 82. vegyes repülő hadosztályt Il–28-as bombázó-repülőgépekkel szerelik fel. De hírek terjedtek arról is, hogy a szovjetektől visszacapjuk a debreceni repülőteret, ahova a hadosztály hamarosan áttelepül.

A légierő parancsnoka az 1954–55 kiképzési évre fontos feladatnak határozta meg az atomfegyver alkalmazása esetére elsajátítandó feladatokat. A hajózó-állomány gyakorolta az atomfelhőn való átrepülés módját, a műszaki és egyéb állomány elsajátította a technikai szennyezett anyagoktól való mentesítését, a repülő alakulatok teljes állománya magáévá tette a tömegpusztító eszközök elleni védekezés egyéni módszereit.

A repülő szakmai oldalról a hadosztály 1955. évi feladatai között kiemelten szerepelt hogy a parancsnoki állományon kívül, a tapasztaltabb repülőgépvezetők is érijék el a II. osztályú kiképzési szintet.

A repülőképzés fő feladatai az alábbiak voltak:

- harc feladatok végrehajtása nappal, jó időjárási viszonyok között, közepes magasságon ezred-, nagy magasságon századkötelékben;
- nappali, felhő, és éjszakai repülések végrehajtása, jó időjárási viszonyok között;
- harci repülőgépeken nappal, jó időjárási viszonyok között már egyedül repülő hajózó állomány éjszakai kiképzése Po–2-es repülőgépeken;
- a Killián iskoláról az alakulatokhoz került fiatal hajózók Tu–2-es típusra történő átképzése.

A korszerűbb repülőgépekről elterjedt hírek valónak bizonyultak, mert 1955. február első felében a 82. vegyes repülő hadosztályhoz megérkezett 2 db Il–28²⁹

²⁹ **Iljusin Il–28 frontbombázó repülőgép:** 2 hajtóműves, 3 személyes (repülőgép-vezető, megfigyelő, rádiós-lövész) frontbombázó, középszárnyas repülőgép. Bombafegyverzete alkalmas 100kg-tól 3000 kg-ig bomba szállítására, belső függesztéssel. A repülőgép vezető munkáját ro-

botpilóta és lokátoros célzókészülék segíti. Ezek alkalmassá teszik minden időjárási körülmények között nappali és éjjeli célzott bombavetésre. Fegyverzete első merev és hátsó mozgatható beépítéssel 2 db NR–23 mm-es gépágyú. Az első fegyvert a repülőgép-vezető, a farok részben levő fegyvert a lövész kezeli. Nyomjelzős, repesz és acélmagvas lőszer egyaránt használható. A repülőgép két főfutója a hajtóműgondolába hátrafelé csukódik. Vésznyitáskor a levegő légáramlata is kibiztosítja. Az orrfutó a lokátor áramvonalazó lemeze elé záródik, a törzs alsó részébe. Működtetésük sűrített levegővel történik. A főfutók fékezése hidraulikus, a vészfékezés sűrített levegős. A gépszemélyzet kabinjai hermetikusan zártak, szellőztethetők és fűthetők, magassági berendezéssel vannak ellátva. Az orr-részben a megfigyelő kabinját első és alsó plexiborítással látták el. Ebben a részben elől a bombavető célzókészülék robotpilótával és lokátorral kombinálva alkalmazható. Bombavetéshez, terepfényképezéshez a célzókészülékre kapcsolt robotpilóta mozgásával a megfigyelő vezeti a repülőgépet. A kabin felső részén sinen mozgatható a lokátor képernyő, így látható a hátsó katapultülésből és első munkaiülésből. A katapultülés mellett van a repülőgép-vezető központi elektromos elosztótáblája. A kétkormányos repülőgépen megfigyelő nincs. A törzsnek azon a részén van az oktató ülése. A törzs második részében a repülőgép-vezető az orr-rész felett buborékplexi tetőborítás alatt ül katapultülésben. A kabin homlokrésze páncélúveg, minden irányban jó kilátás van. A kabinban vannak elhelyezve a repülőgép-vezetési kezelőszervek és ellenőrző berendezések. A megfigyelő és repülőgép-vezető kabinjai alkotják a gép első hermetikus részét. A törzsbe lehet önteni 6600 kg T-1 kerozint, ez alatt van a bombaszekrény. Célzsák vontatáshoz centrifugálfékkel ellátott kötéldebokat helyeztek el a bombaszekrénybe (legfeljebb 1500 m kötéllel). A célzsákot a bombázás üzemmódra kapcsolva lehet kiengedni. A törzs hátsó részén a vezérsíkok és a rádiós-lövész hermetikus kabinja van. A két NR-23 ikergépágyú elektromosan mozoghat az ülésel és célzókészülékkel együtt. A repülőgép vészelhagyása esetén a lövész rááll menetiránynak háttal a lefelé nyíló ajtóra. Vésznyitáskor az ajtó 80 fokra kinyílik és az ejtőernyővel felszerelt lövész kiesik a kabinból. A szárnyak és a vezérsíkok belépőélei jegesedés esetén a hajtóművektől elvezetett levegővel fűthetők. A szovjetunióban három fő változatát gyártották. Az IL–28-as bombázó és torpedóvető, IL–28R felderítő és bombázó, UII–28-as kétkormányos változatokat.

ADATOK:

- szárnyfelület 68 m²;
- fesztávolság 21,45 m;
- hossza 17,65 m;
- magassága 6,2 m;
- üres tömeg 12 890 kg;
- gépszemélyzet 3 fő;
- lőszer 260 kg;
- fegyver 150 kg;
- bomba 3000 kg;
- üzemanyag 6600 kg;
- összes súly 23 200 kg;
- legnagyobb távolság 10 000 m-en 700 km/h repülési sebesség esetén 2455 km (3 óra 41 perc).
- legnagyobb repülési idő 10 000 m-en 550 km/h repülési sebesség esetén 4 óra 17 perc (1330 km).
- a megengedett legnagyobb sebesség 2000 m-ig 880 km/h.
- legnagyobb sebesség (4500 m-en) 902 km/h.
- harci utazó sebesség 10 000 m-en 720 km/h.
- le és felszálló sebesség 220 km/h körül van. (Szentesi György: Az első szovjet sugárhajtású könnyűbombázó repülőgép az IL–28. Top Gun 1995/3.szám 10–13. oldal. Kiss István: Daliás idők II. Iljusin bombázók. Top Gun 1996/1.sz. 27–29. oldal).

egy kormányos (harci) és 1 db UII–28 kétkormányos (oktató) sugárhajtású front-bombázó repülőgép. A repülőgépek teljesen újak voltak, szovjet személyzet azokat közvetlenül a gyárból repülte át Kunmadarasra. Az átrepülő-személyzet konspirációs okokból különleges ruhát viselt³⁰, melyben a fekete dominált, azaz fekete keménykalpból, öltönyből, cipőből, és fehér ingből állt. A repülőtéren landoló vadonatúj repülőgépeknek a hadosztály katonái csodájára jártak. Az iskola (kétkormányos) és a harci (egy kormányos) gépek a Tu–2-eshez képest egy új „minőséget” jelentettek. A repülőgép kabin korszerű műszerekkel volt felszerelve³¹.

A korábbi terveknek megfelelően, az II–28-as típusra történő átképző tanfolyam hamarosan megkezdődött, az oktatócsoportot Szvetlicsnij százados irányította. Az átképzés első csoportjába Bence Károly őrnagy, hadosztályparancsnok, Hackermüller Tibor főhadnagy, ezredparancsnok-helyettes, Jánosi József, Hajósi László, Bakcsi Miklós főhadnagyok, valamint Láncki István százados, hadosztály-megfigyelő, Szántó Róbert főhadnagy- ezredmegfigyelő és Uracs László hadnagy- századmegfigyelő tartoztak. A féroklövészek a 10. bombázórepülő ezred állományából kiválogatott tiszthelyettes rádiósok és lövészek voltak.

A népgazdaság szűkös lehetőségei miatt további gépbeszerzésre nem került sor. A fentebb említett 3 db II–28 repülőgépet átalakították, és célzsák-vontatásra tették alkalmassá. A későbbiekben célrepülést és célzsák-vontatást végeztek csak. A gép-személyzet nem gyakorolta sem a bombavetést, sem pedig a fedélzeti fegyverek alkalmazását, bombákat sem szereztek be ezekhez a gépekhez.

A bombázó és felderítő repülők vezető állománya a Tu–2-n történő repülésben elérte II. osztályú szintet. A repülőgép-vezetők gyakorolták nappal jó időben közepes magasságon a század, nagy magasságban a rajkötélék repülést. A fiatalabb állomány megkezdte éjjel jó időben a Po–2 repülőgépen a kiképzést, ugyanakkor folytatta a Tu–2-n történő repülést is. A parancsnoki állomány elkezdte a felkészülést az I. osztályú szint elérésére.

A 82. vegyes repülő hadosztály repülőgépei az 1955. évi díszszemlén is részt vettek. A felkészülés március 16-án kezdődött. A kijelölt repülők áttelepültek Kiskunlacházára, rajkötélék-gyakorlatok, majd ezredkötélékbe való gyakorlás volt napirenden. A díszszemlén Bence Károly alezredes hadosztályparancsnok II–28-as repülőgépe és az azt kísérő két MiG—15 vadász volt a légi díszelgés megnyitó köteléke, nyomukban a már megszokott zászlós gépek repültek. A díszelgés jól sikerült, a filmhíradóban színes felvételtől láthatta az ország a köteléket, az egyik repülőgépből filmoperatőr készítette a felvételeket.

³⁰ Ez azért keltett feltűnést, mert abban az időben a hadsereg tisztjei, tiszthelyettesei állandóan egyenruhában jártak.

³¹ A nyugati országok szakemberei abban az időben elismeréssel szóltak az II–28 repülőgépről, mert paraméterei a Camberáéhoz hasonlóak voltak.

A BOMBÁZÓREPÜLŐK HATTYÚDALA

Az 1954–55-ös kiképzési év legfőbb feladatai: a harckészültség növelése; a törzsek összekovácsoltsági szintjének emelése, az atomeszközök alkalmazása esetére vonatkozó tevékenységi rend elsajátítása. A kiképzési év sajnos rendkívüli eseményekkel kezdődött.

Koronkai Károly őrnagy, a légierő nehézgépeinek repüléstechnikai szemlélője, V Máté György hadnagy, Stander Jenő főtörzsőrmester, Kiss Károly hadnagy 1955. január 14-én éjjel Apajpusztán lezuhantak, és életüket veszítették. Kiskunlacházán szálltak fel. A repülőgép-vezető és a megfigyelők éjjel bonyolult időjárási körülmények közötti kiképzési repülésük befejező részét akarták végrehajtani – az I. osztályú szint elérése érdekében.

A meteorológus az időt nem tartotta alkalmasnak a repülésre, ennek ellenére Koronkai őrnagy — bizonyíthatóan elég felelőtlenül — úgy ítélte meg, hogy a feladat végrehajtható. A negyedik iskolakörben a repülőgéppel megszűnt az összeköttetés, azt nem is sikerült helyreállítani. Az érvényes szabályok szerint a Kossuth rádió hullámhosszán kísérelték meg az összeköttetés felvételét, ez is sikertelen volt. Másnap január 15-én Rétfalvi Endre hadnagy és Kovács László hadnagy Jak–11-el végzett kutatás után megtalálták a lezuhant Tu–2-t.

A 25. vadászrepülő hadosztály részére célvontatási feladatra kikülönített részlegnél rendkívüli esemény történt. 1955. május 31-én, a taszári repülőtéren felszállás közben — még a betonon — Tőke Kázmér hadnagy Tu–2 repülőgépének egyik motorja kigyulladt. A személyzet nem sérült meg, az égő repülőgépet sikerült sértetlenül elhagyniuk. Az oltás azonnal megkezdődött, az eredménytelennek bizonyult, a gép a betonon elégett.

A Tu–2 típusú bombázó repülőgépek „előélete”, technikai fogyatékoságai egyre inkább kockázatosá tették alkalmazásukat, hadrendbe tartásukat, amit egy sajnálatos baleset is alátámasztott.

Május 31-én reggel a 37. felderítő repülő ezred állományába tartozó Horváth Sándor főhadnagy a nagyoroszi lőtéren Tu–2 típusú gépével célt repült a légvédelmi tüzérek számára. A gép személyzetéhez tartozott: Adame József hadnagy, megfigyelő, Komódi Zoltán őrmester, rádiós lövész, valamint Sárai Szabó István tizedes. A feladat befejeztével zuhanórepülésből, alacsonyan „elsuhantak” az üteg felett, hogy a tüzérek a gyors célkövetést is gyakorolhassák. A manőver során az egyik függőleges vezérsík bekötési csomópontja eltörött. A pilóta a hibát észlelve kényszerleszállást akart végrehajtani az irányba eső Tücsökvölgyben, de a kormányozhatatlanná vált géppel a domboldalnak ütközött. A személyzet valamennyi tagja meghalt, a gép pedig megsemmisült. A katasztrófát követően valamennyi TU–2-es vízszintes és függőleges vezérsíkját átvizsgálták, és több esetben repedéseket, anyagfáradásra utaló jeleket találtak. A hibákat rövidesen kijavították, és a típus repülési tilalmát feloldot-

ták. A sors szerencsétlen játékaként, egy tragédiának kellett bekövetkezni a sorozatos felülvizsgálat elrendeléséhez.

A Tu-2 bombázó repülőgépek technikai megbízhatósága és hadrafoghatósági szintje erősen lecsökkent. Ez a repülőgép állományban is megmutatkozott. 1955. szeptemberében a 82. vegyes repülőhadosztály gépállománya a következő volt: a repülőhadosztály parancsnoksághoz (Kunmadaras) 1 db Tu-2-es és 1 db Po-2-es; a 10. bombázórepülő ezredhez (Kunmadaras) 8 db Tu-2-es, 2 darab UTu-2-es, 2 db Il-28-as, 1 db UII-28-as és 3 darab Po-2-es (és még 5 darab lekonzerált Tu-2-es); a 37. önálló felderítő repülő ezredhez (Kiskunlacháza) 19 darab Tu-2-es, 6 darab UTu-2-es és 6 darab Po-2-es repülőgép tartozott.

A sorozatos katasztrófák után a Légierő Parancsnokság elrendelte a Tu-2 gépek átvizsgálását és nagyjavításba küldését. Az anyagi források nem tették lehetővé az összes repülőgép felújítását, az új típusú sugárhajtóműves repülőgépek beszerzésére sem volt lehetőség. Mindezek oda vezettek, hogy katonai és állami vonalon lépések történtek a Tu-2 repülőgépek hadrendből történő kivonására, illetve a vegyes repülő hadosztály megszüntetésére.

1955 őszén a párt és a kormány határozat szerint a hadseregnél 20 000 fős létszámcsökkentést rendeltek el. A határozattal 1955. december 1-én megszüntették a 82. vegyes bombázórepülő hadosztály parancsnokságot és a 10. bombázórepülő ezredet, a 37. felderítő repülőezredet önálló felderítő és célvontató századdá szervezték át (Kiskunlacháza), a parancsnok Sz. Varga Pál százados lett. A század állományába 3 db Il-28, 6 db Tu-2 és 4 db Po-2 tartozott. A Tu-2 bombázórepülő-gépek kiselejtésére hamarosan sorkerült, új típusok beszerzésére a szükséges anyagi eszközök hiányoztak. A Tu-2 bombázó-repülőgépeket hat darab kivételével ócskavasnak adták el.

A vegyes bombázórepülő hadosztály parancsnokság és a 10. bombázórepülő ezred hajózó és műszaki állományának egy részét leszerelték, illetve más csapatnemekhez irányították. Ugyanekkor a Budaörsön települt 16. vegyes repülő századot vegyes repülő ezreddé fejlesztették B. Varga Sándor őrnagy parancsnoksága alatt. Ez az ezred fogadta be a megszünt bombázó alakulatok személyi állományának egy részét.

A 82. bombázórepülő hadosztály rövid történetét áttekintve, annak létrehozása, bukácsolása, korszerűtlen repülő technikája, az alakulat gyors megszüntetése kételyeket ébreszt az emberben. Magyarország biztosan akarta ennek a hadosztálynak létét? A magyar államnak szüksége volt egy hatályos nemzetközi szerződés megszegésére? A szovjet világpolitika mellékszeplőjeként nem akartunk nagyon hű szövetségesek lenni? Lett volna-e más lehetőség ebben az epizód szerepben más választási és egyáltalán mérlegelési lehetőségre? Nyilvánvaló, hogy a párizsi békeszerződés vonatkozó előírásainak figyelmen kívül hagyása nemigen javította hazánk nemzetközi megítélését. A nagyszámú, korszerűtlen

és kétes műszaki állapotú bombázó-repülőgép átvétele és üzemeltetése jelentős mértékben terhelte a népgazdaságot.

Ha csak a repülés ügye iránti elkötelezettséget nézzük, akkor feltétlenül pozitívan kell értékelni, hogy a hadosztály személyi állománya „ebben az esetben is” tanúbizonyságot tett arról, hogy a magyar katonai repülés képes és alkalmas bármilyen harci technika kezelésének rövid időn belül történő elsajátítására³². S erre szolgáltatott meggyőző példát — minden említett negatívum ellenére — a Tu-2 „TÚZOK” típusú bombázó repülőgép légierőbeli szereplése és a bombázórepülő-hadosztály tevékenysége.

1953/55-BEN SZOLGÁLTATTELJESÍTÉS KÖZBEN ÉLETÜKET VESZTETTÉK

1. Jankovics József hadnagy (a 31. vadászrepülő ezred repülőgép-vezetője, 1953. június 09-én kényszerleszállás közben a kunmadarasi repülőtéren);
2. Székelyhidi Lajos hadnagy (a 31. vadászrepülő ezred repülőgép-vezetője, 1953. június 09-én kényszerleszállás közben a kunmadarasi repülőtéren);
3. Boda Dezső hadnagy (1953 június 20-án útvonalrepülés során kényszerleszállás közben)
4. Koronkai Károly őrnagy a légierő nehézsúlyú gépeinek technikai szemlélője, és vele együtt V Máté György hadnagy, Stander Jenő főtörzsőrmester, Kiss Károly hadnagy Apajpusztán 1955. január 14-én, kiképzési repülés közben.
5. Horváth Sándor főhadnagy repülőgép vezető, és vele együtt Adame József hadnagy megfigyelő, Komódi Zoltán őrmester rádiós lövész, Szabó István tizedes életüket veszítették Nagyorosziban 1955. május 31-én, cél és célzsák-vontatási feladat végrehajtása közben.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. Iván Dezső: A magyar katonai repülés története 1945-1956. Honvédelmi Minisztérium Oktatási és Tudományszervező Főosztály. Budapest. 1999.
- [2] Katonai lexikon. Zrínyi Katonai Kiadó. Budapest. 1985.
- [3] Akadémiai Kislexikon. Első és második kötet /A-K és L-Z/. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1989.

³² A kunmadarasi repülő alakulatoknál történt események megörökítéséhez számos adalékkal szolgált Szűcs László alezredes /aki a Magyar Veterán Repülők Egyesülete Országos választmányának és elnökségének volt tagja 1998. október 22-én bekövetkezett haláláig. 1953-ban Kunmadarason szolgált repülőgép-vezetőként, majd áthelyezésre került Kiskunlacházára / a Top Gun folyóiratban megjelent visszaemlékezésével. (1999/1.sz. 19. oldal), valamint akinek a katonai pályája kettőtört Zombok Timár György /vadászpilóta oktató Kunmadarason 1954-től 1956. október 23-ig a Sugárhajtású Vadász Átképző Ezrednél. 1956 után főhadnagyi rendfokozatát elvették és börtönbe zárták, a rendszerváltás után rehabilitálták, alezredesnek előléptették / ugyancsak a Top Gun-ban megjelent visszaemlékezéseivel; elbeszéléseivel, regényével.

- [4] Kormos László: Kunmadaras története. A Damjanich János Múzeum Közleményei. Szolnok 1967.
- [5] Új Magyar Lexikon kötetei. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1962.
- [6] Repülési lexikon 1., 2. rész. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1991.
- [7] Az MH harckiképzésének rendje. A harckiképzés sajátosságai az MH légvédelmi és repülőcsapatainál. ZMKA, Budapest. 1993. 7-8. p.
- [8] Haditechnika. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest. 1974.
- [9] Haditechnika. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest. 1975.
- [10] Dr. Iván Dezső: A magyar katonai repülés története 1956-1980. Honvédelmi Minisztérium Oktatási és Tudományszervező Főosztály. Budapest. 2000.
- [11] Magyar Szárnyak évkönyv, XXIX. évfolyam /29. szám/ Budapest. 2001.
- [12] Top Gun eddig megjelent számai (I-XIII. évfolyam).
- [13] Szepesi József: Elmaradt kézfogás. Top Gun XI. évfolyam – 2000/7. szám – 56-59.p.
- [14] MiG–15 a Magyar Légierőben. TOP GUN 1990/12. sz. 53-55. p.
- [15] Földesi László. Ötven éve kezdődött a sugárhajtású korszak, Top Gun XII. évfolyam – 2001/12. 48-50. p.
- [16] Simon László: A 66. vadászrepülő hadosztály TOP GUN 1996/8. sz. 36-38. p.
- [17] Zsák Ferenc: Csatagép után frontbombázó. Aero magazin. V. évfolyam, 2003/2, február. 69–73. o.
- [18] Zsák Ferenc: A MiG–15 magyarországi története Haditechnika folyóirat, Budapest, 1993. 189. p.
- [19] A magyar repülőhadmérnök-képzés története itthon és külföldön. Magyar Hadtudományi Társaság Légierő szakosztály. Budapest. 2000.
- [20] Háncs Ernő: A Politikai Főcsoportfőnökség és a politikai tiszti intézmény létrehozásának előzményei a Magyar Néphadseregben 1948. április – 1949. február (MN Politikai Főcsoportfőnökség Tudományos Tanácsa 1984. Budapest. 71.-72. és 94.-95. oldal)
- [21] Mucs-Zágoni: A Magyar Néphadsereg története 1945-1959. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1979, 255. o.
- [22] Szentesi György: Az első szovjet sugárhajtású könnyűbombázó repülőgép az IL–28. Top Gun 1995/3. sz. 10-13.o.
- [23] Simon László: Amit a párizsi békeszerződés megtiltott... Bombázórepülők a Magyar Néphadseregben. Top Gun 1997/1.sz. 22-25. o.
- [24] Kiss István: Daliás idők II. (Iljusin bombázók. Top Gun 1996/1.sz. 27-29. oldal).
- [25] Kiss István: Daliás idők I. (Tupoljev bombázók. Top Gun 1995/11.sz. 28-29. oldal).
- [26] Kiss István: Daliás idők I. (Tupoljev bombázók. Top Gun 1995/12.sz. 28-29. oldal).
- [27] A lábjegyzetben szereplő levéltári anyagok.

A MEREVSZÁRNYÚ LÉGI SZÁLLÍTÁS- FELÉRTÉKELŐDŐ KÉPESSÉGE

A megváltozott világpolitikai helyzetben, különösen a 2001. szeptember 11-i terrorcselekmények hatására más megítélés alá esik a terrorizmus, valamint a hozzá szorosan kapcsolódó általános bűnözés és a rohamosan terjedő kábítószer fogyasztás, kereskedelem. Globalizálódó világunkban a dinamikusan fejlődő ipari termelés hatására megnőtt a veszélye az ipari katasztrófák bekövetkezésének és a globális éghajlat változás hatására a természeti katasztrófák és a következmények felszámolása is ismétlődő, „tervezhető” feladattá válik.

Korunk hadserege- és a NATO országok zömére ez vonatkozik – nem szemlélheti a partvonalról, kívülállóként ezeket az eseményeket. A hadsereg- és ezt a Magyar Honvédség példája is bizonyítja a Tisza- völgyi árvizek, vagy a közelmúlt rendkívüli időjárási helyzete kapcsán-, a legszervezettebb erő, mely képes azonnali, hatékony segítséget nyújtani az ország lakossága részére. Másik fontos tényező, hogy egyre inkább csökken a valószínűsége egy hagyományos külső támadásnak, s így egyre inkább idejét múlja a klasszikus hadsereg alkalmazási, fenntartási felfogás és gyakorlat, melyet a társadalom és a politika sem fog elfogadni.

Az elmúlt évtized katonai vállalkozásai szemléletesen mutatták be a megindult változást. Általánossá vált első mozzanatként a légiereő tömeges alkalmazása, majd csak az után, hogy kedvező feltételek teremődtek, történt meg a szárazföldi erők harcbevételése. Az Öböl-háborúban hagyományos reguláris erőként, a Jugoszlávia elleni háborúban szintén hagyományos reguláris erők, de új - béke teremtői feladattal, az Afgán háborúban pedig különböző nagyságú (feladattól függő) harccsoportok formájában.

Valamennyi hadművelet közös jellemzője volt a műveletek fokozott dinamizmusa, előtérbe került a manőverező hadviselés. Erre a hadviselésre egyre inkább jellemző a nagyfokú manőverező képesség, gyors reagálás, az ellenség érzékeny pontjaira mért csapás, közlekedési útvonalak elvágása, gazdaságilag fontos objektumok bénítása.

A hadsereg reform finanszírozhatósága függvényében napjaink tömeg hadseregei fokozatosan adják át helyüket a kor biztonsági kihívásaira reagálni tudó professzionális haderőnek. A professzionális haderő békében teljesen feltöltött kell legyen, méreteiben kisebb, ugyanakkor rugalmasabb és harcképesebb.

A hadsereg mérete és reagáló képessége (feltételezve a korszerű fegyverzetet), indokolja a légi szállító kapacitás meglétét úgy harcászati, hadműveleti, mint stratégiai mélységben.

A NATO országok légi szállító kapacitása nemzetenként eltérő nagyságú, függ az adott ország haderejének, a jelentkező szállítási igénynek a nagyságától. Mivel a harcászati mélységű légi szállító kapacitás szövetségi keretek között nem elégséges, így a tagországoknak ezt a feladatot nemzeti keretek között kell elsősorban megoldani. Cikkemben meg kívánom vizsgálni a NATO légi szállító képességgel kapcsolatos elgondolásokat és alkalmazási elveket, valamint a magyar légi-szállító kapacitás helyzetét, szükségességét, jövőbeni feladatait.

A LÉGIERŐ NATO ELVEK SZERINTI ALKALMAZÁSA

Amint arra a bevezetőben már utaltam, napjaink és az elmúlt évtized korszerű eszközökkel végrehajtott fegyveres vállalkozásainak, harcainak meghatározó eleme a légierő. Hatásának nagyságrendjét tekintve meghatározó bármely politikai, katonai, gazdasági célkitűzés elérése érdekében egyidejűleg vagy külön-külön is. A légierő kiemelkedően gyors reagáló képessége, nagyfokú mozgékonyasága és nagy hatékonysága révén a hadszíntér bármely pontján képes a küzdelem kimenetelének befolyásolására.

A nagy mozgékonyaság, vagyis az alkalmazási helyek gyors és időbeni megváltoztatásának képessége meghatározó jelentőségű a katonai műveletek eredményességét illetően. A légierő magas szinten képes a hadműveletek támogatására és megkönnyítheti az előre nem látható, váratlan feladatok végrehajtását is.

A nagy mozgékonyaság biztosításának egyik meghatározó eleme a légi szállítási képesség. A szállítási feladatok, a szükséges erők és eszközök kellő időben, kellő helyre történő eljuttatásával a légierő jelentősen megnövelheti a szárazföldi és repülő csapatok helyváltoztatási képességét és ebből adódóan tevékenységük hatékonyságát is.

A légierő műveletei

A légierő alkalmazása sajátos jellemzői és képességei alapján rendkívül széles határok között lehetséges. Az alkalmazhatóság nagy szabadságfoka ellenére a légierő műveletei a NATO elvei szerint négy csoportba sorolhatók:

- légi szembenállás;
- stratégiai légi támadás;
- felszíni erők légi támogatása;

— biztosítási műveletek.¹

Ezek a műveletek mindig az összhaderőnemi céloknak megfelelően rugalmasan alkalmazhatók kombinálhatók.

A légierő alkalmazási elvei

A csapatrepülő erők, ezen belül a szállító repülőek és helikopterek a felszíni erők légi támogatásában és nagyobb részt a biztosítási műveletekben kapnak kiemelt feladatot.

A biztosítási műveletek végrehajtására azért felel meg széleskörűen a légierő, mert nagy fokú rugalmassággal gyorsan és pontosan alkalmazható. A biztosítási műveletek körébe tartozik a felderítés és megfigyelés, a légi szállítás, a légi utántöltés, valamint a kutatás-mentés és harci kutatás-mentés. A biztosítási műveletek közül a légi utántöltés és a felderítés speciális eszközöket, felszereléseket, kiképzést igényel, melyekkel a Magyar Légierő korlátozottan rendelkezik, (légi utántöltési képességgel egyáltalán nem), így ezen feladatok végrehajtása csak szövetségi keretek között lehetséges jelen pillanatban. (A vizuális felderítés és megfigyelés minden hajózó személyzet kötelessége minden harc feladat-repülési feladat végrehajtása során, melyről jelentenie kell.) Számunkra napjainkban a légi szállítás és a kutatás-mentés a végrehajtható feladat.

Napjaink korszerű eszközeivel vívott fegyveres küzdelmeiben alapvető követelmény a mozgékonyosság, ami esetenként a mennyiség hiányát is ellensúlyozhatja. Ez különösen igaz a szövetségben elkötelezett kisebb méretű fegyveres erők számára, akiknek fel kell készülniük az ország határain túl folyó katonai műveletek végrehajtására is. A mozgékonyság, gyors reagáló képesség biztosításának alapvető eszköze, elengedhetetlen eleme a légi szállítás, ami megteremti a személyi állomány és az anyagi-technikai eszközök légi úton történő mozgatásának lehetőségét az adott hadszíntéren belül és a hadszínterek között egyaránt.

A légi szállítás erőforrásait jelentő helikopterek és szállító repülőgépek nagy mennyiségű terhet képesek rövid idő alatt, nagy távolságra eljuttatni. Mivel a légi szállítással szembeni igények rendkívül sokrétűek lehetnek, és általában meghaladják a rendelkezésre álló kapacitásokat, ezért a prioritások meghatározása, a szállítási feladatok összehangolása szükségessé teszi a műveletek centralizált irányítását.

A légi kutatás és mentés mely egy másik igen fontos biztosítási művelet, békében, válsághelyzetben és háborúban egyaránt a végveszélyben lévő egyének felkutatása és mentése. A légtér, illetve a magasság biztosította lehetőségek kihasználásával

¹ Ruttai László-Krajnc Zoltán: A magyar légierő doktrinális alapjai. Egyetemi jegyzet, ZMNE Budapest, 2001.

a légierő különösen alkalmas a kutatás-mentés -speciálisan felszerelt és különlegesen kiképzett személyi állományt igénylő- feladatainak végrehajtására.

Harci körülmények között a kutató-mentő műveletek elsősorban a kényszerleszállást alkalmazott, vagy lelőtt repülőgép személyzetek felkutatását, illetve mentését célozzák. A harci kutató-mentő képesség nagy mértékben fokozza a személyi állomány biztonságérzetét, javítja harci morálját, amit az elmúlt háborúk amerikai gyakorlata is bizonyított.

A légierők légi szállító képessége napjaink nem háborús viszonyai között is jelentősen felértékelődött. A világban lezajló változások eredményeként a mai modern haderőknek új kihívásokra kell választ adni. Ezek az új kihívások a nem háborús katonai műveletek, melyek:

- békében:
 - humanitárius segítségnyújtás;
 - fegyverzet ellenőrzés támogatása.
- fegyveres konfliktus után:
 - béketámogató műveletekben történő részvétel.
- válsághelyzetben:
 - erő megjelenítése;
 - körzetek lezárása, ellenőrzése;
 - mentési és evakuálási műveletek;
 - beavatkozási műveletek;
 - terrorizmus elleni harc;
 - kábítószer-kereskedelem elleni harc.²

A lehetséges feladat rendszerek felsorolása szemléletesen mutatja, hogy a légierő és azon belül a légi szállító képesség milyen jelentős szerepet játszik napjaink modern haderő alkalmazási elgondolásai között, illetve a NATO szövetségeseink mi módon alkalmazzák légierejüket korunk biztonsági kihívásaira adandó válaszok kapcsán.

A LÉGI SZÁLLÍTÁS, MINT AZ ERŐ ÁTCSOPORTOSÍTÁS MÓDJA

A NATO szövetség tagországai egyetértenek abban, és ezt bizonyítja a létre hozott légi szállító kapacitás nagysága, hogy a katonai szállító repülő egységek fenntartása,

² Keith Chapman: Military Air Transport Operations. London, 1992.

bár jelentős anyagi ráfordítást igényel, mindenképp szükséges, mert a harci katonai képességek – sem a szárazföldi erőké, sem a légiere – nem alkalmazható teljes hatékonysággal, amennyiben ez a képesség nem vethető be gyorsan ott, ahol és amikor szükséges. Ezzel természetesen nem kívánom azt sugallni, hogy ennek a gyors bevetetőségnek az eszköze egyedül és kizárólag a légi szállító képesség. Bizonyos esetekben, néhány száz kilométer távolság esetén ugyanolyan gyors és főleg gazdaságosabb a közúton vagy vasúton történő szállítás, mint a légi, amennyiben azt a közlekedési hálózat és annak állapota lehetővé teszi. Tovább megyek, a légi szállítás természetesen sosem versenyezhet a szállítandó áru mennyiségét tekintve egy jól kiépített vasúti hálózattal szemben, kérdés csak az, hogy az adott szállítmányt mennyi idő alatt kell célba juttatni.

Például egy kitelepült viszonyok között működő vadászpilótaegység a műszaki kiszolgáló és logisztikai személyzet, valamint az üzemeltetéshez szükséges földi berendezések, eszközök nélkül nem tud hatékonyan működni. Ezek az eszközök és személyi állomány csak légi úton tud lépést tartani az áttelepülés során a harci kötelékkel. Ilyen koalíciós műveletben várhatóan 2006-tól a Magyar Honvédség is részt kell tudjon vállalni, a Gripenek hadrendbe állása és a személyi állomány átképzése után.

Természetesen a kisebb katonai potenciált képviselő nemzetek — így hazánk is —, nem tarthat fenn hasonló légi szállító kapacitást, mint a gazdaságilag erősebb és nagyobb szövetségi államok. Ezt nem is várja el tőlünk senki. Azonban a nemzeti haderő képességeivel és felajánlásaival arányos, a többi szövetséges ország erejével összemérhető és a közös védelemből hatékony részt vállalni tudó képesség fenntartása indokolt és elvárt.

A változó világ új kihívásokat fogalmazott meg a NATO-val szemben is. A NATO Katonai Tanácsa 1996. decemberében adta ki az MC 389-es Megvalósítási Direktívát (MC Directive for CJTF – Implementation). A Többszempontú Összhaderőnemi Alkalmi Harci Kötelék (CJTF), egy olyan többszempontú, több haderőnemre kiterjedő, alkalmilag felállított, a végrehajtandó feladat által meghatározott nagyságú és felépítésű erő (zászlóaljtól hadtest szintig), amely NATO és nem NATO országok gyors alkalmazásra képes fegyveres erőiből tevődik össze. Ennek az erőnek az alkalmazása, mozgatása hadszíntéri körülmények között, az utánpótlás biztosítása, szintén igényli a légi szállító kapacitás meglétét, ami alapvetően nemzeti feladat.

A katonai légi szállítás szerepe nem háborús katonai műveletekben

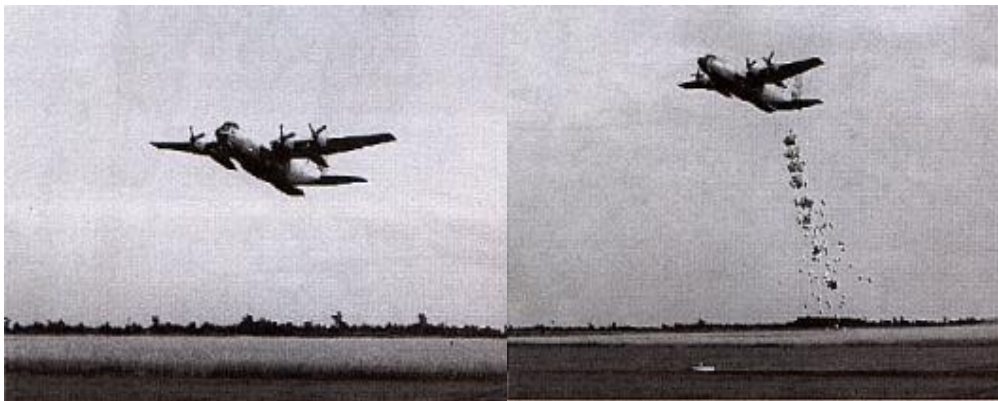
Bár a katonai szállító repülők elsődleges feladata a hadsereg igényeinek történő megfelelés, számtalan olyan feladat, igény merül fel, amelyet biztonságosan nagy pontossággal csak a katonák képesek végrehajtani. Ebbe a feladatkörbe tartoznak például:

- egy adott nemzet politikai és katonai felső vezetőinek szállítása bel és külföldön egyaránt. (Magyar viszonyok között a belföldi szállítás elsősorban helikopterrel történik.);
- közreműködés különböző polgári segélyszervezetek műveleteiben (ENSZ, EBESZ). Például ENSZ megfigyelő csoportok szállítása, tüzszünet ellenőrzése;
- részvétel humanitárius műveletekben, mentő akciókban.(ENSZ, EBESZ, Vörös Kereszt).

A felsorolt műveletek jellemzője, hogy a műveleti térségben általában még nem, vagy már nem háborús állapotok uralkodnak, mely magában hordozza az esetleges fegyveres támadás lehetőségét is a műveletben részt vevő gépszemélyzetek és repülőgépek ellen. Ilyen körülmények közötti működésre csak a katonai repülők kaptak kiképzést, illetve csak a katonai gépek rendelkeznek a támadás felismeréséhez-érzékeléséhez, elhárításához szükséges berendezésekkel.

Arról nem is beszélve, hogy válság övezetekbe a polgári légitársaságok nem is vállalnak szállítást. Jó példa volt erre, a MALÉV esete. A KFOR-ban tevékenykedő magyar kontingens személyi állományának váltását szerződés alapján a MALÉV nemzeti légitársaság biztosította egészen 2001. áprilisáig. Ekkor a kieleződött macedon–albán ellentét, polgárháborús helyzet miatt megtagadta a vállalat, hogy a térségbe repüljön, illetve később lezárásra is került a légtér a polgári gépek előtt. Ez a feladat így a meglévő igen szűk keresztmetszetű magyar katonai szállítórepülésre testálódott, melyet nagy erőfeszítések árán maradéktalanul végrehajtott és biztosít napjainkban is.

Visszatérve a polgári érdekből végrehajtott szállítási feladatokra, ezek egyúttal növelik a részt vevő hajózó személyzetek jártasságát is, így erősítik a kiképzettséget. Az 1980-as évek közepén az ENSZ segélyakciót szervezett az Etiópiában dúló éhínség megfékezésére. Az Egyesült Királyság, Belgium, Németország, Olaszország, a Szovjetunió és Lengyelország biztosított szállító repülőgépeket a több tízezer tonna gabona, liszt, gyógyszer Etiópiába juttatására. Mivel Etiópia olyan körzeteibe is el kellett szállítani az élelmet, ahol sem leszálló hely, sem pedig úthálózat nem állt rendelkezésre, a Belga Légierő kidolgozott egy zseniálisan egyszerű eljárást a teher kidobására, melyet Magyarországon is bemutattak a Cooperative Chance'96 gyakorlaton Szolnokon.



1. ábra. Segély szállítmány dobása a Belga Légierő C-130 repülőgépéből Szolnok repülőtéren a Cooperative Chance'96 gyakorlaton.

Fotó: Daily Chance 1996. július 24.

Ez a teher kijuttatási módszer volt az alapja a földközeli magasságról történő harci technika deszantolásának, mely új harcelfjárás-ként jelent meg a NATO szövetséges légierőknél.

A polgári műveletekben történő részvétel egyéb előnyökkel is jár. Nemzetközi téren nő a presztízse, pozitív megítélése annak az országnak, amely részt vesz a műveletben, ugyanakkor megfelelő belső propaganda felépítésével a közvélemény szélesebb támogatását lehet megnyerni a hadsereg támogatottságát illetően. Be lehet mutatni, hogy a katonai költségvetésre fordított adófizetői összegek segítik a nemzet hozzájárulását az emberiség — más nemzetek — problémáinak enyhítéséhez.

Összegezve, a polgári szervezetek érdekében végzett katonai légi szállító műveletek úgy politikai, mint katonai előnyökkel járnak, erősíthetik a hadsereg, benne a légierő társadalmi presztízsét, elismertségét, elfogadottságát.

A légi szállítás fontossága katonai műveletekben

Ahogy a bevezetőben már kitértem rá, a NATO elvek szerinti légierő alkalmazási műveletek egyike a légi szállítás. Egy katonai művelet sikere vagy sikertelensége nagyban függ attól, hogy az alkalmazásra kerülő erők milyen hamar képesek elfoglalni megindulási körleteiket. Ez a gyorsasági tényező az, amely sok más mellett kiemeli a légi szállító képesség fontosságát és szükségességét. Míg kétségtelenül

általában gazdaságosabb szállítani nagy mennyiségű hadianyagot, hadfelszerelést vasúton, úton vagy tengeren, a viszonylag alacsony szállítási sebesség szempontjából ez az alkalmazási lehetőség korlátozó tényező egy hadműveletben, szemben a légi szállítás biztosította gyors bevetetőséggel. Ma már iskolapéldaként emlegetik a szakemberek Izrael akcióját 1976-ból (film is készült belőle), amikor is Uganda Entebbe-i repülőteréről C-130 szállító gépek bevetésével tudták az izraeli biztonsági erők kiszabadítani a túszként fogva tartott utasokat. A légi szállítás biztosította gyorsaságot és váratlanságot példázza Csehszlovákia 1968-as megszállása is, amikor szovjet szállítógépek alkalmazásával hat óra alatt a szovjet erők lezárták Csehszlovákia nyugati határait, illetve blokkolták, elfoglalták a kulcs fontosságú objektumokat.

Összefoglalva, egy meghatározott katonai erő hadműveleti szerepe, feladatköre, rugalmassága, képessége jelentősen megnőhet, kiszélesedhet, ha meghatározó elemei alkalmasak légi szállításra, bevetetőségre. Ennél fogva a légi szállítási képesség nem csak egy eleme a légierő képességeinek, hanem meghatározó szerepet játszik az összhaderőnemi stratégia és képességek biztosításában.

LÉGI SZÁLLÍTÁSI MŰVELETEK

Egy szállító repülő művelet egyszerűen fogalmazva nem más, mint elsődleges meghatározó feladata egy szállító egységnek, alegységnek egy másik katonai egység vagy alegység (úgy szárazföldi, mint légierő kötelékébe tartozó) részére, biztosítani a légi szállítását, logisztikai biztosítását a hadszínterek között, vagy egy hadszíntéren belül, beleértve a közvetlen harcmezőt, harcérintkezés szakaszát is. Ennek megfelelően a légi szállító műveletek két kategóriáját különböztetjük meg:

1. stratégiai légi szállítási műveletek;
2. harcászati légi szállítási műveletek.

A stratégiai légi szállítási műveletek a személyi állomány, hadfelszerelés-haditechnika és utánpótlási anyagok hadszínterek közötti légi szállítását jelentik.

A harcászati légi szállítási műveletek alatt pedig a személyi állomány, haditechnika-hadfelszerelés, logisztikai anyagok hadszíntéren belüli légi szállítását értjük.

A harcászati légi szállítási műveletek sorába tartoznak:

- a merev szárnyú szállítógépek repülőterei vagy tábori repülőterei leszállással végrehajtott szállítási feladatai;

- a merevszárnyú szállítógépekből ejtőernyővel célba juttatott személy és teher deszantolási feladatok (a harcászati helyzet függvényében, ha nem áll rendelkezésre megfelelő repülőtér);
- helikopterrel végrehajtott szállítások közvetlenül a harcmezőre vagy meghatározott körzetbe végrehajtott erőátcsoportosítás céljából;
- speciális erők célba juttatása leszállással, vagy deszant dobással (HAHO – High Altitude High Opening-Nagy Magasságú Dobás Nagy Magasságban ejtőernyő Nyitás; vagy HALO – High Altitude Low Opening-Nagy Magasságú dobás Kis Magasságban ejtőernyő Nyitás módszerekkel a harcászati helyzet függvényében);
- sebesültek, sérültek kivonása, hátra szállítása.

Stratégiai légi szállító műveletek

A stratégiai műveletek, ahogy arra már utaltam, hadszínterek, illetve világrészek – mint földrajzi körzetek közötti műveleti tevékenységet jelöli. Teljesen egyértelmű, hogy hazánk geopolitikai, geostratégiai helyzete, gazdasági ereje okán nem fog önálló stratégiai műveletben részt venni, ehhez katonai szállító képességgel sem rendelkezik. Esetleges koalíciós műveletben csak a nemzeti légitársaság, a MALÉV jöhet számításba, illetve más szolgáltatótól kell megvásárolni a stratégiai szállító képességet.

A beszerzés és a fenntartás hatalmas költségei miatt azok a nemzetek tartanak fenn katonai stratégiai szállító kapacitást, amelyek részére fontos, hogy befolyását saját határain túli távoli körzetekben is érvényesíteni tudja. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy egy hadszínterek, földrajzi körzetek közötti légi szállítási művelet automatikusan erő átcsoportosítást, erőkifejtést takar. Éppen ellenkezőleg, a stratégiai légi szállítás széles spektrumát öleli fel a feladatoknak. Ez ugyanúgy lehet MEDEVAC (Medical Evacuation – sérültek, sebesültek hátra szállítása), személyi állomány váltása béke fenntartói kötelekben, gyakorlatok támogatása, stb. Az elmondottakból következik, hogy egyszerűbb személy és teherszállítási feladatokra szükség esetén minősített helyzetben bármelyik légitársaság szállító gépe is igénybe vehető. Azonban a speciális katonai igényeknek, például teher deszantolás, személy deszantolás csak a kifejezetten katonai célokra tervezett gépek felelnek meg.

Ezek a katonai követelmények a következők:

- nagy teherszállítási képesség, úgy súly (tömeg), mint méret tekintetében, beleértve a harci technikai eszközök szállíthatóságát, mint például tüzérségi eszközök, páncélozott szállító járművek, teherkocsik, könnyű helikopterek;

- személy és/vagy teherszállító képesség;
- nagy hatótávolság (maximális terheléssel minimum 4000 km);
- gyors ki és berakodási képesség – a teher maximális méretének megfelelő tehertér ajtók, beépített emelő és csörlő berendezések a teher mozgására;
- nagy utazó sebesség (legalább 850 km/h).

A modern katonai szállító repülőgépek ezen kívül az alábbi követelményeknek is meg kell hogy feleljenek:

- legyen lehetőség külső függesztmény rögzítésére (kiegészítő üzemanyag tartály);
- működési képesség tábori repülőtérrel (nem szilárd burkolatú-, „füves” repülőtérrel);
- ejtőernyős deszant dobási képesség;
- légi utántöltési képesség/lehetőség;
- a belső tér gyors átalakíthatósága a feladat függvényében (utasszállító változatról teher vagy deszant változatra).

A katonai alkalmazás oldaláról megfogalmazott igényeket a napjainkban rendszerben lévő repülőgépek kielégítik, sőt a kombinált stratégiai/harcászati feladatnak megfelelő szállító repülőgépek — mint például óceáni átrepülés után ejtőernyős deszant dobás —, is rendelkezésre állnak.

Harcászati légi szállító műveletek

Míg a stratégiai légi szállítási műveletek az erő gyors átcsoportosítását jelentik a hadszínterek, kontinensek között, addig a harcászati légi szállítási műveletek biztosítják a katonai erő mobilitását, kijuttatását a hadszíntéren belül a meghatározott körzetbe. A két művelet között napjainkban egyre nehezebb tiszta határvonalat húzni, különbséget tenni. Például egy nagy távolságú átrepülés, mely a feladat jellege miatt tartalmaz földközeli útvonal szakaszt és ejtőernyős dobást, ez felfogható stratégiai műveletnek harcászati elemekkel és fordítva is. A gyorsan változó világ és vele a katonai eljárások fejlődése a gyors reagáló képesség, mobilitás igénye követelte meg, hogy napjainkra a modern stratégiai szállító gépek harcászati képességekkel is rendelkezzenek, illetve a harcászati szállító repülőgépek is képesek hadszínterek közötti stratégiai műveletekben működni. Ezt a trendet szemlélteti a Lockheed C-130 Hercules, amely a folyamatos fejlesztések eredménye képen, harcászati szállító repülőgép kategóriája ellenére - nem utolsósorban a légi utántöltő képesség birtokában -, stratégiai műveletekben történő alkalmazásra is képes. Vagyis a tendencia nem az, hogy a harcászati szállító gépek ugyanolyan mennyiségű terhet,

ugyanolyan sebességgel legyenek képesek szállítani, hiszen ezzel elvesztenék azt a nagyfokú manőverező képességet, túlélő képességet, amely a harcászati műveletekben nélkülözhetetlen. Éppen ellenkezőleg, a harcászati szállítógép — akár merev szárnyú, akár forgószárnyas — azon képessége kerül előtérbe, hogy általa egy adott állam közismertté tudja tenni és egyúttal hangsúlyozni képes általános katonai képességeit, jelenlétét az adott térségben, reprezentálni tudja nemzetközi szerep vállalását. Ebből következik, hogy amíg a stratégiai légi szállító képesség elsősorban azon államok „szükséges” jellemzője, melyek a világpolitikában meghatározó tényezőt képviselnek, vagy ilyenre aspirálnak — gazdasági erejük ezt lehetővé teszi —, addig a harcászati légi szállító képesség minden állam „jellemzője”, amely légi-erőt, szárazföldi haderőt tart fenn.

Ahogy arra korábban már utaltam, a harcászati szállító repülő erők a műveletek legszélesebb körét képesek támogatni, csapatok hadművelési körzetbe szállítása, gyors átcsoportosítása, utánpótlás kijuttatása, egészségügyi szállítás és sorolhatnám. Kiszélesítik a légierő klasszikus alkalmazási képességeit. Egy harcászati szállító gép képes gyorsan és nagy alkalmazási rugalmassággal támogatni a harcoló erőket, függetlenül a terület jellegétől, tábori repülőtérről, vagy különösebben nem előkészített-nem szilárd burkolatú leszálló helyről. Természetesen napjaink harcászati szállító gépei közül nem alkalmas mindegyik a teljes harcászati alkalmazási követelményeknek megfelelni — kivétel a már említett C-130 —, ezért röviden kitérek a repülőgépekkel szemben támasztott követelményekre:

- olyan erős, robotsztus repülőgép sárkány szerkezet, amely megfelel a harcászati igénybe vételnek;
- rövid fel és leszállási képesség (STOL-Short Take Off and Landing, 500–800 m, nem szilárd burkolatú fel és leszállóhelyről is);
- olyan teherszállítási képesség, amely tömegben és méretben megfelel a hadszíntéri műveletek igényeinek (5–25 t-ig);
- széles teher tér nyílások és autonóm tehermozgató berendezés, mely az önálló be és kirakodást biztosítja;
- gyors átalakíthatóság a harcászati igények függvényében;
- ejtőernyős deszantolási képesség;
- minden időjárási körülmények közötti bevethetőség nappal és éjjel egyaránt;
- stabil lassan-repülési képesség;
- hatósugár 2000–2500 km és maximális átrepülési távolság 6000 km teljes terheléssel;
- légi utántöltési képesség;

— huzamos üzemeltetési lehetőség repülőtérén kívüli viszonyok között (repülőtéri műszaki üzemben tartó állomány nélkül).

A megfogalmazott követelmények egyidejű teljesítése természetesen igen komoly feladatot jelent a repülőgép konstruktőrök részére, melynek igazán csak napjaink új technológiai és új anyagai (kompozitok, kevlar anyagok) alkalmazásával lehet megfelelni. Így a harcászati légi szállítási követelményeket legjobban teljesíteni tudó típus a C-130 Hercules, mely az elmúlt 40 év alatt folyamatos fejlesztésen ment keresztül, illetve napjaink konstrukciója a CASA Cn-235,-295, de ezek mellett a rendszerben tartott ismeretebb típusok AN-12 Cub, C-160 Transall, FIAT G-222, F-27 Friendship és az AN-26 Curl. Az új típusok közül az AN-70 egy példánya repül és a sorozatgyártás beindítása bizonytalan, az európai A-400 pedig jelenleg csak papíron létezik.

A 90-es években elkezdett és napjainkban is tartó haderőreform eredménye képpen a Magyar Honvédség és benne a Magyar Légierő merev szárnyú szállító repülő képességét egy szállító repülő század jelenti, összesen 4 darab AN-26 közepes szállító repülőgéppel, a MH. 89. SZOLNOK Vegyes Szállítórepülő Ezred állományában. A négy gépből kettő átalakításra került utasszállítóvá. Ezt az átalakítást, kárpitozást, bútorozást az ezred saját szakember gárdája végezte el. Természetesen háborús alkalmazás esetén a gépek visszaalakíthatók a kárpit és bútorzat roncsolásával.

Ez azt jelenti tehát, hogy a Magyar Honvédség merevszárnyú légi szállító képességét jelenleg 2+2 darab közepes szállító repülőgép testesíti meg. Sok ez, elég, vagy kevés?

A MAGYAR LÉGIERŐ SZÁLLÍTÓ REPÜLŐ ALEGYSÉGE ALKALMAZÁSA

A Magyar Honvédség, Légierő szállító repülő századának feladata a légierő és a szárazföldi csapatok egységei, alegységei manőverei és harctevékenységének biztosításával összefüggő feladatok végrehajtása bel és külföldön, valamint NATO kötelékben.

A gyakorlatban a szállító repülő század NATO felajánlott alegység. Vagyis a Magyar Honvédség alkalmazási igényein túl, amennyiben a Szövetség azt igényli, akkor a Magyar Köztársaság a gépeket és személyzeteket a Szövetség rendelkezésére bocsátja. Ilyen kis légi szállító kapacitás átengedése esetén, könnyen belátható, hogy a nemzeti haderő részére, vagy akár a Nemzeti Befogadó Támogatás részére, légi szállító kapacitás nem áll rendelkezésre.

A rendszerben lévő AN–26 repülőgép és alkalmazási lehetőségei

Előjáróban utalni kívánok arra, hogy a Magyar Honvédség nem rendelkezik stratégiai légi szállítást lehetővé tevő szállító repülőgéppel, így ilyen feladatot nem is képes végrehajtani katonai eszközökkel. Minősített esetben jöhet csak szóba a nemzeti légitársaság, a MALÉV által lízingelt Boeing-767 típus, amely technikai-műszaki lehetőségei okán katonai alkalmazást tekintve erősen korlátozottan végrehajthat stratégiai személy és/vagy teherszállítást.

A Honvédség meglévő légi szállító képessége a már vázolt harcászati légi szállító műveletek végrehajtására képes, a rendszeresített repülőgép, az AN–26 műszaki-technikai lehetőségein belül. Vizsgáljuk meg pontosabban ezt a légi szállító képességet.

Az AN–26-os a 60-as évek technikai-műszaki színvonalán álló, az akkori szovjet hadművészet követelményeinek megfelelő, kifejezetten katonai célokra tervezett közepes szállító repülőgép.



2. ábra. A 89. Szolnok Vegyes Szállítórepülő Ezred AN–26 személyszállító repülőgépe Graz repülőterén. Fotó: Nagy A. archív

Főbb technikai adatok:

- utazó sebesség: 440 km/ó;
- szolgálati csúcsmagasság: 7500 m;

- átrepülési távolság:
 - maximális terheléssel: 500 km,
 - maximális tüzelőanyaggal: 2200 km;
- maximális felszálló tömeg: 24 000 kg;
- maximális terhelés (max. átrepülési távolság 500 km): 6300 kg;
- normál terhelés (max. átrepülési távolság 2200 km): 2500 kg;
- tehertér méretei:
 - hosszúság: 15,68 m;
 - szélesség: 2,78 m;
 - magasság: 1,91 m;
 - térfogat: 60 m³.

A típus különlegessége, hogy ez volt az első szovjet szállító repülőgép, amelynek raktere túlnyomásos volt, vagyis a repülési magasságtól függetlenül, a tehertérben állandó, földfelszínen uralkodó légnyomást lehet biztosítani. Ez fokozza a fedélzeten tartózkodó állomány komfort érzetét repülés közben. A hátsó tehertér ajtó/rámpa helyzete rögzíthető a raktér padlójának szintjén, ami a földön megkönnyíti a teherautó platójának szintjéről történő rakodást, a levegőben pedig lehetővé teszi a terhek kidobását, deszantolást.

3. ábra. Teher deszant dobási gyakorlat Szolnok repülőtéren, AN-26-ból.



Fotó: Orosz Z. archív

A gép teherszállító feladatköre miatt, a terhek mozgatására rendelkezik a raktér mennyezetén, hosszában felerősített sínen mozgó elektromos csörlővel és a padlózat egy része elektromosan vagy kézzel hajtott szállítószalaggal van szerelve. A teher autonóm mozgatását tekintve a gép megfelel a NATO követelményeknek, azonban mivel szállító kapacitása alapján — 2,5 t (2200 kg)—, a közepes szállító gépek alsó (kisebb) kategóriáját képviseli, így jelentősebb NATO, vagy nemzetközi műveletben sem képes hatékonyan együtt működni. Ahogy említettem, a típus és így műszerezettsége is a 60-as éveket és alkalmazási elveket tükrözi. Így például alkalmatlan lett volna a boszniai válság idején 95–97-es években a NATO szállítógépek nagy magasságú teher deszantolási műveletében történő részvételre, (segély szállítmányok célba juttatása a körülfélt bosnyák településeknek), mivel a gép navigációs műszerezettsége a kívánt pontosságot nem biztosítja, nem rendelkezik besugárzás érzékelővel, illetve az önvédelmet biztosító infra csapdák kivetésére sem képes. A NATO országok által rendszeresített típusok a fejlesztések vagy új beszerzések okán a felsorolt alapvető hadműveleti alkalmazási képességekkel rendelkeznek. Ez a meglévő légi szállító kapacitás nem biztosítja a Magyar Köztársaság presztízsének, súlyának megfelelő megjelenést az európai válság övezetekben sem. Példaként említem a Jugoszlávia elleni háborúval szinte párhuzamosan kirobbant Albán belpolitikai válságot 1999-ben, melynek kezelésére az ENSZ Menekültügyi Főbiztossága koordinálásával légi hidat hoztak létre. A gépek a Genfben kiadott engedélyek birtokában közelíthették csak meg Tirana repülőtér körzetét. Az engedélyek igénylésekor meg kellett adni a segélyszállítmány tartalmát, és mennyiségét. Mivel a Jugoszláv légtér zárva volt a hadműveletek miatt, Albániát csak Románia - Bulgária - Görögország útvonalon lehetett megközelíteni. Ez azt jelentette, hogy az útvonal hossza a viszonylagos közelség ellenére elérte az AN-26-os maximális átrepülési távolságát és ebből adódóan maximum 2,5 t rakományt tudott kiszállítani. Csepp a tengerben egy C-130-as 20–25 t-ás rakományához képest. Ennek megfelelő volt a magyar katonai szállító gépek besorolása is a Tirana légtérbe történő belépéshez.

A meglévő szűkös légi szállító kapacitásunk igen nagy szolgálatot tett a magyar katonai orvos csoport tábori kórház kiszállításában, utánpótlásuk biztosításában. Mivel az elmúlt bő tíz év fényesen bizonyította, hogy mennyire nem elég ez a négy — az alsó közepes szállító kategóriába tartozó — repülőgép, mutatja, hogy bérelt MALÉV gépek is besegítettek úgy az Albán segélyszállítmányok, mint az orvos csoport ellátásába, illetve a Pristinában települő őrző-védő alegység logisztikai támogatásába. Vannak olyan katonai elképzelések, amelyek alapvetően a „vegyük meg a szolgáltatást” elvet preferálják. Én nem értek egyet ezzel a nézettel, egy részt

mert hosszú távon drága, és egyre drágább, ugyanakkor nem járul hozzá a magyar katonai presztízshez, önbecsülésének erősítéséhez, valamint nem megbízható abból a szempontból, hogy nem akkor áll rendelkezésre, amikor szükség van rá, hanem akkor, ha a piac rendelkezik szabad kapacitással. A Pristinában állomásozó magyar légierő légi-szállító ellátása MALÉV charter járással csak addig működött 2001 tavaszán, amíg a szomszédos Macedóniában ki nem éleződött a helyzet és nem került sor fegyveres konfliktusra. Az első fegyver eldördülése után a polgári légitársaság nem vállalta, hiszen nem is vállalhata a járatokat a válság övezetében. A magyar katonai pilóták kiképezettek különböző elhárító manőverek végrehajtására biztonságuk megőrzése érdekében.

A SZÁLLÍTÓ REPÜLŐ KÉPESSÉG JELENE, JÖVŐJE

A személyi és technikai feltételek helyzete alapján a merev szárnyú szállító repülő kapacitás nem tudja kielégíteni a Magyar Honvédség és ha hozzá veszem az állami felső vezetők szállítását is, akkor a Magyar Köztársaság igényeit sem. Jelenleg a meglévő 2+2 darab szállító repülőgép életkora 30 év. Gyártásukkor 30 év üzemidő lett megállapítva, mint maximális üzemben tarthatósági idő. A gyártóval történt megállapodás alapján, figyelemmel a repülő gépek műszaki állapotára, a gyártó vállalt még egy üzemidő hosszabbító nagyjavítást, melyre 2002 tavaszától 2003 év elejéig kerül sor. Így a négy darab repülőgép 2007–2008-ig lesz üzemeltethető, ekkor műszaki állapotuk alapján sor kerülhet újabb nagyjavításra, vagy kivonásra. Mivel az AN-26 esetében a nagyjavításokat nem kísérte modernizáció, így a gép változatlanul a 60-as évek technikai szintjét képviseli, az évtizedek során bekövetkezett környezetvédelmi előírásoknak (zaj) pedig nem felel meg. Ez azt jelenti, hogy a jövőben számíthatunk a típust sújtó környezetvédelmi bírságokra az európai repülőtereken. A gépek pótlására, cseréjére a közel jövőben szükséges lépéseket tenni, összhangban a Magyar Honvédség haderő fejlesztési reformjával.

A vázolt NATO alkalmazási műveletekre és a Magyar Honvédség szükség szerűen növekvő szerep vállalására a NATO szövetségi rendszerben, szükséges a közepes szállító repülő kategória alsó és felső kategóriába tartozó típusaival is rendelkezni. A technikai eszközök minimális üzemképességi mutatóját minimum 80%-ban határozzák meg az előírások. Erre és a NATO részére felajánlott képességekre figyelemmel az alsó kategóriában 5-6 szállító repülőgép üzemben tartása indokolt. Jelenleg ismert típus ebben a kategóriában a spanyol gyártmányú CASA Cn-235, illetve modernebb

változata a CN-295, mely geometriai méreteit tekintve hasonló az AN-26-hoz, azonban műszaki-technikai paraméterei alapján mintegy 25%-al nagyobb teljesítményre képes gazdaságosabb üzemben tartás mellett.

A Lengyel Légierő 2001-ben adott megrendelést erre a típusra, hogy kiöregedő AN-26-os gépei egy részét lecserélje.

Korábban utaltam a humanitárius segélyszállítmányok célba juttatásának fontosságára, az ilyen műveletekben történő szerepvállalás jelentőségére. E mellett figyelembe kell venni, hogy a harcászati repülő típusváltással 2005-től hadrendbe álló Gripenek lehetővé teszik Magyarország jövőbeni szerep vállalását nagyobb léptékű légi műveletekben is. Ennek biztosítására szükséges a közepes szállítórepülők felső kategóriájába tartozó gép típussal is rendelkezni. Napjainkban a folyamatos modernizáció eredménye képen egyedül a C-130 Hercules képes a kor követelményeinek megfelelni. A szárazföldi és a légierő várható alkalmazási igényei és a gazdaságos üzemeltethetőség alapján mintegy négy darab ilyen kategóriájú gép biztosítaná a szükséges képességeket. Az 1990-es évek elején az Egyesült Államok Kormánya már ajánlott fel hazánknak négy darab felújított C-130-as repülőgépet segély formájában, nekünk csak a földi eszközök beszerzését, illetve az állomány kiképzéséért kellett volna fizetni. Az akkori gazdasági helyzet ezt sem tette lehetővé, így a négy darab Hercules a Román Légierőben került rendszeresítésre, ahol azóta is üzemeltetik őket. A román Herculesek és személyzeteik meggyőzően reprezentálják Románia elkötelezettségét a NATO tagságra, minden NATO/PFP légierő gyakorlaton megjelennek és tekintettel a gépek megfelelő felszereltségére, műszerezettségére, egyenrangú félként felelnek meg az elvárásoknak.

A legutóbbi személyes találkozásom a román Herculesekkel a Cooperative Key'01 gyakorlaton történt Bulgáriában, ahol brit és francia ejtőernyősökkel működtek együtt eredményesen. A hírekből ismert, hogy Románia afganisztáni szerepvállalását is a nemzeti haderő C-130 gépeivel biztosítja.

A szállító repülőgép, legyen bármilyen kategóriájú, igen drága eszköz, melynek az üzemeltetése akkor a legköltségesebb, ha a földön áll. A jövőbeni magyar légi szállító képességet éppen ezért úgy célszerű üzemeltetni, hogy a magyar nemzeti igények teljesítésén túl az esetleges szabad kapacitást a NATO szövetségesek, illetve nemzetközi szervezetek részére kell felajánlani. Jó példa erre Belgium gyakorlata, mely haderejéhez mérten viszonylag nagy, 11 gépből álló C-130 ezredet tart hadrendben. Ezek a gépek szinte állandóan úton vannak, így nem kis bevételt is „termelve” a Belga Légierő részére.



4. ábra. A Román Légierő C-130 repülőgépe a Cooperatív Key'01 gyakorlaton.
Fotó: Orosz Z. archív

A Magyar Honvédség szárazföldi erői és légierije kiképzését, a NATO szövetség részére felajánlott erők mobilitásának, gyors reagáló képességének biztosítását, a szövetségi műveletekben történő részvételt, a befogadó nemzeti logisztikai támogatást az elvárt szinten biztosítaná egy 4+6 gépes harcászati szállító repülő képesség. (Négy darab a felső közép és hat darab az alsó közép kategóriájú szállító repülőgép.) Ez a képesség úgyszintén képes lenne arra, hogy a Magyar Köztársaság tekintélyének, politikai, gazdasági, katonai súlyának megfelelően megjelenítse a nemzetet a nemzetközi közvélemény előtt, a különböző humanitárius segély akciókban történő szerepvállalással.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Keith Chapman: Military Air Transport Operations. London 1992.
- [2] Ruttai László–Krajnc Zoltán: A magyar légierő doktrinális alapjai. Egyetemi jegyzet, ZMNE Budapest, 2001.

GONDOLATOK A MÚLT SZÁZAD MÁSODIK FELÉNEK MAGYAR KATONAI REPÜLÉSBIZTONSÁGÁRÓL, A TÉNYEK ÉS A SZÁMOK TÜKRÉBEN

"A légi katasztrófák terén nincs új a nap alatt, csupán feledékeny emberek vannak. Nincs olyan baleset, amely ne lenne egy korábbi eset megismétlődése, és ezek kivétel nélkül csakis azért következnek be újra meg újra, mert vagy nem tudta valaki hol kell meghúzni a határvonalat az előre nem látható és előre nem látott események között, vagy mert jó szándékú emberek úgy vélték, hogy a kockázat elfogadható..."

Stephen Barlay, 1992.

Az emberi természetről Stephen Barlay így fogalmaz légi katasztrófák című könyvében: „...a kényelmetlen dolgokról nem vesz tudomást és elfelejti a leckét.” E gondolatok késztetnek most arra, hogy a múlt század második felének, súlyos repülőeseményinek, statisztikáinak segítségével áttekintsem a magyar katonai repülés „fekete lapjait”, azért, hogy a hibák újra felbukkanására figyelmeztetve, megtörjem az emberi feledékenységet.

VESZÉLYTÉNYEZŐK A KATONAI REPÜLÉSBEN

Közismert tény, hogy a repülés veszélyes tevékenység, ezért a repülőcsapatokat békeidőben is érhetik veszteségek. A veszteségek mértéke, a repülő szervezetek működését biztosító feltételrendszer függvényében változó. Ugyanakkor nem szabad elfelejteni, hogy ez egyben minősíti az adott korszakban létező, a repülőcsapatok szerepét tükröző elgondolások helyességét ugyanúgy, mint a kiképzés minőségét, vagy az uralkodó értékrendet, valamint az aktuális vezetés színvonalát is. Pontosán mutatja ugyanakkor a repülőkre háruló feladatok és a feltételek egyensúlyát is.

A repülés biztonságát befolyásoló aspektusoknak rendszerint négy csoportja különíthető el egészen jól az elmúlt közel 50 esztendő adatai alapján. Ezek:

- anyagi-technikai háttér;
- személyi tényezők;
- szervezeti struktúra;
- külső, környezeti körülmények.

Az említett tényezők kedvezőtlen „együttállásai” törvényszerűen vezetnek a repülésemények bekövetkezéséhez, amelyek végső stádiumában már csak a szerencse „szól bele” (az események súlyos vagy kevésbé súlyos minősítésébe).

Minden repülésemény térben és időben összpontosuló tényezők véletlen kombinációja folytán jön létre. Bekövetkezésük törvényszerű, amennyiben a közvetett kiváltó okok hosszabb időn át fennállnak. Ekkor már elegendő egy apró hiba, például helytelen helyzetfelismerés a hajózó személyzet vagy az irányító személyzet részéről, és kész a baj.

A REPÜLÉSBIZTONSÁG HELYZETE AZ ÖTVENES ÉVEKBEN

Mit mondanak a „csupasz számok” az adott időszakról? A magyar repülőcsapatokat a II. világháború utáni repülőképzés idején a következő veszteségek érték a katasztrófák tekintetében:

- összesen harmincegy légszaváros repülőgép (kiképző, szállító, vadász, egyéb);
- százhuszonnégy sugárhajtású repülőgép;
- kettő sugárhajtású kiképző és bombázó repülőgép;
- tizenkilenc különböző rendeltetésű helikopter.

Összesen 177 katonai légi jármű, és ami sokkal lesújtóbb 163 hivatásos katona vesztette életét légi katasztrófákban. A fenti adatokból egyértelműen megállapítható, hogy az adott időszakban a Néphadsereg repülőinek nem volt erőssége a biztonságos repülőképzés.

Az 1949. és 1956. közötti időszakban 54 katasztrófa következett be nyolcvan (!) emberéletet követelve (1. táblázat). A tragikusan elégtelen repülésbiztonsági állapotok kialakulása és tartós fennállása, az azokban az években eluralkodó voluntarizmus, valamint a légierő erőltetett ütemű fejlesztésének egyenes következményei voltak az említett számok. Az említett feltételek bármelyikénél találhatunk szembeötlő hiányosságokat (mint például anyagi és személyi feltételek hiánya), melyek súlyos veszélytényezőként jelentkeztek. Ezek törvényszerűen eredményezték a minősíthetetlen repülésbiztonsági állapotokat. Mindennaposá váltak a repülő események. Elegendő példaként említeni 1953. augusztusát, amikor hat légi katasztrófa történt, tíz halálos áldozatot követelve.

Az 1949–56 közötti légi katasztrófák

1. táblázat

Év	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	Össz.
Sugárhajtású repülőgép	-	-	1	3	7	2	5	7	25
Egyéb repülőgépek	2	2	15	7	10	4	12	3	55
Összesen	2	2	16	10	17	6	17	10	80

Az ötvenes években a következő alapvető veszélytényezők különíthetők el:

- elégtelen vezetés;
- szakemberek eltávolítása a légierőtől;
- gyenge képzettségű hajózó állomány;
- erőltetett ütemű, megalapozatlan repülőképzés;
- folyamatos átszervezések;
- hiányzó oktatógépek;
- laza fegyelem;
- megbízhatatlan repülőtechnika.

A Néphadsereg légierijében, a számok tanulsága szerint nem folyt hatékony, megelőző repülésbiztonsági munka. Erre a feladatra nem hoztak létre saját repülésbiztonsági szervezetet, mindenért az adott repülőalakulat parancsnoka volt felelős. Ugyanakkor a már ismertetett hézagok feltételrendszer gátjává vált az egyébként jó szándékú egyéni kezdeményezéseknek, így az ilyen erőfeszítések nem hoztak tartós eredményeket.

A NAGYSEBESSÉGŰ REPÜLÉS PROBLÉMÁI

A Néphadsereg repülőerőinél az első nagy minőségi változást a sugárhajtóműves vadászrepülőgépek megjelenése jelentette. A MiG–15, majd később a MiG–17 vadászrepülőgépek rendszeresítése hatalmas minőségi ugrást jelentett. Azonban áttérni a dugattyús hajtóművel ellátott, légszavas repülőgépekről a modern sugárhajtású repülőgépekre, az nem volt zökkenőmentes folyamat. A modern típusok rendszeresítését a repülésbiztonsági állapotjelzők meredek zuhanása kísérte. A rendszerbe állást követő öt esztendő alatt huszonnégy MiG típusú repülőgép semmisült meg katasztrófákban¹. Az ebben az időszakban bekövetkezett balesetekről² nincsenek pontos adataink, de a tapasztalatok azt mutatják, hogy a balesetek száma általában 1,3–1,8 szorosa a bekövetkezett katasztrófák számának. Ha igaznak ítéljük ezt az összefüggést és csupán az említett arányszámok alsó értékét vesszük figyelembe, akkor a vizsgált időszakban feltehetően további 30–35 MiG–15, vagy MiG–17-es repülőgép volt érintett valamilyen repülőbalesetben.

A szuperszonikus repülés kezdete sem volt „vidám menetelés”, már ami a repülésbiztonság alakulását illeti. A típus rendszeresítésekor a 60-as évek elejének baleseti statisztikái „siralmas képet” mutatnak. Az első években a problémák jelentős része a típus kiforratlanságából adódott. Ehhez járult hozzá, hogy az új repülőgépek beszerzése és rendszerbe állítása a korábbi normák bázisán, a koráb-

¹ Katasztrófa — a repülőgép, helikopter megsérült, a repülőgép-vezető (személyzet) életét veszítette.

² Baleset — a repülőgép, helikopter megsemmisült, vagy nem javítható mértékben megrongálódott, a repülőgép-vezető (személyzet, utas) életben maradt.

bi, minden változást túlélő értékrend alapján történt. Pedig a hangsebesség feletti repülésre alkalmas modern repülőgépek a megelőzőktől gyökeresen eltérő üzemeltetési, aerodinamikai és repüléstechnikai, valamint alkalmazási sajátosságokkal bírtak az üzemeltetési kultúra jelentősebb átalakítását igényelték volna. A sietős rendszeresítés egyik komoly elégtelensége az volt, hogy a kezdeti években nem állt rendelkezésre oktató repülőgép változat, mellyel repülőképzést folytathattak volna. Az ellenőrző repüléseket más, hangsebesség alatti típusokon, míg a harci alkalmazást és az önálló repüléseket a hangsebesség feletti típuson hajtották végre. A 60-as évek második felében már valamelyest javult a helyzet, de a repülésbiztonsági mutatók nem javulhattak a kívánt mértékben, hiszen állandósult az évi 6–8 repülőgép elvesztése. Ezekben belül szerencsére csökkent a katasztrófák száma a korábbi típusok statisztikáihoz képest. Ez elsősorban az üzemeltetési tapasztalatok feldolgozásaiból, a hajózó állomány kiképzettségének növekedéséből, a repülésirányítás minőségi fejlődéséből, a repülésbiztonság helyének, szerepének előtérbe kerüléséből, továbbá a típusok fejlettebb és megbízhatóbb katapultrendszerének volt köszönhető, amellyel a komoly veszélyhelyzetek is túlélhetővé váltak. Így a katasztrófa-baleset arány jelentősen javult (2. táblázat).

A 60-as évek katasztrófa-baleset arányainak javulása 2. táblázat

Típus	Darabszám	Arány	
MiG-21 F13	12/18	K/B	1/1,5
MiG-21 PF	2/4	K/B	1/2
MiG-21 MF	3/6	K/B	1/2
MiG-21 BISZ	3/14	K/B	1/4,66
MiG-21 U? UM	6/3	K/B	2/1

A hetvenes évek elejétől a repülésbiztonság helyzete viszonylagosan konszolidálódott évi egy-két légi jármű elvesztése mellett, de a veszteségek időszakonként fel-felbukkantak és jelentkeznek a mai napig is.

Míndezen mellett egy ellentétes tendencia jelent meg, nevezetesen a kétkormányos repülőgépeknél az említett arány a katasztrófák oldalára billent.

A HAJÓZÓK SZEREPE A REPÜLÉSBIZTONSÁGBAN

Meggyőződésem, hogy a repülésbiztonsági mutatók periodikusan jelentkező mélypontjai legfőképp az emberi természetben rejlő feledékenységre, az ismétlődő hibák figyelmen kívül hagyására vezethetők vissza. A korábbi kedvezőtlen tendenciára utalva, azt hihetnénk, hogy a kétkormányos repülőgép pilótája nagyobb biztonságot élvez, hiszen két kiképzett hajózó hamarabb felismeri a veszélyt és mindent meg is tesz az elhárítására. „Több szem többet lát”, tartja a

mondás. Igaz, főként ha egyikük oktató-pilóta, aki tapasztalatával gyorsabb beavatkozásra képes vész helyzetben. A számok és az áldozatok nem igazolják ezt a feltevést. Az ember a gyenge láncszem az ember-gép-közeg háromszögében. A levegőben, „idődeficitben”, különböző motivációk hatására gyakran nem a földi logika alapján dönt és cselekszik — sokszor az életével fizet. Az okok és a magyarázatok a lélektan területén keresendők.

A megállapítást támasztja alá az a tény is, hogy a repülőesemények bekövetkezésének okai nagyrészt, mintegy 75–80%-ban, a rendszerben tevékenykedő emberek szubjektív hibáira, mulasztásaira vezethetők vissza. Csupán az esetek 15–20%-ban mutathatók ki olyan objektív ok-csoportba sorolható jelenségek, mint légi üzemkép telenség (12–15%), időjárásromlás (5–8%), madárral ütközés (2–3%).

A repülési gyakorlat szerepe a repülésbiztonság alakulásában

A felületes szemlélő számára úgy tűnhet, hogy a katonai repülés rendszerében a kezdők, a kevésbé tapasztalt hajózó hallgatók, vagy az alacsony rendfokozatot viselők a legveszélyeztetettebbek. A számok ismét mást mutatnak (3. táblázat).

Katasztrófák és balesetek rendfokozatonként

3. táblázat

Rendfokozat/Következmény	Hdgy.	Fhdgy.	Szds.	Őrgy.	Alez.	Ezds.	Össz.
Katasztrófa	9	14	14	13	6	1	57
Baleset	6	18	17	17	7	1	66
Összesen	15	32	31	30	13	2	123
%	12,2	26	25,2	24,4	10,6	1,6	100

Az adatok alapján a 3–7 éve rendszerben tevékenykedő, I. és II. osztályú főhadnagyk majdnem kétszer (1,7) gyakrabban kerülnek veszélyhelyzetbe, mint a kiképzésben kevésbé előrehaladott hadnagyk. Figyelembe véve a rendfokozatban eltöltött időt és a lemorzsolódás ütemét, az őrnagyk veszélyeztetettségi mutatói meg egyeznek a hadnagykéval (0,9). Az alezredek hasonló mutatója már csak közel fele ennek. Az ezredesi rendfokozatot aránylag kevesen érik el, ezért reprezentációjuk ebben a statisztikában alacsony, de már önmagában is bizonyít valamit. A repülés veszélyes üzem, és aki része a rendszernek, az függetlenül a beosztástól és a rendfokozattól, fokozott veszélynek van kitéve. A veszélyeztetettség a különböző tényezők eredőjeként a pályafutás elején növekszik, majd a felkészültség és a repülési tapasztalat gyarapodásával csökken, de sohasem szűnik meg teljesen.

REPÜLÉSBIZTONSÁG AZ ELMÚLT ÉVTIZEDBEN

A céltudatos és szervezett repülésbiztonsági megelőző tevékenység — a magyar katonai repülésben — az utóbbi évtizedben kapta meg azt az elsőbbséget, amit

mindig is kellett volna. A kiképzési célokat lehetetlen elérni valamilyen fokú veszteség nélkül, mert a vezetés által támasztott követelmény teljesítése az elsődleges cél. Azonban a legkiválóbb szervezet és jó teljesítmény a repülő kiképzés terén sem ér sokat, ha emberéletekkel és sok százmilliós anyagi veszteségekkel fizetjük meg az árát. Hogy mára sikerült egy új értékrendet felállítani és meghonosítani, a repülésbiztonsági mutatók alakulása bizonyítja. Kétségtelen, hogy az utóbbi évtizedben más oldalról éri csapás a repülésbiztonságot. Kevés a repülési idő, a géppark elöregedett, alkatrész hiánnyal kell megküzdeni mind a földi rendszerek, mind a repülőtechnika terén. Súlyosak a személyi állományt érintő hatások is, melyek leépítésekben, áthelyezésekben, összességében létbizonytalanságban öltenek testet.

A repülésbiztonságot ez ideig sikerült megfelelő szinten tartani a káros hatások ellenére is, ez minden a repülőcsapatoknál szolgálatot teljesítő katona érdeme, különösen azoké, akik az állapotjelzők alakulására és a feltételrendszer formálására közvetlen hatással bírnak.

ÖSSZEGZÉS

A dolgok helyes megítéléséhez elengedhetetlen az összefüggések feltárása, ami viszont nem lehetséges a múlt ismerete nélkül. A jövő ésszerű alakítását csak a múltban elkövetett hibák elemzése és a tanulságok levonása által lehetséges. Ezt minden vezetőknek és végrehajtóknak figyelembe kell venni a napi tevékenység szervezése és a döntések során. A megfelelő információk birtokában az összefüggések megtalálása egyszerűbbé, a döntéshozatal könnyebbé, a repülés biztonságosabbá válik. Természetesen ehhez szükségesek a megfelelő, a magyar létér minden felhasználója által elfogadott és betartott rend és a repülőszervezetek működéséhez minimálisan szükséges anyagi és egyéb feltételek. Csak ezek birtokában remélhetjük, hogy napjaink és az elkövetkező esztendőök magyar katonai repülésbiztonsága kedvező képet fog festeni a tények és a számok tükrében is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BARLAY, Stephen: Légi katasztrófák. Budapest, 1992.
- [2] DOMOSZLAI Géza: Repülésbiztonságért a helikopter alegységekben. In: .Honvédségi szemle 1982. 3. szám.
- [3] IVÁN Dezső: A magyar katonai repülés története 1956–1980. Honvédelmi Minisztérium Oktatási és Tudományszervező Főosztály, Budapest, 2000.
- [4] MAKAI Sándor: A teljesebb repülésbiztonságért a vezetés javításának egy lehetséges változatával. In.: Honvédségi Szemle 1988. 7. szám.
- [5] DR. SZABÓ József: Egy haderőnem bukdácsolásai. In.: Új Honvédségi szemle 1992. 5. szám, p. 95.

PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐESZKÖZÖK A HADVISELÉSBEN I.

A világ jelentősebb haderővel rendelkező országaiban az utóbbi 5–10 év során a pilóta nélküli repülőgépek a figyelem középpontjába kerültek és a mai napig számos katonai kutatás tárgyát képezik. A 70-es évek óta lezajlott háborúk tapasztalatai bebizonyították, hogy a pilóta nélküli légi járművek hatásosan és eredményesen alkalmazhatók hadműveleti, harcászati feladatok végrehajtására. Jelenleg a világ több mint 34 országában rendszeresítették ennek a légi járműnek legalább egy típusát, de az eszközt alkalmazó haderők száma napról napra nő. A pilóta nélküli repülőeszközök a szerényebb anyagi lehetőségekkel rendelkező hadseregekben egy viszonylag olcsó alternatívája lehet a bonyolult hírszerző, felderítő rendszereknek.

A PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐESZKÖZÖK ELNEVEZÉSÉNEK VÁLTOZÁSA

A pilóta nélküli repülő eszközöket, vagy ahogyan ma nevezik őket UAV¹-kat kezdetben egyetlen egyszerű feladatra hozták létre, illetve használták. Segítségükkel lehetőség nyílt a légvédelmi csapatok és a repülőcsapatok számára, hogy éleslövészetekkel tegyék kiképzésüket valószerűbbé, anélkül hogy a célrepülőgép pilótáját veszélynek tennék ki. Később, más repülőeszközök hadi alkalmazásához hasonlóan egyszerűbb, például felderítési feladatok megoldására vetették be a korai példányaikat. Olcsók voltak, egyszerűek és nem igényeltek nagy felszálló mezőt, valamint összetett kiszolgáló berendezéseket. A hatvanas években két elnevezéssel illeték illették őket. Egyik fajtájukat Drone-nak, azaz „zúgónak” hívták. Előre programozott, rögzített útvonalakon repültek mindenféle emberi beavatkozástól mentesen. Ezekről teljesen eltérő módon repültek az ún. RPV²-k, melyeket a repülőmodellekhez hasonlóan pilóta irányított a távolból rádió berendezés segítségével.

¹ Unmanned Ariel Vehicle — pilóta nélküli repülőeszköz.

² Remotly Piloted Vehicle — távirányított jármű.

Maga az UAV, mint kifejezés a nyolcvanas évektől kezdett elterjedni. A megelőző évtizedek technikai fejlesztései nyomán a pilótánélküli repülőgépek minőségileg új nemzedékét nevezték így. Ezek az eszközök már alapvetően az időközben kifejlesztett számítógép-vezérelt rendszerekre támaszkodtak. Modern robotpilóták, fly-by-wire rendszerek, kifinomult navigációs berendezések „jelennek meg” a repülőgépek fedélzetén, ezáltal ki lehetett küszöbölni azt a problémát, amit a korábbi RPV-k esetében adódott. A folyamatos távirányítás ugyanis folyamatos rádió kapcsolatot feltételezett a földi állomás és a repülőgép között, így zavarás viszonyai között, vagy a rádióadó teljesítményét meghaladó hatótávolságok esetén irányítási problémák merültek fel.

A pilóta nélküli repülő eszköz fogalma körül némi zavar tapasztalható mind a hazai, mind a nemzetközi szakirodalomban. Számos betűszó és angol kifejezés vonatkozik ugyanarra a fogalomra, megzavarva egymás jelentését. Ehhez adódik azután a magyar fordításból adódó további fogalmi zűrzavar. A magyar szakértők melegségére, meg kell jegyezzük, az eredeti angol kifejezések ebben az esetben nem fordíthatók le teljes szabatsósággal magyarra. Itt és most nem vállalkozunk a fogalom újbóli körülírására, csupán a mögötte álló jelentéstartalom eddig talán figyelmen kívül hagyott rétegeire kívánjuk ráirányítani a figyelmet. Már csak azért is fontosnak tartjuk ezt, mert a pilóta nélküli repülőeszközök a hadviselésben minden bizonnyal nagy jövő előtt állnak, ezért már most fontos lehet közelebbről megismerkedni velük.

Mielőtt a fogalom pontosabb megmagyarázásába kezdünk, fontos megjegyezni, az eszközöknek konkrétan mely csoportjáról beszélünk. Ide sorolunk minden olyan katonai célra felhasználható légi járművet, mely az indítás módjától függetlenül újra felhasználható és a repülést a fedélzetén tartózkodó pilóta nélkül hajtja végre. Nem tartoznak ebbe a csoportba azok az eszközök, melyek repülésüket és indításukat az UAV-hoz hasonlóan hajtják végre, de a célpontot elérve megsemmisülnek. Ezért, a mégoly sok hasonlóság ellenére, például a nagy hatótávolságú irányított rakétákat nem sorolhatjuk az UAV-k közé. Visszatérve az előző gondolatmenethez: a tárgyalt eszközök magyar elnevezései nem fedik pontosan az eredeti elnevezést. Könnyen lehetőséget adnak az említett eszközök összetévesztésére. Meg kell jegyezzük, hogy az eredeti angol kifejezés sem pontos, hiszen nem emeli ki, hogy itt kifejezetten katonai célra használt repülőeszközökről van szó.

Az UAV betűszó szó szerint *ember nélküli légi járművet* jelent. Ez a kifejezés a magyar szakirodalomban pilóta nélküli repülőgépként, *pilóta nélküli repülőeszközként* honosodott meg. Fontosnak tarjuk kiemelni, hogy ez alkalommal kifejezetten a már említett kritériumnak (újra felhasználhatóság) megfelelő eszközökről van szó, nem foglalkozunk azokkal az eszközökkel, melyek a magyar szakirodalomban robotrepülőgépként nevezünk. A meghatározást bonyolítja,

hogy az UAV fogalma a technikai fejlesztések folytán tovább gazdagodott. Már nem csak *ember nélküli* (unmanned), hanem ún. *lakatlan* (uninhabited) légi járművekről is hallunk manapság. A két eltérő kifejezés, amely szerencsétlen módon ugyanazt a rövidített formát eredményezi, a korai UAV-ok már tárgyalt két fajtájához hasonlóan, a távvezérelt és a program alapján repülő eszközök megkülönböztetésére szolgál. A pilóta nélküli repülőeszköz (a továbbiakban PNR) jól használható fogalomnak és elfogadhatónak látszik, de önmagában nem képes az UAV fogalmának teljes lefedésére. Amennyiben a PNR fogalmát általánosan, gyűjtőfogalomként használjuk, akkor különbséget kell tennünk azon kitételek alapján, amelyek az *ember nélküli* és a *lakatlan* tulajdonságokból adódnak. Egyes álláspontok szerint, bár a szakirodalom ebben nem teljesen egységes és következetes, „lakatlannak” (uninhabited) tekintjük azokat az eszközöket, melyek valamilyen emberi beavatkozás által hajtják végre feladatukat. Kézenfekvő, hogy azoknak a PNR-eknek, melyek fegyverzetet hordoznak rendelkezniük kell az emberi beavatkozás bizonyos fokával, hiszen a fegyverzet alkalmazása nem történhet automatikusan. Jóllehet az ilyen PNR-ek a harci repülés egyes fázisait automatikusan, beavatkozás nélkül hajtják végre, a cél körzetében elengedhetetlen a fegyveralkalmazás „jóváhagyása” a távolból. Nyilván senki sem kíván elszabadult „terminátorokat” a harmező felett, főként akkor, ha feladatukat a saját csapatok közelében hajtják végre, gyorsan változó körülmények között. A felfegyverzett PNR-ek természetesen később jelentek meg, mint *ember nélküli* társaik, ezért elnevezésükben nem elégedtek meg egyetlen jelzőnyi eltéréssel, de lássuk először a másik kategóriát!

Az *ember nélküli* (unmanned) jelzővel illetett eszközök viszont mindenféle emberi beavatkozás nélkül képesek repülni, és feladatukat végrehajtani, amely ez esetben alapvetően felderítés vagy megfigyelés lehet. Ezek a feladatok nem kívánják meg a fegyveralkalmazást és azt a fokozott rugalmasságot sem, amelyeket a harci PNR-ek esetében említettünk.

A tárgyalt két kategória elkülönítését egy további jelző, a *harci* (combat) szó bevezetése könnyíti meg. Sajnos a következetlenség ez esetben (UCAV³) is tapasztalható.

Nyilvánvaló, hogy a harci, tehát felfegyverzett PNR egyszersmind *lakatlan* is kell legyen, mivel a fegyverzet alkalmazása megköveteli a távirányítás valamely fokát. Ennek megfelelően az a pilóta nélküli repülőeszköz, mely fegyverzettel bír, tehát megnevezésében szerepel a harci jelző, csak *lakatlan* lehet. Mégis, a nemzetközi szakirodalomban találkozunk olyan elnevezéssel, amely ellentmond ennek a logikának. Még rosszabb a helyzet a magyar fordítás esetében, melyek itt inkább fordítás, hiszen az említett eszközt, *lakatlan légi harcjárműnek* titulál-

³ Uninhabited Combat Ariel Vehicle — lakatlan harci légi jármű.

ja. Erről persze az olvasónak azonnal valamilyen páncélozott szárazföldi eszköz jut eszébe.

Ezekon kívül még számtalan megnevezés forog, mely a pilóta nélküli repülőeszközöket jelöli, (UCAR, TUAV, VTUAV) de most nem vállalkozunk ezek bemutatására, hiszen azok következtelenségükkel csak tovább bonyolítanák a meghatározást.

A probléma feloldása két féleképp lehetséges. Az angol eredetű betűszavak meghagyásával, vagy új magyar kifejezések alkotásával. Az első esetben ugyan nem szembesülünk a fordítás esetleges jelentéstorzító hatásával, viszont a kevésbé hozzáértő, idegen nyelvet nem ismerő olvasó számára megnehezítjük a fogalom megértését. Vonzóbb lehetőségnek látszik a *pilóta nélküli repülőeszköz*, mint fogalom következetes használata, hiszen ez mindenki számára érthető és szemléletesen tükrözi a fogalom tartalmát.

A PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐESZKÖZÖK RÖVID TÖRTÉNETE

Csaknem száz éve annak, hogy az első repülőgéppel az ember a levegőbe emelkedett. Néhány évvel később, már az I. világháború alatt megjelentek az első távirányítású repülőgépek a Sperry Doodle Bug és a Kettering Bug, amely már képes volt bomba szállítására. A pilóta nélküli eszközök katonai alkalmazása azonban a II. világháborúig váratott magára. Az elsőként nagy mennyiségben bevetett ilyen típusú eszköz az Fi-103, közismertebb nevén a V-1 volt. A V-1 meghajtását a törzs fölé szerelt torlósugar-hajtómű biztosította. Ferdén emelkedő rámpaszerű sínszerkezetről indított eszköz repülési pályáját repülés közben nem lehetett változtatni. A V-1 nem rendelkezett semmiféle irányítási rendszerrel, csupán egy robotpilótaszerű stabilizáló rendszerrel látták el. Az amerikaiak B-17 repülőgépeket alakítottak át úgy, hogy a nélkülözhető fedélzeti berendezések helyére robbanóanyagot raktak. A repülőgép pilótával szállt fel, aki az útvonalra állást követően ejtőernyővel elhagyta a gépet, amely az üzemanyag fogytaig repült.

A második világháborút követően az USA hadserege légvédelmi lögyakorlatihoz kifejlesztette és több tízezres nagyságrendben gyártotta az OQ-19 rádiótávirányítású, légi célként repülő eszközt, majd 1951-ben kezdődött meg a felderítő, illetve a fegyverrel felszerelt pilóta nélküli eszközök (továbbiakban PNR) fejlesztése. Az ötvenes években indult a sugárhajtóműves PNR-ek fejlesztése az USA-ban, elsősorban nagy sebességű és méretű légi célok imitálása érdekében.

Az amerikai fejlesztésekkel párhuzamosan a Szovjetunióban is megkezdődtek a PNR kísérletek. Az ötvenes évek elején megindult a pilóta nélküli, ún. „repülő lőszer” kifejlesztése, ami később a szovjet robotrepülőgépek alapjául is szolgált.

Ezek közül a Regulusz, Matador és a P-5 típusokat célszerű megemlíteni.

Erre az időszakra nyúlik vissza a német CL-89 fejlesztésének kezdete is, amely a ma is rendszerben lévő és korszerű CL-289 alapját képezte.

A hatvanas évektől felgyorsult az amerikai PNR fejlesztések. Ennek egyik oka az 1960. május 1-jén a Szovjetunió felett légvédelmi rakétával lelőtt U-2 felderítő repülőgép elvesztése volt. Ez az esemény megkérdőjelezte a korábbi felderítési koncepció folytathatóságát az USA-ban. A PNR-ek fejlesztését sürgette a kirobbanó kubai válság. A másik ok, ami a pilóta nélküli repülőeszközök fejlesztését gyorsította a vietnámi háború kiteljesedése volt. Az amerikai légierőt a harcok során nagy veszteségek érték, 1968. júniusáig 3000 repülőgépet veszített Ennél is érzékenyebben jelentkezett az elvesztett pilóták nagy száma. 1968. novemberéig 1500 fő lezuhant, 2600-an megsebesültek és 722 pilóta eltűnt. A felderítési feladatokra készített pilóta nélküli repülőeszköz programot ismét elővették. Ezt követően a vietnámi hadszíntér a PNR-ek kifejlesztése próbaterületévé vált. A vietnámi háború során az USA a Model-147 típusú PNR 28 különböző változatát fejlesztették ki. A harctevékenységek alatt ezek az eszközök több mint 3400 bevetést teljesítettek, melyek 95%-a sikeres volt. A bevetések során légi fényképeket készítettek, dipólokat, megtévesztő célokat és propagandaanyagokat szórtak, valamint felderítették a szovjet SA-2 légvédelmi rakétafegyverek működési jellemzőit. A vietnámi háború befejezését követően — a PNR-ek sikeres alkalmazási tapasztalatainak ellenére — a katonai költségvetés jelentős csökkentése miatt a fejlesztési programok lelassultak.

A hetvenes években Izrael vette át a pilóta nélküli repülőeszközök fejlesztésében a vezető szerepet. Az Izrael által kifejlesztett PNR-ek a technikai megvalósítás magas műszaki színvonalát és alkalmazási elveiket tekintve alapjául szolgáltak számtalan mai korszerű PNR-nek. Az arab-izraeli háborúban elért sikerek és a felgyorsuló technikai fejlődés következtében a 80-as évek közepétől más országokban is beindultak a fejlesztési programok.

A német Dasa-Dornier cégnél 1983-ban kezdték el a CL-89 korszerűsítését. Később a programba bekapcsolódott a francia SAT és a kanadai Canadair. Az új típust CL-289 jelzéssel 1986 óta gyártják. 1987-ben állapodtak meg német és francia gyártók egy új PNR típus a Brevel kifejlesztéséről.

A fejlesztési programok az Egyesült Államokban is újra indultak. A Compass Coup, majd az Aquila fejlesztési program keretében elért eredmények azonban nem hoztak áttörést. A 80-as évek végén kezdték fejleszteni a Gnat 750 típusjelű PNR-t, ami napjaink egyik legkorszerűbb pilóta nélküli eszközének a Predatornak képezte az alapját. Ugyanebben az időszakban született a Pioneer, amely az egyetlen teljes egészében működő amerikai PNR rendszer. Az első telepítés 1986-ban volt, mára 120 PNR-t gyártottak, és az egész világon üzemeltetik.

Az 1990–1991-ben, a Perzsa Öbölben lezajlott Sivatagi Vihar hadműveleteiben, valamint Jugoszlávia felbomlását követő háborúk során a békefenntartó és béke-teremtő tevékenységekben a PNR-ek bizonyították képességeiket és nélkülözhetetlenségüket. Az igazán nagyütemű fejlesztési programok ez után, a kilencvenes évek közepétől indultak meg.

ÖSSZEGZÉS

Napjainkban a légi fenyegetés spektrumát — vagyis azoknak az eszközöknek a halmazát, amik nagy hatékonysággal képesek a levegőből csapást mérni a föld- illetve vízfelszíni objektumokra — a merevszárnyú repülőgépek, a helikopterek, a harcászati ballisztikus rakéták, a manőverező robotrepülőgépek, a pilótanélküli repülőgépek valamint a levegő-föld osztályú rakéták képezik. Ezek között központi helyet foglalnak el a modern pilóta nélküli repülőeszközök, melyek megjelenése a szakértők szerint forradalmi változásokhoz vezetnek a jövő légi hadviselésében. Rövid múltjuk ellenére számtalan formában és módon bizonyították jelentőségüket a fegyveres konfliktusokban. Fejlesztésük az ezredforduló előtti évektől kezdődően újabb lendületet kapott. A folyamatos technikai fejlesztés mellett alkalmazási elveik kidolgozás alatt állnak, ezért még megnevezésük sem egységes. A fényes jövő előtt álló PNR-ek bizonyára még hosszú évekig sok munkát jelentenek a kutatók és a fejlesztők számára

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] RIPLEY, Tim: UAVs in action 1964–2002. IN.: Air International 62/5, p. 302–303.
- [2] Haditechnikai füzetek. 1. szám, HM Haditechnikai Intézet, 1999.
- [3] HORNYÁK Zsolt: Pilóta nélküli repülőgépek helye, szerepe a hadviselés eszköztárában, a harcászati alkalmazás kérdései. Szakdolgozat, ZMNE, 2001.
- [4] MARTON Csaba: A pilóta nélküli repülőgép rendszer elemeinek felderítési lehetőségei. ZMNE, Budapest, „Korszerű katonai technológiák a XXI. Században – az új felderítő, elektronikai hadviselési rendszerek koncepciói” című nemzetközi konferencia előadásainak gyűjteménye, 252–270.p.
- [5] RUTTAI-KRAJNC-KOÓS-PAPP-BUNKÓCZI: A légvédelmi rakéta- és tüzérsapatok alkalmazásának alapjai. Tanulmány, ZMNE, Budapest, 2002.

A LÉGIHARC FEJLŐDÉSE A KEZDETEKTŐL A MÁSODIK VILÁGHÁBORÚ VÉGÉIG

A légiharc mindig is a repülőcsapatok egyik alapvető, egyszersmind leglátványosabb tevékenységi formáját jelentette. Nincs ez másként ma sem, annak ellenére, hogy a nagy ütemű technikai fejlődés folytán, a pilóta nélküli repülőeszközök megjelenésével, a pilóta a jövőben kiszorulni látszik a katonai repülés egyes formáiból. Mégis, a katonai repülés bonyolultabb formáit, mint például a hagyományos légvédelmi feladatokat ma még nem „veszélyeztetik” az említett pilóta nélküli eszközök. A légiharc olyan összetett feladat, amely rugalmas gondolkodást és tevékenységet követel meg. A légiharc a légierő harctevékenységeinek egyéb formáihoz viszonyítva a legdinamikusabb és a tartalmát tekintve a legváltozékonyabb forma. Dolgozatunk megírását az a szándék vezérelte, hogy rövid ismertetőt adjunk a légiharc fejlődéséről. Ez a fejlődés három jól elhatárolható szakaszra bontva célszerű bemutatni. Ezek a szakaszok egyrészt a technikai fejlődés bizonyos állomásaihoz, másrészt azokhoz az alkalmazásbeli változásokhoz kötődnek, melyeket a háborúkban szerzett új harci tapasztalatok indukáltak. A légiharc fejlődésének a bemutatásánál nem lehet figyelmen kívül hagyni a légiharc eszközének a repülőgépek technikai fejlődését sem. A technikai fejlődés, új repülőgépek és fegyverzetek rendszerbeállítása teszi szükségessé napjainkban a légiharc megvívása hatásosabb módjainak állandó kutatását. A légiharc, mint a vadászrepülő erők tevékenységeinek alapvető formája a katonai repülőgép megjelenésétől napjainkig lényeges változásokon ment keresztül. Végrehajtása sokkal bonyolultabbá vált, megnöttek a követelmények például az irányítással és az együttműködéssel szemben.

Tanulmányunkban ezt a fejlődést kívánjuk bemutatni, három szakaszra bontva, az alábbi sorrend szerint:

1. a légiharc fejlődése a kezdetektől a II. világháború végéig;
2. a légiharc fejlődése II. világháborútól napjainkig;
3. a légiharc továbbfejlődésének lehetséges útjai.

A KATONAI REPÜLÉS KEZDETEI

Az ember repülés iránti vágyának beteljesülésére a XVIII. század végéig kellett várni. Az első sikeres, világhírűvé vált léghajókísérletet a *Montgolfier* testvérek

Franciaországban hajtották végre. Meleg levegős léggömbjükkel 1783-ban szálltak fel Annonay közelében. Nem kellett azonban sok időnek eltelnie, hogy az új eszköz megjelenjen a hadseregben. 1794 áprilisában, Franciaországban léghajós osztatot szerveztek, melynek feladata főként felderítés volt. Az észak-amerikai polgárháborúban is alkalmaztak katonai léggömböket felderítésre, sőt feladatukat légi fényképezéssel, postatovábbítással bővítették. Ily módon vette kezdetét a légtér katonai felhasználása. Már ekkor egyértelműen megmutatkozott, hogy a későbbi haditevékenység során a légi járműveknek nagy szerepük lesz.

Ahhoz azonban, hogy a mai értelemben vett légierők kialakuljanak, előbb kifinomultabb és megbízhatóbb repülőgépeknek kellett megjelenni. Ezt a belsőégésű motor kifejlesztése tette lehetővé. Az első motor hajtotta repülőgép a Flyer I. volt, mely 1903-ban repült először. A *Wright* testvérek gépükkel az Észak-Carolinai Kill Devil Hill közelében hajtották végre történelmi jelentőségű repülésüket. Ez hatalmas lökést adott a repülés, közvetett módon a katonai repülés fejlődésének. Az első világháború kezdeti szakaszába a hadilégihajók jutottak nagy szerephez, majd ezek helyét egyre inkább a repülőgépek vették át. A korra jellemző, hogy ekkor a katonai és a polgári repülés még nem vált élesen ketté. A repülőeszközök fejlesztését nem speciális katonai, vagy polgári igények vezérelték.

A legtöbb repülőgéppel szemben csupán annyi elvárás volt, hogy legyenek képesek hosszabb-rövidebb ideig a levegőben maradni.

LÉGIHARC AZ ELSŐ VILÁGHÁBORÚBAN

A történelemben először az első világháborúban csaptak össze szervezett formában, repülőgépek a levegőben. 1914-ben, a háború kitörése után a repülőgépek, már fegyverként jelentek meg a szembenállók kezében. Az első légiharc 1914. október ötödikén következett be, amikor egy francia Voisin felderítő repülőgép egy hasonló feladattal repülő német Taubé-val találkozott. A francia gép felfegyverzett megfigyelője Hotchkins-géppuskájával lelőtte a német Taubét. Egy másik alkalommal a francia repülőgép megfigyelője karabéllyal lőtte le a német repülőgépet. Ezek az események vetették fel a repülőgépek feladatorientált szakosodásának gondolatát.

Repülőtechnikai fejlesztések

A repülés kezdetén elsősorban lelkes amatőrök olykor dilettánsok munkálkodtak az új technikai csodák kifejlesztésén. Amint kitört a háború, ezt a fejlesztő szerepet a kutatóintézetek, gyárak és laboratóriumok és nem utolsósorban bátor hadipilóták vették át. A háború idején, ha győzelemmel kecsegtető újításról volt

szó, semmilyen összeget nem sajnáltak. A fejlesztés során mindig azok voltak a fő kérdések: milyen teljesítmény érhető el az új géppel, milyen erős lesz az új motor, milyen legyen a gép aerodinamikai kialakítása annak érdekében, hogy a gép minél jobban tudjon manőverezni. Nem utolsósorban hol és milyen fegyvert lehet rajta elhelyezni. Ebben az időszakban a repülőgépgyártók még csupán háromféle repülőgép kialakítást alkalmaztak:

- egyfedelű, húzó légszáras;
- többfedelű húzó légszáras;
- kétfedelű toló légszáras repülőgép.

A korai repülőgépek fegyvertelenek voltak és az ellenség szárazföldi hadmozdulatainak felderítésére alkalmazták őket. Arról, hogy a háború kezdetén milyenek voltak a csaknem kizárólag felderítésre alkalmazott repülőgépek, a korabeli dokumentumokból, utasításokból kaphatunk némi képet.

A németek elvárásai a következők voltak:

- a motor legalább 100 LE legyen!
- legalább 4 órát legyen képes a levegőben tartózkodni!
- a műszer szerinti sebessége legalább 90 km/h, vagy több legyen!
- a személyzettel együtt 200 kg hasznos terhet tudjon szállítani!
- legyen képes 10–15 perc alatt felemelkedni ezer méteres magasságra!

A fegyvertelen repülőgépek személyzetei hamar rájöttek arra, hogy hasznos lenne, ha meg tudnák akadályozni az ellenség repülőgépeit küldetésük végrehajtásában. Ezért megkezdték a repülőgépek felfegyverzését különböző lőfegyverekkel. Ezek a fegyverek először puskák, karabélyok majd később géppuskák voltak.

A repülőgépek feladat szerinti specializálását a franciák kezdték meg. Először 1914–1915. telén jelentek meg a fronton az első együléses, kifejezetten vadász feladatokra épített repülőgéppükkel. Ezek a gépek egy francia harci pilóta, Roland Garros¹ elképzelései alapján készültek. A francia vadászgépek akkora pánikot okoztak a német repülők között, hogy azok nem mertek a francia állások fölé berepülni.

A vadászrepülőgépek fejlesztése, sok technikai probléma megoldását igényelte. A fegyverzet elhelyezése például kemény helyzet elé állította a tervezőket mindkét oldalon. A húzó légszáras gépek esetében két lehetséges mód kínálkozott a fegyverzet elhelyezésére. A légszárkörön kívül elhelyezett géppuska esetében pontatlan volt a célzás és szinte lehetetlen az újratöltés és a beragadt fegyver megjavítása repülés közben. A légszárkörön át való tüzelés technikai megoldása viszont kezdetben megoldhatatlan probléma elé állította a konstruktőröket. Előfordult, hogy a repülőgép beépített géppuskája szinte lefűrészelte a gép légszárját. Ez ellen kezdetben a légszár páncélozásával véde-

¹ Roland Garros repülte át először a Földközi-tengert.

keztek, ekkor azonban a kilőtt lövedékek minduntalan visszacsapódtak a légsavarról, így a célzás kiszámíthatatlan volt. A toló légsavaros repülőgépeknél ez a probléma nem merült fel, csakhogy általában véve ezek a gépek kevésbé voltak manőverezhetőek, mint a húzólégsavaros változatok.

A probléma megoldását, a légsavar és a fegyver szinkronizálása jelentette. A feladatot Anthony Fokker² oldotta meg, egy már ismert eszköz, a megszakító tökéletesítésével. Ez az alkatrész tette lehetővé, hogy a géppuska összehangoltan működjön a légsavarral. Ez a találmány forradalmasította a légi hadviselést a nyugati fronton, és 1915 augusztusától a német Fokkerek uralták az eget. A Fokkerek kitűnően szinkronizált géppuskája azonban nem maradhatott sokáig titokban. 1916 februárjában a szerkezete nyilvánosságra került egy zsákmányolt repülőgép révén, és a németek addigi fölénye elillant.

A fegyverzetten kívül, a vadászgépekkel kapcsolatos alapvető követelmények közé tartozott még a jó manőverező képesség, amely a kiváló fordulóképességet és a gyors emelkedőképességet jelentette.

A légi harc manőverei

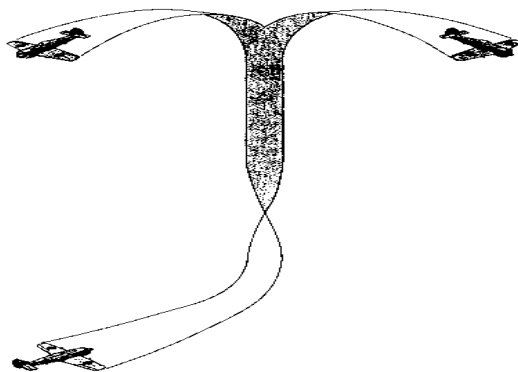
A légi küzdelem szabályait egy francia vadászrepülő, Deullin százados így foglalta össze:

- ne támadj, mielőtt hátra nem néztél, nem követnek-e!
- együléses gépet felülről-hátulról, kétüléset alulról támadj!
- a tűzharc befejezését éles forduló kövesse, mert az egyenes repülés alapján könnyű megállapítani a helyzetedet és lelőnek.
- a légteret állandóan tartsd szemmel, lőni csak akkor érdemes, ha az ellenség közel van!

A légi harc elvei mellett a fejlődés a légi harc manővereit sem hagyta érintetlenül. A kor egyik legsikeresebb pilótája Max Immelman volt, aki először igazolta a repülőgép manőverezhetőségének fontosságát, és egyértelművé tette, hogy a harci pilótának élni kell a technika által biztosított lehetőségekkel. Az általa feltalált manőver lényege a következő volt. A pilóta, gépét függőleges helyzetbe hozza és a tetőponton egy fél-orsót hajt végre, majd átnyomáskor a csűrővel a kívánt irányba helyesbít, ezzel a manőverrel az ellenséges repülőgép fölé és mögé tud kerülni, előnyös helyzetet teremtve így a támadásra.

Az Immelman-féle forduló (1. ábra) hamarosan a légi harcok alapvető manőverévé vált.

² Holland repülőgép tervező, a német légierő számára tervezett gépeket.



1. ábra. Az Immelmann manőver

A Fokker „korbács” — ahogy a nyugati fronton nevezték — kilenc hónapig uralta az eget, mielőtt a britek és a franciák ismét visszanyerték légi fölényüket. Ez idő alatt volt kénytelen a brit királyi repülőhadtest kidolgozni azt a taktikát, hogy minden felderítő repülőgépet csak vadászrepülő fedezettel küldtek feladatra. Megkezdődtek a kötelékrepülések.

A vadászrepülők feladatainak bővülése

Kilenc hónappal később a szövetségeseknek sikerült ismét kivívni a légifölényt azáltal, hogy új típusú repülőgépeket fejlesztettek ki, amelyek felülmúlták a német Fokkereket. A britek az FE-2B toló légszaváros gépet, a franciák a Nieport Baby-t rendszeresítették. Ezek a gépek még idejében érkeztek meg a frontra ahhoz, hogy az Antant légifölényét biztosítsák a Somme-i csatában. A légifölény azonban nem tartott sokáig. A Fokker, Albatros és Halbestadt olyan gépeket terveztek és építettek, amelyek felülmúlták az antant gépeit, amelyeket teljesen új taktikai elgondolás alapján kezdtek alkalmazni. Egyik korai ás pilóta, Oswald Boelcke javaslatára 14 gépes teljes repülőgép-századokkal támadtak, melyek számbeli fölényt biztosítottak az ellenséggel szemben. A német légifölény a nyugati fronton 1917 áprilisában volt a legteljesebb, amikor három-négy repülőszázadot tudtak egyszerre a levegőbe emelni. Ezek „cirkusz” néven váltak közzismerté. A leghíresebbet a „vörös báró”-ként ismert báró Manfred von Richthofen vezette.

A britek ezt az időszakot „véres április”-nak nevezték, mert 150 repülőgépet veszítettek és 316 pilóta halt meg vagy esett fogságba. Valahányszor az időjárás lehetővé tette, a nyugati front egén viadalok folytak. Mindkét oldalról repülő századok indultak egymás ellen és a találkozás után mindegyik gép megpróbálta felvenni az ideális pozíciót az ellenség és a nap között, mielőtt támadott volna. Ennek következtében a csata egyéni viadalokká alakult át, ahol az a gép győzött, amely szűkebben tudott fordulni, és így az ellenfele mögé tudott kerülni.

Miközben a vadászgépek fő feladata még mindig az volt, hogy biztosítsák a zavartalan légi felderítést, a háború előrehaladtával újabb feladatot is kaptak. Egy új típusú harci repülőgép született, a bombázó. Ezeknek a gépeknek is fegyveres kíséretre volt szükségük, és így a vadászgépek szerepköre ismét bővült. Vagy bombázókat kellett az ellenséges terület fölé kísérni, vagy az ellenséges bombázók feladatainak végrehajtását kellett megakadályozni.

A nyugati fronton kialakult légi hadviselés elveit alkalmazták más háborús térségekben is. A légi ütközetek azonban sehol sem voltak olyan intenzívek, mint a nyugati fronton, és ez így is maradt egészen a háború végéig.

A légi ütközetek mindkét oldalon magukra vonták a közvélemény figyelmét. Az ászok sikerei, ahogy egyre gyakrabban titulálták az ötnél több légi győzelmet elért pilótákat, fontos helyet vívtak ki maguknak a korabeli lapokban. Ezért nem tekinthetünk attól, néhány "ász" nevét meg ne említsük. A német von Richthofen, Voss és Udet, a francia Guyenemer, Nungesser és Fonck, az angol Ball, Mannock és McCuden voltak a legismertebbek. A pilóták azon munkálkodtak, hogy az egyre fejlettebb gépek lehetőségeit maximálisan ki tudják használni. A háború kezdetét jellemző véletlenszerű találkozások alkalmával kialakult „lövöldözés”-ből a háború végére eljutottak a tervezett, csoportosan megvívott légi csatáig.

LÉGIHARC A KÉT VILÁGHÁBORÚ KÖZÖTT

A két világháború között a légierő önálló fegyvernemé fejlődött, és már elméletek is születtek a légierő alkalmazására, emellett az időszakot a repülőgépek óriási ütemű technikai fejlődése jellemezte. Ezt a fejlesztést a győztes országok nyíltan a vesztes országok, pedig titokban hajtották végre. A légierők fejlődéséből a harmincas évek közepére már látni lehetett, hogy az elkövetkező fegyveres küzdelmek során, szerepük jelentősen felértékelődik majd. A repülés fejlődésének köszönhetően már olyan hadi eszközök álltak rendelkezésre, amelyek alkalmazásának akár hadászati szintű kihatásai is lehetettek.

Az első világháborúban alkalmazott új fegyverek, mint a harckocsi, harcigáz és a repülőgép- a harcok megvívása során igen nagyszerephez jutottak. Ezért nem véletlen, hogy a két világháború között a katonai teoretikusok és más szakírók a légierő jövőbeni alkalmazásáról igen sokat vitatkoztak. Sok új elmélet látott napvilágot, nem egy olyan is, amit később a történelem nem igazolt.

Ezek közül a legismertebb Giulio Douhet³ olasz tüzértiszt elmélete, amit a „A légiuralom” című munkájában fejtett ki részletesen. Mielőtt azonban ezek az elméletek, és harceljárások kipróbálásra kerültek volna a második világháború-

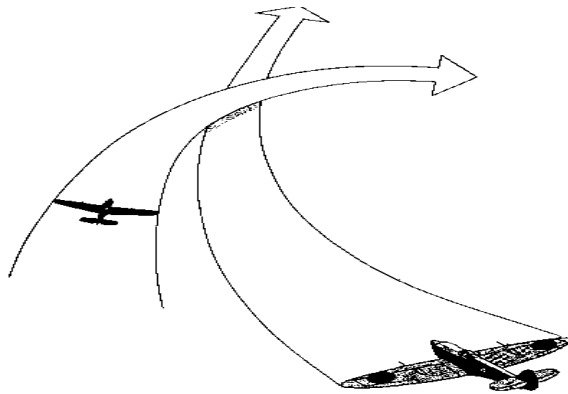
³ Később az olasz légierő parancsnoka.

ban, a németeknek lehetőségük volt az elképzeléseiket éles helyzetben kipróbálni, a spanyol polgárháborúban.

A légi harc új manőverei

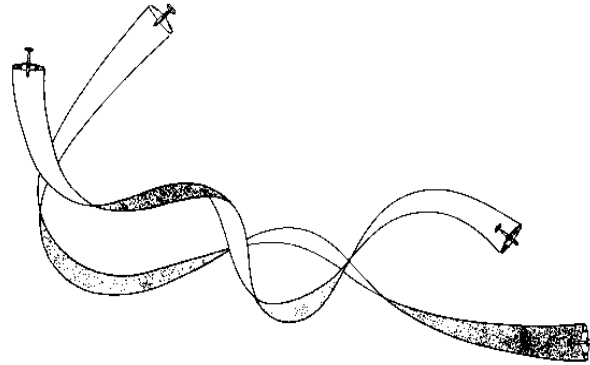
A legtöbb korabeli légierőhöz hasonlóan, a német vadászpilóták képzése is főként a vadász-vadász elleni harc alapvető manővereire korlátozódott. A kiképzésnél a fő hangsúlyt inkább a gyors, és éles fordulók elsajátítására helyezték, amellyel az ellenség mögé lehet kerülni. A támadásokat általában nagy magasságból, lehetőség szerint a nap irányából hajtották végre. Ha a támadó a cél megközelítése alatt észrevétlen tudott maradni és jól célzott, akkor a győzelemnek nagy volt a valószínűsége. Ha az első támadás nem járt sikerrel, a megtámadott észlelte a támadást, és kitérő manőverekbe kezdett.

A legalapvetőbb kitérő manőver a *kitörés* (2. ábra). Ekkor a megtámadott repülőgép intenzíven ráfordul a támadóra így a támadó csak a legritkább esetben tud teljesen a megtámadott mögé kerülni. Ez az éles forduló megnehezíti a támadó számára a pontos célzást és tüzelést. Ha a két repülőgép repülési tulajdonságai hasonlóak, és a sebességükben sincs nagy különbség, akkor klasszikus fordulóharc alakul ki. Ebben mindkettő a tüzzmegnyitási feltételek elérésére törekednek.



2. ábra. A kitörés manővere

Mivel az éles fordulók és a túlterhelés következtében veszítenek a sebességükből, ez a fordulóharc egy lefelé irányuló spirált eredményez. Ez csak akkor ér véget, ha a harcoló repülőgépek túlságosan közel kerülnek a földhöz, vagy egy harmadik gép közbeavatkozásával eldőlt a légi harc kimenetele. Egy másik alapvető manőver az *olló*. (3. ábra)



3. ábra. Az olló manővere

Mivel a támadó repülőgép arra törekszik, hogy minél hamarabb csökkentse a két gép közötti távolságot, általában nagyobb sebességgel fordul, és gyakran képtelen a belső íven maradni. Ennek az a következménye, hogy rendszerint kisodródik.

Ezzel esélyt ad a megtámadott gépnek arra, hogy az ellenség irányába fordulva átmenjen ellentámadásba. Ekkor a korábbi támadó is fordulóba kezd, hogy visszaszerezze az eredeti pozícióját. Ezeket a váltakozó irányú fordulókat, amikor mindkét repülőgép a másik mögé akar kerülni, nevezték ollónak. Ebben a manőverben az általában jobban manőverezhető repülőgép tudta megszerezni a győzelmet. Ha a támadó repülőgép túlrepült a megtámadott repülőgépen a következő lehetőségek közül választhatott:

- zuhanórepülésbe megy át és elmenekül;
- felhúzva a gép orrát az ismételt támadáshoz végrehajt egy Immelman-fordulót;
- felhúzva a gép orrát az emelkedés tetőpontján, bukóforduló végrehajtása után ismételt támadást haj végre zuhanásból.

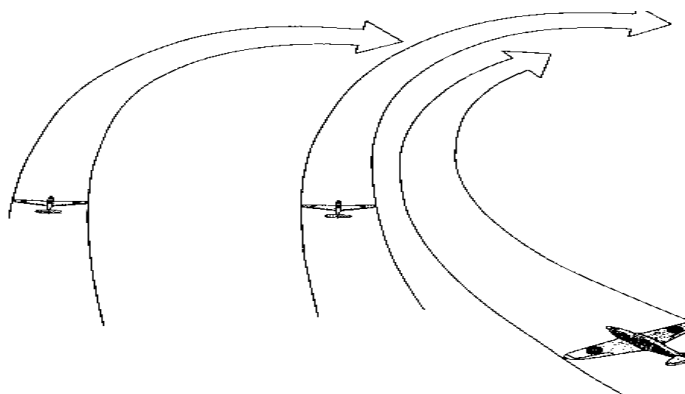
A második világháború kezdetén ezek voltak a legalapvetőbb manőverek, amelyek az önálló légi harc alapelemeit jelentették.

Kötélékek légi harcra

A két világháború között a légierők hatalmas növekedésen mentek keresztül. A volt szembenálló első világháborúból már rendelkeztek tapasztalatokkal a repülőgépek nagyobb mennyiségű alkalmazását illetően, ezért előtérbe került a kötelékben vívott légharc problematikája. Az új elméletek kimunkálásában a német Luftwaffe mesterpilótái jártak az élen. Még a második világháború kirobbanása előtt sokuknak megadatott a lehetőség, hogy ezeket az elméleteket a gyakorlatban ki is próbálják a spanyol polgárháborúban. Az itt szerzett harci tapasztalatokat nagyon jól kamatoztatták a Luftwaffe pilótái a II. világháború kezdetén.

Az első világháborúban alkalmazott három vadászgépből álló kötelékszervezésről áttértek a géppár és raj szervezeti felépítésre, ahol a rajt két géppár alkotta. Kiderült, hogy a feladat végrehajtása során a géppár sokkal nagyobb rugalmasságot tesz lehetővé, mint a háromgépes kötelék. A gépekbe beépített rádió elterjedése lehetővé tette a lazább kötelék-felépítést. Kevesebb figyelmet kellett fordítani a vezérgép vizuális jelzéseire, így a gépek nagyobb távolságra szakadhattak el egymástól. A kísérletek és a hibák elemzéséből kiderült, hogy a repülési sebességtartomány figyelembe vételével a repülőgépek közötti optimális távolság, vonal harcrendben megközelítőleg 20 méter. Így repülve, a kísérőnek a vezérgép figyelésén kívül lehetősége nyílt a vezér mögötti és alatti légtér figyelésére, ezért a kötelék rugalmasabbá egyszersmind hatékonyabbá vált.

Ha a géppár egyik repülőgépét támadás érte és kifordult, a másik kísérőként azonnal követte. Ha a támadó követte a kiszemelt célpontot a megtámadott gép kísérője a támadó mögé tudott kerülni, és így közrefogták a támadó gépet. Ezt a manővert *szendvicsnek* hívták (4. ábra).



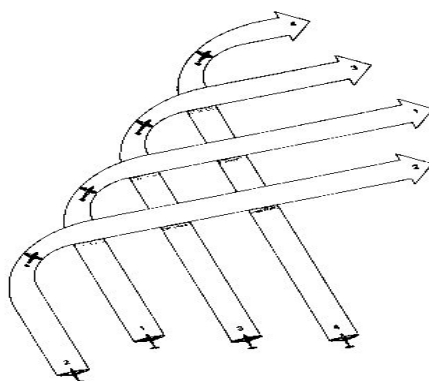
4. ábra. A szendvics manővere

Ha a vezérgép támadásba kezdett, a kísérője hátra maradt és fedezte a hátsó légtérből. A vezér így teljes mértékben a támadásra tudott összpontosítani, mivel nem kellett félnie a hátsó légtérből fenyegető meglepetésszerű támadástól.

Werner Mölders, német mesterpilóta dolgozta ki a géppár-raj alapszisztémát, s addig finomította, amíg egy pusztítóan hatékony köteléket nem kapott. Első változatásként a kísérőt a vezérgéptől kissé hátrább és fölötte helyezte el. A rajt (Schwarm) alkotó második géppár (Rotte) még ennél is hátrébb repült. Így született meg a klasszikussá vált „négy ujj” kötelék, amelyben a repülőgépek olyan alakzatot vettek fel, mint egy kinyújtott kéz ujjai. A további finomítás során a rajt alkotó párokat úgy rendezték el, hogy a második géppár magasabban, lehetőleg a nap felőli oldalon repüljön. Az így megnövelt nagyobb táv-és térközzel történő repülés, amely egy raj esetében elérte az 550 m szélességet, felszínre hozott egy másik problémát. Mégpedig azt, hogy a hagyományos módszerrel végrehajtott forduló közben a

legkülső íven repülőgép még maximális repülési sebesség esetén is lemaradt. A belső körön repülő repülőgép pedig közel került az átesési sebességhez, ami veszélyessé tette a manőver végrehajtását. Mölders a *keresztező forduló* alkalmazásával oldotta meg a problémát, igaz, fellelhetők olyan források is, amelyek nem Möldersnek tulajdonítják ezt a manővert. Például a Királyi Légierőnél (RAF) már 1918-ban ismert volt és az 1922-es RAF kiképzési kézikönyvben megtalálható a végrehajtás pontos leírása. Valószínű, hogy a húszas évek elején alkalmazott kis tér- és távközzel végzett zárt kötélekrepülés miatt veszélyesnek ítélték, és nem alkalmazták. Csak a Condor légió által alkalmazott laza kötélekrepülés tette lehetővé a manőver biztonságos végrehajtását.

A *keresztező-forduló* (5. ábra) gyakorlati végrehajtása a következőképpen zajlott: A vezérgép, fordulót elrendelő parancsára a forduló irányához viszonyítva külső körön repülő repülőgép azonnal a kiadott irányra fordult, így a vezére mögé és kissé fölé került. A sorban következő repülőgép kicsit később követte, és így tovább, mindaddig, amíg a raj összes gépe azonos irányon repült.



5. ábra. A keresztező forduló

Ez a módszer nagyon gyors irányváltoztatást tett lehetővé anélkül, hogy a kötélek gépei között nagy sebesség különbségek alakultak volna ki. Az előzőekben felvázolt térköz szinte minimálisra csökkentette a gépek összeütközésének veszélyét, valamint az egész manőver alatt biztosította egymás kölcsönös fedezését. A következő kérdés, amelyre szintén még a spanyol polgárháborúban sikerült a választ megtalálni az erők összpontosításának a kérdése volt. Hogyan lehet nagy mennyiségű repülőgépet szervezetten harcba vetni? A probléma megoldására három rajból (Schwarmból) álló kötéleket alkalmaztak, amelyek egymás mellett, vonalban, a nap irányából lépcsőzve, vagy egymás mögött repültek. Ezeket a három rajból álló kötéleket a németek Staffel-nek nevezték.

A Condor légió spanyol polgárháborúban való részvételével a német vadász-repülő-harcászat olyan szintre fejlődött, hogy a küszöbön álló háborúban már csak finomítani kellett rajta.

A LÉGIHARC FEJLŐDÉSE A MÁSODIK VILÁGHÁBORÚBAN

A szövetségeseknek a korábbi tapasztalatokért súlyos árat kellett fizetniük. A britek az angliai légi csata megkezdésekor még mindig az első világháborúban bevált háromgépes zárt köteléket, a wick-et alkalmazták. A RAF vadászrepülőinek taktikája nem volt olyan kidolgozott, mint a német hasonló kötelékeié. A tipikus századköteléket két repülőrajra osztott 12 gép alkotta, amelyek mindegyike két, három kisebb egységből épült fel.

Volt azonban az angoloknak egy rendkívüli előnyük, mégpedig a radar és az ehhez társuló vadászirányító rendszer. Ez a rendszer a légi harc fejlődésének egy új dimenzióját nyitotta meg. Az irányító pontnak folyamatos információja volt a légi ellenség helyzetéről és így az erők célszerű elosztásának elvét maximálisan figyelembe véve tudták a rendelkezésre álló vadászrepülő kötelékeket harcba vetni. A brit vadászokat ennek a rendszernek a segítségével vezették a felszállástól kezdve a kedvező támadó pozíció eléréséig a német kötelékek ellen. A légi harc döntő eleme: elsőnek megpillantani, felderíteni az ellenséget. A vadász-vadász párharc megkezdésekor is döntő az ellenfél korai felderítése, azután a legkedvezőbb támadási helyzet felvétele, mielőtt az ellenfélnek sikerülne ugyanez.

Az angliai csata elején elszenvedett veszteségek elemzése alapján későbbiekben lemásolták a német kötelékek felépítést. A géppár-raj harcrend a megnövelt és lépcsőzött harcrenddel párosulva, a lokátorokon alapuló vadászirányítási rendszer támogatásával biztosította azt, hogy a RAF szinte egy pillanatra sem engedte át a légteret az ellenségnek.

Az 1941-ben megtámadott Szovjetunió légierijének a légi harc taktikája fejletlenebb volt, mint a támadó németeké. A szovjet repülők harcrendjét a háború kezdetén a három repülőgépből álló raj (zvena) képezte, amely zárt kötelékben, magassági lépcsőzöttség nélkül repült.

Mivel a spanyol polgárháborút megjárt szovjet pilóták nagy része áldozatul esett a Sztálini tisztogatásoknak, így a polgárháború tapasztalatai nem épülhettek be a légierő taktikájába.

A szovjet pilóták hamarosan a saját bőrükön tapasztalhatták, hogy ez a harcrend korlátozza a manőverezési lehetőségeiket, és nem biztosítja a gépek kölcsönös védelmét. Védelmi harcban a szovjet vadász- és csatarepülők teljes kört, ún. gyűrűharcrendet alakítottak ki, amelyben az egyik repülőgép a másikat biztosította. Az ilyen passzív védekezés azonban a főlényben lévő német repülőgépekkel szemben nem jelentett kellő védelmet. A harcrend másik nagy hátránya az volt, hogy nagy

létszámú szovjet kötelékeket kisebb létszámú német kötelék is le tudott kötni. A háború első hónapjaiban elszenvedett vereségekből levont következtetések alapján a szovjet vadászrepülők is a szélességében és mélységében tagolt harcrendre tértek át. A harcrend alapját ettől kezdve a három gépből álló raj helyett, a két gépből álló géppár képezte. A raj 1942 szeptemberétől négy repülőgépből állt.

A légifőlény kivívásáért folytatott harcban, bombázógépek kíséretkor a vadászgépeket magasságban lépcsőzve, csapásmérő és közvetlen biztosító csoportokra osztva alkalmazták. Ha a géplétszám biztosította tartalék csoportot is képeztek. A harcrendben bekövetkezett változtatások és a nagy teljesítményű repülőgépekbe épített új rádiók segítségével megvalósuló szilárd vezetés azt eredményezte, hogy a szárazföldi csapatok ellentámadásai során a szovjet légierő már maradéktalanul el tudta látni a feladatait.

A második világháború légiharcait a nagy kötelékek összecsapásai jellemezték. Ezek a hatalmas kötelékek szélességben és mélységben erősen tagoltak voltak. Összetételük immár nagyobb a hatékonyság érdekében nem egynemű, hanem vegyes volt. Kialakult a legkisebb harcászati-tűzalegység, a géppár. A háború végén megjelentek az első gázturbinás vadászrepülőgépek, ezek azonban nem tudtak hatást gyakorolni a háború kimenetelére, és a légi harc elveiben nem okoztak ugrásszerű változást.

ÖSSZEGZÉS

A légi harc soha nem látott változáson ment keresztül, miután az első vadászrepülőgépek megjelentek. A feladat, a légi ellenség leküzdése változatlan maradt, csupán a módszerek alakultak minduntalan, ahogy azt a körülmények diktálták. Kezdetben a repülőeszközök és fegyvereik alkalmazási lehetőségei hatottak leginkább a légi harcok kimenetelére. Később az alkalmazási elvek és a légierő, mint fegyvernem kialakulásával a szervezeti tényezők is felzárkóztak ebbe a sorba. A második világháború végére kialakultak a modern légerő alapjai, azok minden kellékével. Bár a mai légierők már egyre kevésbé hasonlítanak a régiekre, néhány alkalmazási elv a mai napig megállja a helyét. A légi harc ugyan nagyot változott, de kezdeményező jellegéből mit sem veszített a hosszú évek alatt.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] DEIGHTON, Len: Vadászrepülők. Zrínyi Katonai Kiadó, 1983.
- [2] GROEHLER, Olaf: A légi háborúk története 1910–1980. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1983.
- [3] HORVÁTH Árpád: A hadirepülés évszázada, Zrínyi Katonai Kiadó, 1968.
- [4] MESSENGER, Charles: A háború évszázada. Alexandra Kiadó, Pécs, 1995.
- [5] Repülési lexikon I-II. kötet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991.
- [6] SOICK, Mike: A Luftwaffe ászai. Hajja és Fiai, Debrecen, 1998.
- [7] TURNER, John Frayn: Az angliai csata. Hajja és Fiai, Debrecen, 1999.

Dr. Szekeres István

A LÉGIERŐ REPÜLŐCSAPATAI HARC ALKALMAZÁSÁNAK FEJLŐDÉSE II. RÉSZ (1917–18)

A VILÁGHÁBORÚ MÁSODIK RÉSZÉ

Az 1917-es évben a háború az „anyagcsata jegyében” tovább folytatódott. Azal, hogy a Keleti Fronton, pontosabban Oroszországban szocialista forradalom robbant ki, az amerikai csapatok partra szálltak Franciaországban, jelentős politikai, katonapolitikai események következtek be — azok lényeges hatást gyakoroltak a háború további menetére. Megállapítható, hogy a hadászati-, a hadműveleti- és a harcászati célkitűzések, alkalmazási módok és módszerek, harcászati fogások jelentős változásokon estek keresztül.

A korszerű hadviselés kezdete

Az 1917. március hónapban megkezdődött tüzérségi tűzfelderítő és közvetlen légi felderítő tevékenységek (mint a támadó hadműveletek előkészítésének új elemei) eredménye az április 16-án megindított francia támadás volt Reims-nél az angol hadsereg harcbiztosítása mellett. Az angolok Arras-nál támadtak, ugyanakkor biztosították az amerikai csapatok partraszállását is Franciaország Északi részén.

Az Amerikai Egyesült Államok az Antant-hatalmak oldalán 1917. április 06-án belépett a háborúba. Ez időtől havonta 50 000, ősszel 100 000, majd 1918-ban 300 000 katona (összesen 1-1,1 millió fő) szállt partra Európában a szövetségesek támogatása és a végső győzelem kivívása érdekében.

A további hadműveletek a Verdun és a Somme folyó körzeteire támaszkodva a „Nivelle-i csatán”, az „Aisne-Champaque-i egyidejű kettős csatán” át a november 20-tól megindított, a harckocsik tömeges alkalmazásával első ízben végrehajtott flandriai (cambrai) hadműveletig terjedtek.

Az általános haditevékenységekben 1917. november 26. jelentős dátum a harckocsik tüzérségi tüzelőkészítés nélkül, de légi előkészítéssel egybekötött bevetésére, amelyben az angol 3. hadsereg három harckocsi dandárának (378 tank), két gyalog hadtestének, három lovas hadosztályának 15 km-es sávszélességben történő bevetései — 250 vadász- és bombázó repülőgép egyidejű bevetésének támogatásával — az ellenség teljes megsemmisülésének rémét vetítette

előre. Az első lépcsőben támadó 204 harckocsit a második lépcsőben szétbontakozott 138 harckocsi támogatta tüzérségi tűzhenger (1150 löveg által mért folyamatos tűzcsapás) fedezete mellett. A repülő kötelékek a támadók előtt folyamatosan őrzéskorban álltak, és géppuska-géppágyú tüzellel árasztották el az ellenséges állásokat, a tüzérséget. Az áttörés kiszélesítését, a német csapatok teljes szétverését még sem sikerült elérni. Az Antant-hatalmak a váratlan sikerre egyáltalán nem készültek fel, a nyitott réseken történő „áthaladásra” a csapatokat nem készítették fel. A támadó harckocsi csoportosításoknál a közben újra éledő ellenség golyószóró- és géppuskatűzzel a harckocsik mögött viszonylag lassan haladó (a harckocsik gyors mozgását követni már nem tudó) gyalogságot leválasztotta, a csoportosítások ezért megálltak. A friss erők napokig történő bevetéseinek elmulasztása végül is a németeknek kedvezett, akik előbb „eszméltek fel”, és „betömve a réseket”, az eredeti helyzetet visszaállították.

December végére ezen a fronton a további hadműveletek be is fejeződtek, a veszteségek ismét nagyok voltak (franciák: 200 000 fő; amerikaiak: 120 000 fő; angolok: 550 000 fő; németek: 520 000 fő).

A Keleti Fronton a Központi-hatalmak részére a hadműveleti helyzet 1917. végére kedvezővé vált. Ennek okai között kell számon tartani a június 27-i nagy orosz támadó hadművelet teljes kudarcát, amelynek következtében az orosz csapatok kénytelenek voltak részlegesen kiüríteni Bukovinát és Galíciát (a veszteségük elérte az 1 millió 200 000 főt!). Továbbá kitört a szovjet szocialista forradalom. Az említettek eredménye az lett, hogy év végére az orosz frontszakaszról (miután a Központi-hatalmak és a szovjet kormány között megkezdődtek — jelentős szovjetengedmények felajánlásáról — a béketárgyalások Breszt-Litovszk-ban) jelentős erőket lehetett elvonni s átirányítani a Nyugati Frontra.

A Déli Frontszakaszon a „monarchia” erői által felújított általános támadás az olasz védelem áttörését, a hadműveleti mélységbe történő kijutást eredményezte (első ízben), de a hadvezetés tétlensége, az együttműködés rossz szervezése miatt a hadseregek csapatai keresztezték egymás útvonalait, összekeveredtek, „egymásba futottak”, a vezetés és irányítás teljes csődje miatt a támadás leállt. A kedvező hadszíntéri helyzet kihasználása itt is kudarcot vallott. Pedig a repülőcsapatok harci alkalmazása számtalan új elemmel gazdagodott, amelyet kitűnően fel lehetett volna használni.

Támadás előtt például a meglepetés (a meglepés) hadműveleti és harcászati szintű fokozása érdekében ugyanis a repülők részére rádió- és jelzési-, valamint felszállási tilalmat rendeltek el. Ennek eredménye az lett, hogy a repülő századok a „szervezetszerű” légicsapásokkal a támadókat rendkívül eredményesen támogatták, nagyon sok védelmi állást, tüzérségi csoportosítást semmisítettek meg. A csapatok az „összekeveredésig” szinte akadálytalanul törhettek előre...

Összességében megállapítható: az 1917-es év a hihetetlen méretű veszteségek elszívása mellett a hadiipar megerősödéséhez, a tömeggyártás nagyságrendekkel történő „felpörgetéséhez”, új fegyvernemek (harckocsi ill. páncélos csapatok, felderítő-, vadászrepülő-, bombázó repülő csapatok) és szakcsapatok (veggyvédelmi csapatok, hadtáp csapatok) kialakulásához, alkalmazásához vezetett.

A háború befejezése

A fejlett európai államok hadianyaggyártása valójában az I. világháború alatt indult rohamos fejlődésnek. 1918-ig a haditevékenységekben a fő pusztítófegyver a géppuska és a tüzérségi löveg volt. Viszont a szárazföldi csapatok hadászati, harcászati fejlődése ellenére (Clausewitz „tanításainak felhasználása” ellenére...) bebizonyosodott, hogy szuronyrohammal, lovassággal, gyalogsággal a kialakult állóháborút nem lehet (az említett haditechnikai eszközök tömeges rendszeresítése miatt) „mozgóháborúvá” változtatni. Új haditechnikai eszköz (eszközök) tömeges rendszeresítésére az igény egyre sürgetőbben jelentkezett.

Az angolok a kutatómunkáik, a technikai fejlesztéseik eredményeképpen, a katonai harci repülőgépek egyre növekvő pusztítóképesége mellett az általuk (egyszerű traktorból) kifejlesztett tankban (harckocsiban) látták az ellenség fő védelmi vonala áttörésének a legfontosabb eszközét. Ezért a — már meglévő, nagy hagyományokkal rendelkező — fejlett fegyvergyárak bázisára alapozva a tank intenzív fejlesztésébe (továbbfejlesztésébe), sorozatgyártásába kezdtek (hasonlóan a franciák is — 1918. végére már 1000 nehéz és 3000 könnyű, Renault típusú harckocsival rendelkeztek), azokat jelentős mennyiségben rendszeresítették a szárazföldi csapataiknál.

Miután a Központi-hatalmak és a szovjet kormány között 1918. március 03-án végleg befejeződtek a béketárgyalások (breszti békekötés), az osztrák-magyar csapatok bevonultak Ukrajnába, a német csapatokkal együtt megszállták a Baltikumot, az orosz front összeomlásával jelentős erő szabadult fel. A német csapatoknak a Keleti Frontról a Nyugati Frontra történő átcsoportosításaival a német hadvezetés úgy értékelte a stratégiai helyzetet, hogy remény nyílt arra, hogy Németország vezetésével a teljes győzelmet a „központi szövetségesek” kivívják, a háborút befejezzék. Stratégiai és doktrinális szempontból viszont az elemzéseket nem végezték el, nem vették figyelembe az alkalmazási elvek és módszerek megváltozását, az új fegyvernemek (harckocsi csapatok, repülőcsapatok) harci hatékonyságát és a harctevékenységekre gyakorolt hatását. Továbbá azt sem, hogy a hadiipar teljesítőképesége az antant oldalán nagyságrendekkel megnövekedett, viszont az új haditechnikai eszközök vonatkozásában a Központi-hatalmak országai — a koncentrációtól függetlenül — 1918-ra reménytelenül lemaradtak. A helytelenül végrehajtott háborús tapasztalatok feldolgozása, a

következtetések téves alapon történő levonása oda vezetett, hogy Németország vezetésével a Központi-hatalmak 1918. elején „mindent elsöprő” általános hadászati támadásra szánták el magukat.

A német (öt nagyerejű) támadás 1918. március 21-én Arras térségből indult (5 órás tüzérségi tüzelőkészítés után) 62 hadosztály, 6400 löveg, 1200 repülőgép csoportosításával, de a jelentős „friss tartalékok” ellenére az április első hetére kifulladt. A német vezérkar — Ludendorff tábornok vezetésével — nem hitt a tényeknek, ismételten hamis következtetéseket vont le, a „megállított” csapatok részére más-más arcvonal szakaszokon újra és újra a támadások felújítására és folytatására adott parancsokat. Sőt, a közben felmorzsolódott hadosztályok „átcsoportosításaival” (bár azok már csak „papíron léteztek”) még Párizs elfoglalására is készítettek haditerveket. A németeknek bár 50–60 km-es tényterést sikerült elérni, a támadások már július közepén elakadtak. Ehhez jelentősen hozzájárult a szövetségesek egységes parancsnoksága alatt végrehajtott „ellen-offenzíva” Marne térségében, melyben az amerikai főerők jelentős német erőket kötöttek le. A felújított német hadműveletek augusztus elejére végleg kifulladtak.

A szövetségesek a Marne folyó vonalában szabadon tudtak manőverezni a tartalékokkal, egyre erősebb amerikai csapatok érkeztek be, sikerült még a német támadások alatt jelentős hadianyag mennyiséggel ellátni a csapataikat augusztus elejére. Sikerült jelentős repülő és harckocsizó erőket kikülöníteni Amiens térségében, amelyben a páncélos csoportosításnak elsődleges szerepet szántak.

Az „antant támadása” az amiensi terepszakaszcól indult 1918. augusztus 8-án, amely a későbbiekben szinte valamennyi frontszakaszon (az olasz hadszíntéren Piave-nál október 24-én kezdődik a támadás) általános támadássá nőtte ki magát. Az összevont, két lépcsőben támadó harckocsi dandárokat (első lépcsőben 192 nehéz harckocsi, a második lépcsőben 136 nehéz és 108 könnyű harckocsi, 36 harckocsi tartalékként kikülönítve) a 15 km-es áttörési szakaszon az első lépcsőben, fő irányban 8 angol gyalog-, a második lépcsőben 3 angol gyalog hadosztály, három lovas hadosztály, 420 bombázó repülőgép támogatta. Másik irányban a franciák két hadteste 12 km-es áttörési szakaszon bevetve (7 hadosztály, 90 harckocsi, 600 löveg, 180–200 bombázó repülőgép) indított támadó hadműveletet, miután a német csapatokat több héten keresztül — korábban a védelmi terepszakaszokon elvéreztette. Az összességében, közel 2000 löveg, 1200 repülőgép (a közvetlen támadásban 17 bombázó repülőraj) egy-egy parancsnokság alatt történő tervszerű alkalmazásával a német védelmi állások, terepszakaszok (megerősített, jól kiépített állások), tüzér- és tartalékcsoportosítások (raktárak), csapatösszevonások „módszeres” pusztítása először vált valóra. Végül is a több mint 30 km széles arcvonalon áttört német védelem további „szélesítése” óráról-órára, napról-napra terjedt. Az antant csapatok négy nap

alatt 60 km-t vettek birtokba, amikor szeptember végére elérték, hogy Franciaország valamennyi területére végleg felszabaduljon (a Központi hatalmak vesztesége ez ideig elérte az 1 200 000 főt). Októberben a légitámadások fokozásával, a tartalékok bevetésével jelentős német területek kerültek „megszállás alá”, míg végül november elejére szabad és nyílt út vezetett a Berlin irányába megkezdhető támadó hadművelet végrehajtásához. Ludendorff tábornok (1865–1937) a front teljes összeomlását látva rövidesen benyújtotta drámai memorandumát a kormányának, amelyben azonnali, feltételek nélküli fegyverletételt javasolt. (Később nyíltan is elismerte, hogy elsősorban a tankok elleni kudarc készítette őt a kapituláció elfogadására.)

A Déli Frontszakaszon az Antant-hatalmak támadása szintén eredményes, átörlik az osztrák-magyar védelmi vonalakat (az olasz, francia, angol hadsereg erői átkelnek a Piave-n...), befejezik a vittórió–venetói támadó hadműveletet, a front összeomlik. Az Osztrák–Magyar Monarchia nevében Victor Weber (a Déli Front főparancsnoka) Padovában, 1918. november 03-án aláírja a kapitulációs okmányokat. Azzal, hogy a franciaországi Compiègne-ben 1918. november 11-én Németország képviselői is aláírják a feltételek nélküli megadásról szóló okmányokat, a világháború befejeződik.

A légierő és repülőtechnikai eszközei

Németországban 1917. elején felállították a Német Repülő-felügyelőséget a repülőgép és a repülőgépmotorok gyártási programjának összehangolására, központi irányítására. Ezzel a repülőgépiparban végrehajtották a termelés és a tőke koncentrációját. Így történhetett, hogy viszonylag rövid idő alatt (1917. elejére) a repülőcsapatokat sikerült a németeknek új repülőgépekkel ellátni. De még sem sikerült az angol-francia termelést utolérni - főleg a felderítőrepülőgépek, a nehéz-bombázórepülőgépek és a vadászrepülőgépek építésére koncentrálták erőfeszítésüket.

A nyugati szövetségesek (Anglia, Franciaország) töretlenül haladtak az általuk meghatározott úton. A repülőcsapatoknak — főleg Verdun és a Somme folyó feletti légterekben — a szárazföldi csapatok légi támogatását jelölték meg fő harc feladatként, ezért az alacsonyan támadó könnyű bombázó repülőgépeiket is fejlesztették; kidolgozták az alacsonyan támadó ún. munkarepülőgépek harcászatiát. Ezt a harc feladatot, mivel alkalmas repülőgép kezdetben nem volt, a kis harcászati hatósugárral rendelkező elavult vadászrepülőgépek látták el... Gyakran alkalmaztak új harcászati fogásokat: vadászrepülőgépek tömeges bevetésével megtisztították a légtereket, a „munkarepülőgépek” pedig földközeli repüléssel közelítették célpontjaikhoz; gépágyú ill. géppuskatűzzel, valamint 5-9-10 kg-os bombák légi-

csapásaival pusztították a meghatározott irányokban vagy a harctereken (a lövészárkokban) az ellenséget.

A németek a vadászrepülő csapataik ismételt átszervezésével (1917. elején) felállították a négy századból álló vadászrepülő csoportokat, így a hadseregparancsnokok ezzel az erővel szervezetszerűen rendelkezettek.

A repülőgépek teljesítményét fokozni tudták, de szárazföldi csapataik légi támogatását elhanyagolták. A bombázórepülőgépek harcászati és hadműveleti alkalmazására sem fordítottak kellő figyelmet, az is háttérbe szorult. Tovább erőltették a nehézbombázók gyártását. A repülőharcászat elméletének kidolgozásával, a repülőcsapatok „egy kézben” történő összpontosításával is adósak maradtak. Viszont sikerült vadászrepülőgépeik pusztítókéességét növelni, ennek harcászatiát kidolgozni, újabb és újabb típusokat kibocsátani.

Az Albatros-D. II-V. gyors továbbfejlesztésének eredménye az Albatros-D. III. vadászrepülőgép lett, amely 160 LE-s, hathengeres soros-motort kapott ugyan, sebessége azonban maradt 165 km/h. Viszont emelkedőképessége főleg 1000 m fölött tűnt ki — képes volt 25 perc alatt 5000 m-re emelkedni. Nehéz vadászrepülőgépnek számított, megbízhatósága rendkívül jó volt. Az „antant” 110—130 LE-s motorokkal ellátott vadászrepülőgépei a légi harcokban néhány hónapig alulmaradtak.

Az angolok újra módosítottak, a Sopwith háromfedelű vadászrepülőgép sorozatgyártására tértek át, amely igen gyors emelkedőképességével a nehéz Albatros fölé tudott kerülni. Fordulékonyasága pedig „egyenesen lenyűgöző” volt. A légi harcokból rendszerint az angol pilóták kerültek ki győztesen - a légifölényt a szövetségesek 1917-ben újra kivívták.

1917. végére tehát a szövetségesek légifölénye stabilizálódott. Bár a németek még ez évben megjelentek a Fokker DR-I háromfedelű vadászrepülőgéppel, majd a szövetségesek által is kiválónak tartott D-VII és D-VIII vadászrepülőgépekkel, Németország technikailag egyre jobban lemaradt. A szövetségesek már ebben az évben 300 LE-s motorokat kezdtek el gyártani — repülőgépeik egyre tökéletesedtek, azok hatótávolsága nőtt, 1918-ra megjelentek az első optikai célzókészülékek a vadászrepülőgépeiken, a tüzérfegyverek lőtávolsága és pontossága növekedett. Az angolok a sebességet, gyorsaságot a légi harcokban már egyre inkább értékelték.

1918. elejétől kezdve a német repülőcsapatok súlyos helyzetbe kerültek. A légifölény tartósan és szilárdan a szövetségeseké lett. Bizonyára ez is hozzá segített az utóbbiakat ahhoz, hogy külön-külön kidolgozhassák a repülőcsapatok (a repülő fegyvernemek) harci alkalmazási elveit. A repülőcsapatokat ismét átszervezve fokozatosan összpontosították az erőket, s Angliában 1918. elején létrehozták a légierő-parancsnokság „elemeit” (még 1912-ben felállításra került a Royal Flying Corps, a Királyi Repülő Hadtest, majd a Királyi Tengerészeti

Repülő Szolgálat), amelyet 1918. április 01-én a Royal Air Force, a RAF (az angol Királyi Légierő) megalakulása követett. A franciák is felállították az első repülő hadosztályt, majd a légierő haderőnemi parancsnokságot (1918. július 01.). Ez által a repülők egyre inkább a katonai felső vezetés tervei szerint kerültek alkalmazásra — jelentősen növekedett a szárazföldi csapatok érdekében végzett légi tevékenységek eredményessége. Ennek a hatására indult meg — lényegében — a már meglévő repülő fegyvernemek haderőnemmé történő szervezése a többi országban is, amely nehezen ugyan, de a két világháború között, illetve az amerikaiknál a II. világháború után, 1947. őszén végül is megvalósult. (1918–1926. között „Army Air Service — AAS”; 1926–1947. között „Army Air Corps — AAC”; 1947. szeptember 18-án az 1947. évi Nemzetbiztonsági Törvény alapján: United States Air Force — USAF.)

1918. március és június között Ham, Noyon, Amiens körzetében a repülőgépek százai folytattak már légiharcot. Márciusban csupán a piccardiai támadásnál a németek 1600–2000, a szövetségesek 2000–2100 repülőgépet vetettek be. A bombázókat már egyre gyakrabban vadászrepülőgépekkel oltalmazták. Az ellenséges repülőgépeket légiharcokban, és ritkán ugyan, de a repülőtereken is pusztították az 50–80 km-es harcászati mélységben. A levegőben folyó harctevékenységek a légi ütközetek formáját kezdték „öltetni”, azok bizonyos értelemben már hadműveleti-harcászati méretűvé váltak. Azonban az egységes elgondolás, vagy a tervszerűség még gyakran hiányzott... Csupán ritkán létesítettek kapcsolatot a különböző hadseregek repülő szervezetei között, a légi tevékenységek „összehangolására” ebben az időben még nem fordítottak kellő figyelmet. Kivételt képez az „amiensi áttörés” támadó hadművelete, amelyben az együttműködés először valósult meg a „szerény követelményeknek” megfelelően...

1918. közepére az angol és francia vadászrepülőgépek sebessége 200 km/h fölé nőtt, a bombázó repülőgépek teherbíró képessége elérte az 500 kg-ot, a repülési magasság 5000–6000 m-re növekedett, a repülőgépmotorok teljesítménye általánosságban a 350–480 LE-t elérte. A repülőgépek rendszerint két-három beépített tüzérfegyverrel már rendelkeztek. Az antant-hatalmak számbeli és technikai fölénye egyre nyilvánvalóbbá vált. A repülésben bár az aviatika átvette a főszerepet, a háború befejeződött.

Az I. világháború befejezése után a résztvevő országok a légierőiket radikálisan, a veszteséket abszolút mértékben visszafejlesztették.

ÖSSZEGZÉSEK, KÖVETKEZTETÉSEK

Az I. világháború előtt, elsősorban az európai tagállamok az addig legyártott repülőgépeket is bevonták a katonai feladatok végrehajtásába. A sikerek arra

készítették a katonai vezetőket, hogy azok alkalmazásáról a jövőben ne mondjanak le. A repülőgépek tökéletesedése lehetővé tette a pusztítóképeség folyamatos fenntartását és növelését.

A repülő fegyvernemek kialakulása

A kísérő repülők már az I. világháború előtt bizonyították létjogosultságukat. Bár a szerepük és a jelentőségük fokozatosan nőtt, az új repülőtechnikai eszközökkel történő ellátásuk még sokáig nem valósulhatott meg. Rendszerint azokat a repülőgép típusokat rendszeresítették a repülő szervezeteiknél, amelyeket más fegyvernemek a korszerűtlenségük miatt „kiselejtettek”. Viszont azokat felújítva, átalakítva jól hasznosították.

A feladataikat a szárazföldi csapatok alárendeltségében oldották meg. A légi-erő megalakulásakor (1918-ban) bár egy-két repülő osztag át/alárendelésre került, többségük továbbra is a szárazföldi hadtestek, hadseregek szervezeteiben maradt. Az már a történelmi fejlődés eredménye, hogy ma már szinte valamilyen haderőnemnél megtalálhatóak, hiszen szerteágazó „szolgáltatásaikat” egyik haderőnem sem nélkülözheti.

A kísérő repülőket az I. világháborúban rendszerint tábori postaszolgálat ellátására, parancsok, küldemények továbbítására, futár feladatokra („fontos személyek” szállítására...), tüzérségi tűz levegőből történő megfigyelésére (később helyesbítésére), időjárás felderítésre stb. alkalmazták. Egy-, két-személyes könnyű repülőgépekkel lettek „ellátva”, a repülő szervezeteik rendszerint a raj, a század, ritkán az osztály volt.

A szállítórepülők fejlődésére és fejlesztésére az I. világháború alatt (ha egyáltalán minősíteni lehet) nem fordítottak különösebb figyelmet. Azokat általában rajokba, osztagokba szervezték az elavult bombázórepülőgépek átalakításával. Bár az I. világháború vége felé a fejlesztésük meggyorsult (szállítórepülő csoport, osztály szervezeteket is létrehoztak), szerepük és jelentőségük csupán a két világháború között nőtt „ugrásszerűen”, akkor is elsősorban a polgári légi közlekedés megindulásával és hatására.

Az I. világháborúban a szállítórepülőket a sebesültek hátra szállítására, postai küldemények továbbítására, élelmiszer utánszállítására, kismértékben az élőerő pótlásába vonták be. A légi szállítási feladatok „értéke” a repülőtechnika korszerűtlensége, a szállítási kapacitás feltételeinek hiánya miatt nem volt számottevő.

A felderítő repülőknél a harc feladatokat — jelentőségüket tekintve — differenciálták. Megkezdték a közel- és távfelderítő alegységek szervezését. A harctér megfigyelését, az ellenség lövészárkainak, támpontjainak, a tüzérségi lövegek állásainak felderítését, lefényképezését a közelfelderítő repülőgépek (esetenként géppárok) végezték a lecserélt, már elavult (részben átalakított)

repülőgépekkel. Azokat néha vadászrepülőgépekkel (főleg 1917. elejétől) kísérték (oltalmazták).

A távolfelderítő repülőrendszerint egyes gépekkel repültek be az ellenség harcászati mélységébe — oltalmazás nélkül. Ezért részükre gyakran létszükségletté vált a nagy sebesség és a csúcsmagasságon történő repülés — csak így nyílt reményük arra, hogy az ellenség vadászrepülőgépei elöl elmanőverezhessenek. Az említett „meggondolások (okok)” miatt kezdetben a távolfelderítő repülőgépekre tüzerfegyvereket nem is szereltek. Viszont alkalmanként a hadművelési mélységbe történő rejtett kirepülés, majd felderítés végrehajtása után a meglepetésszerű pusztítás céljából kistömegű (5–10 kg-os) bombákat is függesztettek a repülőgépekre (természetesen, ezek csupán kísérleti jellegű „megoldások” voltak). 1917-től már a vadászrepülőgéphez hasonlóan új repülőgép típusokkal látták el a szervezeteiket, azzal a különbséggel, hogy védő fegyverek helyett beépített optikai berendezéseket szereltek a repülőgépekre, a légi felvételeket külön „fényképező csapatok” értékelték ki. A fejlesztésük majd csak a harmincas évektől válik igazán fontossá és nélkülözhetetlenné.

A kétmotoros repülőgépek kifejlesztésével a figyelem az ellenség élőerejének, majd később szállítóeszközeinek, sőt, hátországának (vasutaknak, városoknak, gyáraknak stb.) a levegőből történő pusztítására irányult. Tömegével gyártották az egyre hatásosabb, 5-, 10-, 50-, 100 kg-os, a háború közepétől a 200-, 300 kg-os repülőbombákat, valamint a hordozóikat: a könnyű-, a közepes- és kis mennyiségben a nehéz bombázó repülőgépeket.

Mivel a veszteségek a vadászrepülőgépek támadásai miatt jelentősen megnövekedtek, s mivel az is nyilvánvalóvá vált, hogy a vadászrepülőgépek sebességét a bombázókkal képtelenség felülmúlni, azokat a védelmük céljából különböző űrméretű tüzerfegyverekkel látták el. Nem számított ritkaságnak a 20-, 27-, 30 mm-es űrméretű géppágyúk, vagy 4-6 db 20 mm-es, ill. az alatti űrméretű géppuskák beépítése (esetleg géppuskák, géppágyúk vegyes beépítéssel...) sem.

A bombázórepülőgépek rendszerint a lövészárkokat bombázták (50–100 kg közötti tömegű repülőbombákkal), de már sor került — 1916-tól — egyre gyakrabban a felvonulási útvonalak, csapatösszevonási körzetek, a haditechnikai eszközök, vagy a repülőterek bombázására is maximálisan 80–90 km-es harcászati mélységig. Alkalmanként nagytávolságú bevetéseket is végrehajtottak a fővárosok, vagy nagyobb városok lakosainak a pusztítására, megfélemlítésére. Szerencsére a hadviselő felek ebben az időben még kevés nagyhatósugarú nehéz-bombázórepülőgépekkel rendelkeztek, így azokat csak erkölcsi hatás kiváltására alkalmazhatták. Például: Franciaországban a bombázások miatt 237 ember halt meg, Angliában 435 fő, Németországban 729 fő. Ha figyelembe vesszük, hogy ezekben az országokban a háború előtt évente az említett számok

„tízszerezese jelentkezett” balesetek, betegségek s más körülmények miatt, a háborús veszteségek a bombázóktól tehát elenyészően kevésnek tűnnek.

Természetesen, mint a legtöbb „újdonságnál”, a repülőgépek építésénél is jelentkeztek technikailag megalapozatlan túlzások. Példaként említendő a 120–140 km/h sebességre képes óriásbombázók megépítése azzal az eléggé el nem ítéhető elképzeléssel, hogy az ellenfél fővárosának, vagy sűrűn lakott városainak bombázásával a polgári lakosságot megfélemlítsék (pusztítsák), a háború folytatásától „eltántorítsák”, a „katona utánpótlást” csökkentse, ez által a győzelmet rövid idő alatt kivívhasák. De ebben az időben a kor tudományos-technikai színvonala ezeket az elképzeléseket még nem volt képes valóra váltani. A technikai kiforratlanság, a vadászrepülőgépek megnövekedett harci lehetőségei miatt a katonai vezetők a bevetésükről gyakran (egy-két kivételtől eltekintve: pl. a németek részéről London vagy más európai nagyvárosok bombázásai...) már „megalkotásuk” pillanatában lemondtak.

A bombázórepülőgépek védőfegyvereinek beépítésével az is bebizonyosodott, hogy a „fedélzetre szerelt” tüzérfegyverek a védelmük ellátását csak részben tudják megoldani. Ezért a bombázóköteleket az I. világháború utolsó éveiben már rendszeresen vadászrepülőgépekkel is oltalmazták annak ellenére, hogy a harcjeljárások (részben a harcászati fogások...) még nem voltak „letisztázottak”.

A háború „szükségleteinek” következményeképpen megjelentek a szárazföldi csapatok érdekében közvetlen harctevékenységet folytató csatarepülőgépek elődei, a munkarepülőgépek. A németek csak akkor kezdték el azok rohamos fejlesztését, amikor a veszteségek az Antant-hatalmak munkarepülőgépeitől már jelentős mértékben megnövekedtek. A szövetségesek a munkarepülőgépeikkel a német lövészárkokat, az élőerőt, az előrevonásban lévő csapatokat, csapatcsoportosításokat igen eredményesen pusztították. A németek bár ezen a téren is lemaradtak, s hogy régi mulasztásukat sürgősen pótolják, kibocsátották ugyan az I. világháború legjobb csatarepülőgépét, a Junkers CL–I-et, de a legyártott 47 db-os szériával és a korábban gyártott Albatros C–III. típusú felderítő-bombázórepülőgépekkel rendszeresített néhány csatarepülő századukkal a szárazföldi csapatok harctevékenységeire már nem tudtak hatást gyakorolni. Lehet, hogy ezért, lehet, hogy más okok miatt is a rohamos fejlesztésüket majd csak a II. világháború kényszeríti ki...

A vadászrepülő és azok fegyverzetének a fejlesztése az I. világháború kirobbanását követően (mindvégig, napjainkig...) szinte valamennyi állam erőfeszítésének központi kérdésévé vált. A katonai vezetők egyre sürgetőbben követelték az egyre nagyobb harci lehetőséggel bíró vadászrepülőgépeket, hogy a harcterek (a csatateretek) feletti légtér korlátlan uraivá válhassanak, csapataikat és a harci-technikai eszközeiket megbízhatóan védhessék az ellenség felderítő repülőitől, bombázórepülőitől. Ezért a vadászrepülőgépek fejlesztésébe és tömeggyártásába óriási pénzeszközöket fektettek, azokon a tudományos-technikai

kutatások legújabb eredményeit azonnal alkalmazták. Nem volt véltetlen tehát, hogy építésüknél olyan vadászrepülőgépek megalkotására törekedtek, amelyeknek kiemelkedően nagy a sebessége, amelyeknek a manőverező képessége valamennyi rendszerbe állított repülőgépet felülmúlja és legeredményesebbek a fedélzeti tüzéreszközei (pusztító eszközei).

A vadászrepülő feladatokra kikülönített, többségében kétüléses repülőgépekkel (1914. őszén) a különböző célok elleni támadást kezdetben minden irányból végrehajtották a lövészkabinba, vagy a lövészkabin mellé szerelt géppuskával. Ezt úgy alakították ki, hogy ne csak -30° és $+60^\circ$ -os függőleges síkban biztosítsa a lövészetet, de körkörösén is elforgatható legyen. A légilövész a célzást a géppuskára szerelt célzókereszt segítségével végezte, majd a géppuskára gyűrűsmechanikus irányzékot szereltek. Ez utóbbi javította ugyan a célzást (a pontosabb tüzelést), de ha a célrepülőgép mögött sötét háttér volt (pl. cumulus felhő, vagy földhátér...), az eredményes célzás és lövészet többször lehetetlenné vált. A lövészetek pontos távolsága ekkor még nem, vagy csak alig haladta meg az 50–60 m-t.

A bombázó repülőgépek oldalt és hátrafelé tüzelő védőfegyverzetének megjelenésével alkalmazni kezdték a Nap irányából, a célok hátsó fél-légteréből (vagy hátulról-alulról, ill. a holt-kúpából) végrehajtott támadásokat. De indokolt volt ez azért is, mivel az „I”, vagy „N” tartókkal és acélhuzalokkal merevített, kezdetben többfedelű vadászfeladatokra épített repülőgépek sebessége és manőverező képessége még alig különbözött a könnyű bombázó-, vagy felderítő repülőgépektől. Bár az eredményesség nem maradt el, az csökkenő tendenciát mutatott az instabil fegyverek és a légi harc szabályainak pontatlan, vagy helytelen megfogalmazásai miatt.

Gyakran került sor a vadászrepülőgépek közötti légi harcok megvívására. A közel azonos teljesítményű repülőgépek miatt a vadászrepülőgépek rohamos továbbfejlesztése szükségessé vált.

Megjelentek az együléses, jó manőverező képességekkel rendelkező vadászrepülőgépek, amelyeknek a sebessége és a harci lehetősége jelentősen megnőtt.

A légi harcokat túlnyomórészt egyes gépekkel vívták meg. Később már a kötelék légi harcok is rendszeressé váltak. A légi harcban az „alap alegység” a három, vagy öt repülőgépből álló repülőraj volt, 1916. végétől viszont már 10–12–13 repülőgépből álló repülőszázadokat is bevetettek a harcoló felek egymás ellen. A légi harcokban végül is mindenki párt keresett, az egyes gépek légi harcaivá vált.

A vadászrepülőgépek műszerezettsége egyre gazdagabb lett. Kezdetben még csak motor fordulatszám-mérővel rendelkeztek, később már mágneses iránytűt, kezdetleges magasság- és sebességmérőt is beépítettek.

A pontos célzás végrehajtására a kabin mellső részére kétgyűrűs célzókeresztet, vagy kezdetleges optikai célzórendszert helyeztek el. Az optikai

„célzóműszerek” rekfexüvege elé olykor célzógyűrűt is elhelyeztek, de végül is a nagy pontatlanság miatt ezekkel a „műszerekkel” a célzás még továbbra is nehézkes volt.

A vadászrepülőgépekre felszerelt merev beépítésű tüzérfegyverekkel rendszerint a légsavarkörön keresztül tüzeltek (a puha ólom, vagy rézlövedékekkel), ezért a légsavarokat páncélozni kellett. Újabb „változatot” jelentett az is, amikor a géppuskákat a légsavarkörön kívülre szerelték (ez főleg a vadászrepülőgépek többfedelűre való építése után terjedt el...) — ekkor a célzást az egész „repülőgéppel” hajtották végre.

Az említettek azonban kényyszerhelyzetből adódtak, igen sok utántöltési nehézséggel, rengeteg meghibásodással jártak. A lőszer minőségének (mennyiségének) gyártásába is változás történt. A kezdeti puha, rézből készült lövedékeket (mint említésre került) acélburkolattal vonták be, így azok nemcsak a páncélozott burkolatú légsavarokban, hanem a repülőgépmotorokban is végzetes pusztításokat idéztek elő — a személyi veszteségekről nem is szólva.

A valódi megoldást a németek ültették át először a gyakorlatba. Ezt úgy sikerült elérni, hogy egy neves francia akrobata „cirkuszi találmányát” megszerkesztette (átszerkesztette katonai felhasználásra) Franz Schneider svájci repülőgép-szerelő, amelyet azután Fokker holland mérnök megvásárolt és továbbfejlesztett. Ezt követően szinkronizált géppuskával látták el a Fokker vadászrepülőgépeket — azok már a légsavarkörön át tüzelhettek.

Rövidesen az „ellenfelek” is megfejtték a rejtélyt s a vadászrepülőgépek fejlesztése rohamos léptekkel haladt előre.

A légilövészek „kiiktatásával” tehát a beépítésre került tüzérfegyverek számtalan változtatáson estek keresztül. Egyre nagyobb űrméretű tüzérfegyvereket szereltek fel a vadászrepülőgépekre a megsemmisítés hatékonyságának a növelésére, amíg végül is belátták, hogy a nagyobb űrméretnek a beépíthető súly (tömeg), ez által a kevés hordozható lőszer mennyiség, valamint az adott időintervallum alatt kilőhető löszerek csekély száma állít korlátot. Ezért a nehéz vadászrepülőgépeket (vagy ahogy elnevezték: ágyús vadászokat, a beépített 30-, 40-, 50-, 60 mm-es gépágyúkkal és lövegekkel) csak kis sorozatban gyártották. Rendszerint a 7,62-, a 7,65-, a 7,7- és a 7,9 mm-es űrméretű géppuskák és 20 mm-es gépágyúk terjedtek el a vadászrepülőgépeken (ill. más repülőgépeken is...), amelyekből kettőt, hármat, végezetül — általában — négyet alkalmaztak.

A légi harcok a kezdet-kezdetétől a háború végére egyre elkeseredettebb jelleget öltöttek. Míg a bevetések a háború első felében a nappali időszakra korlátozódtak, később az éjjeli légi harcokra is készültek a gépszemélyzetek. Egyre több repülőgép semmisült meg. Bár pontos adatokat lehetetlenség közzétenni, a katonai szakértők azt valószínűsítették, hogy a megsemmisített repülőtechnika száma az I. világháború végére elérhette a 8500–9000 darabot.

A harci alkalmazás tapasztalatai

Miután a repülőgépek megjelenésével azok katonai célokra történő felhasználása általános elfogadottá vált, előtérbe került azok eredményességének fokozása. Ez pedig csak úgy realizálódhatott, ha a tapasztalatok levonásával célszerű alkalmazási elveket, módszereket, harcászati fogásokat vezettek be. Mivel háború folyt, elméleti tevékenységre túlságosan sok idő nem állt rendelkezésre, ezért inkább a bevetések feltételeit, körülményeit, a végrehajtás módozatait, eredményességét és a felmerült hibákat, hiányosságokat elemezték.

Az alkalmazási elvekben elsősorban a háború, vagy bármely más fegyveres konfliktus megvívásának „történelmi alapokon történő” törvényszerűségeit, elveit látszott célszerűnek a repülőparancsnokok részéről adaptálni a repülőcsapatokra, de azzal a megkötéssel, hogy azok sajátosságot mutatnak a légi tevékenységek vonatkozásában. A „feladatok pontos megfogalmazása”, a „legjobb haditechnikai eszközökkel való ellátás”, a „küzdelem igazságos voltának kimondása”, az „ellenség” főleg nem várt időben történő „meglepése és megtámadása”, az „erkölcsi fölény” biztosítása, az „erők és eszközök legfontosabb célok elleni felhasználása”, „tartalékok kikülönítése” a váratlan feladatok megoldása céljából, a „csapatok vezetésének egysége és szilárdsága”, továbbá a „magas fokú éberség és készenlét” elérése a kritikus időben — ezek az alkalmazási elvek az I. világháborúban tovább „finomodtak”, újra fogalmazódtak és a repülőcsapatoknál elfogadottá váltak. A fegyveres erőszak törvényszerűségeinek kutatása, felfedése, kihasználására való fokozott törekvés azóta is a légierő (de más haderőnemek) vezetésének egyik legfontosabb feladatai közé tartozik. A repülőcsapatok vonatkozásában különösen.

Megfogalmazódott elsősorban a harci tapasztalatok alapján, másodsorban a „viszonylagos elméleti kutatások” eredményeként — a repülőcsapatok (a „legmagasabb” szervezetük létrejöttével a légierő...) fő harctevékenységi formája: a levegőből és levegőben folytatott harc (mint fogalmi kategória és gyakorlati tevékenységi forma), azaz a légi felderítés (távoli és közeli), a légtámadás (a figyelmeztetés, a fenyegetés, a légicsapás), a légi célok elfogása, a légiharc (támadó és védelmi), továbbá a kisegítő (biztosító) légi tevékenységek (futár, tábori posta, tüzérségi tűzhelyesbítési feladatok...). Igaz ugyan, hogy a repülőgép-személyzetek részére az első világháború kezdetén hol felderítésre, hol tűzhelyesbítésre, hol postai csomagok továbbítására, hol az ellenséges repülőgépek lelövésére adtak parancsokat (egy adott repülőgép típuson repülve), a tényleges eredményesség valójában akkor jelentkezett, amikor a pilóták is, a repülőgép típusok is egy-egy célkitűzés pontos, lehetőleg veszteségek nélkül történő végrehajtására „szakosodtak”. (Természetesen a „politikai akarat” már ebben az időben is produkált következetlenségeket...) Így jöttek létre a kiemelkedő légi

tevékenységeket, ill. azok vezetését és irányítását bizonyító és biztosító katonai szervezetek, továbbá a szakosodott pilóták, műszakiak, irányítók..., akiket a politika „ász”-ként tisztelt s emelt a „magasba”, mint a nemzet sérthetetlen és önfeláldozásban követendő személyeit...

Valamennyi légi tevékenységi formában — ez időszakban — a repülőgépek harci-technikai, valójában a repülőharcászati (mai értelemben!) adatait és lehetőségeit vették figyelembe, értékelték magasra. A kitűzött feladatok — a kezdeti szerény követelmények maximális teljesítésének hatására — olyan mértékben szélesedtek és sokasodtak, hogy a túlzások gyakran már-már gátolták a repülő kötelékek részére az eredményes végrehajtást. Végül is letisztultak azok az elvárások, megfogalmazódtak azok az irányelvek, célkitűzések, a reális követelmények, amelyek teljesítését a repülő gépszemélyzetek, kötelékek felvállalhatták a napi bevetésekben. Ez időben még korlátok közé szorították a repülőcsapatokat (a fejlődéssel párhuzamosan a légierőt) azt gondolván, hogy azok csupán a szárazföldi fegyvernemek (részben a haditengerészeti erők) céljainak elérésére, kiszolgálására, azok alárendeltségében hajthatják csak végre a feladataikat. A harci alkalmazásban a szárazföldi csapatoknál követelt alkalmazási elveket erőltették, vallották és érvényesítették a repülőkre...

Miután a feladatok tehát specializálódtak, miután a repülőtechnikai eszközök a feladatok végrehajthatósága szerint már a világháború első időszakában gyártásra kerültek, általánosan elfogadottá vált a teljesítőképesség értékelése, növelése, amelyben azok hatékonyságát a repülőgép és az általa hordozott fegyver közötti összhang, vagy éppen annak hiánya és a gépszemélyzet felkészültsége határozta meg. Természetesen ebben az időben a fegyverrendszereknek még csupán az elemei voltak „jelen”, néhány évtizednek el kellett telnie, hogy a repülőgépeken a fegyverrendszer — mint fogalom — valósággá váljon.

A különböző harci alkalmazási elvek között a vita is még éveken keresztül folyt. Megállapítható tehát, hogy a katonai repülőgépek harc feladatok szerint specializálódtak, azokon egy-kettő beépített tüzérfegyver általánossá vált. Kialakultak az egyes repülő fegyvernemek, a harcterek fölött tömegével jelentek meg a bombázó-, a futár-, a felderítő-, a szállító-, a kisegítő-, vagy a speciális és vadászrepülő feladatokat végrehajtó repülő alegységek. A repülőgépeket egyre szélesebb területeken használták fel, azokat véglegesen a pusztítás szolgálatába állították. Mivel azonban a „harcoló felek” a repülőgépek katonai felhasználásának gazdasági-, szervezeti-, technikai-, személyi feltételei biztosítására 1916., sőt még 1917. végére sem készültek fel, így az határozott tudatosság helyett csupán rögtönzött formákat öltött. Valamennyi ország, bár óriási erőfeszítéseket tett az új iparág felfejlesztésére, a hadigazdaságot ehhez még át kellett alakítani. Így tehát a repülőök harctevékenységei még korlátozott mértékben sem hatottak a

szárazföldi csapatok harccselekményeire. A katonai felhasználás, a repülőgépek pusztító képessége a tényleges lehetőségektől messze elmaradt.

A fő légi tevékenységi formákban, a légiharcokban és a légicsapásokban elsősorban a repülőgépek nagy fordulékonyágát és gyors emelkedőképességét értékelték magasra, hiszen a fedélzeti tüzérfegyverek előre tüzeltek. Az mellett, hogy a repülőgépek főleg a szárazföldi erők érdekében tevékenykedtek, elsősorban a levegőben a felderítő- és bombázórepülőgépek, sőt kiemelten (1917. elejétől) a vadászrepülőgépek pusztítását tartották igen nagy jelentőségű „fegyverténynek”...

A légiharcokból (és a légicsapások végrehajtásából) azok kerültek ki győztesen, akik az ellenfél repülőgépeinek hátsó légtereibe (vagy a támadás kezdőpontjába) tudtak kerülni. Más szavakkal: a pilóta képes volt a tüzérfegyvert olyan harcászatiag kedvező kiindulási helyzetbe „szállítani”, hogy saját biztonságának megőrzése mellett a fegyvert alkalmazhassa — a cél pusztítása, megsemmisítése reális lehetőséggé vált. A vadászrepülőgép harcászati lehetőségei és az általa hordozott fegyver közötti összhang még nem volt teljes, hiszen a tüzérfegyvert az ellenség repülőgépéhez közel kellett „vinni”, hogy az kiváltsa hatását (a „manőverezésre” is képes levegő-levegő osztályú légiharc rakéták „tömegével” majd csak a II. világháborút követően jelentek meg). A maximális hatásos lőtávolság még csak 50–100 m között volt, általánossá vált a 2 db (vagy a 4 db) géppuska beépítése — a dinamikus mozgás szerepe „csak” a repülőgépre hárult.

A szervezetszerű bevetések helyett ez időben a spontaneitás, a felszíni harcok támogatásának erkölcsi kötelezettsége, a kiemelkedő repülési adottságok és képességek bizonyítása volt a legfontosabb...

A bombázóm repülőgépekre hátrafelé-felfelé vagy hátrafelé-lefelé is tüzelő védőfegyver beépítésével a légiharcok megvívásában jelentős változások álltak be. Rendkívüli jelentőségre tett szert az idő, a tér, a támadó kötelékek levegőben történő elhelyezkedése, a bombázórepülők védőfegyvere által be nem löhető ún. holt kúpából való tűzmegnyitás végrehajtása. A világháború vége felé szinte valamennyi — a repülőtechnika fejlettségéből adódó — harcászati fogás már „feltárássra került (ideértve az időjárási jelenségek adta” lehetőségeket is); „ászkok” haltak meg, vagy kerültek dicsőfénybe; a földfelszín felett mért valóságos sebesség növelésére és a beépített fegyverek pusztító képességének a fokozására az igényük egyre fokozódott...

Bár a „harcoló felek” az I. világháború utolsó éveiben már képessé váltak nagy teljesítményű (300–350 LE) repülőgépmotorokat gyártani, a sebesség a többfedelű vadászrepülőgépek nagy légellenállása és egyéb technikai problémák megoldhatatlansága miatt (pl. a futóművek „behúzását” akkor még nem oldották meg...) nem növekedett a kívánt mértékben. Pedig a légiharcok megvívásában a légi célok gyors megközelítésének, az azoktól való gyors eltávolodásnak, a

légi harc légterekbe történő rövid idő alatti kirepülésnek, a bombázórepülőgépek gyors utolérésének már egyre nagyobb jelentőséget tulajdonítottak. Bár 1918-tól főleg az Antant-hatalmak fokozták az egyfedelű vadászipülőgépek sorozatgyártásának részarányát, a szakemberek között az „egyfedelű-többfedelű vita” az egyfedelű repülőgépek javára véglegesen csak az 1927-es évtől dőlt el.

A repülőgépek darabszámának növelése kiemelkedő célként „jött számításba”. A harcoló felek a repülőgépipar fejlesztésének ugyan hívei voltak, de a legyártott mennyiség (pl. Németország 1916-ban 8182; 1917-ben 19 446; 1918-ban 14 123; Ausztria-Magyarország 1916-ban 931; 1917-ben 1714; 1918-ban 2438; Nagy-Britannia 1916-ban 6099; 1917-ben 14 848; 1918-ban 32 036; Franciaország 1916-ban 7549; 1917-ben 14 915; 1918-ban 26 652), a ráfordított állami hitelek és támogatási (megrendelési) pénzüsszegek az eredményességet még nem voltak képesek meggyőzően bizonyítani.

Természetesen egyéb okok is jelentősen közrejátszottak az eredményesség vagy az eredménytelenség tudomásul vételéhez (pl. a szárazföldi csapatoknak alárendelt helyzet, az „egy kézben” való összpontosítás hiánya; a szervezetszerű tömeges bevetések elmaradása; a repülőtechnika fejletlensége, harci potenciáljának gyengesége; az önálló légi tevékenységek folytatására való feltételek és képességek hiánya; a repülőterek és utak kiépítetlensége; a magasabbegység, seregetest szervezet létrehozásának nélkülözése stb.), mégis a termelés folyamatosan nőtt. A Központi hatalmak 1918-ban már 16 561 (összesen 1914-től 53 322 db) repülőgépet gyártottak, az Antant-hatalmak viszont elérték a 77 161 (1914-től a 140 685 db!) repülőgép mennyiséget.

Tehát amíg a repülőcsapatok felderítést végeztek, pusztították az ellenség tengerészeti és szárazföldi célpontjait, az élőerőt, a „háborúzó vezérkarok” meg voltak győződve arról, hogy a repülő csak a szárazföldi erő „kiszolgálására”, támogatására képesek. Ezért is, és azért is, mert a háborúban elméleti munkássággal különösképpen nem lehetett foglalkozni (legfeljebb a tapasztalatok leírásával, a visszaemlékezésekkel). A leggyakrabban használt, gyakorlatban bevált harc eljárások a következők voltak:

- távoli és közeli légi felderítés egyes gépekkel, kis kötelékekkel;
- bombázórepülés a földi-tengeri célok megsemmisítésére;
- légtérzár az ellenséges repülések megakadályozására;
- repülőteri készenlétből, vagy őrzáratozásból történő légi célok elfogása;
- légi járőrözés önállóan, vagy bombázók kísérésére;
- szabadvadászat a légi-földi célok pusztítására.

Ismételnem kell emelni, hogy elsősorban a repülésekkel, a különböző feladatok végrehajtásával kapcsolatos tapasztalatok kerültek rögzítésre, a légi tevékenységek szervezésében, az eredményesség fokozásában a határozott céltudatosság majd csak a légierő megalakulása után válhatott valóra. A kor technikai színvonalának fejlettségére gondolva a tények nem is eshetnek különösképpen „kifo-

gás alá”; a repülőik tevékenysége titokzatos, embert próbáló ill. „emberfeletti”, önfeláldozó tetteknek számított. . .

Az említett gyártási darabszámokkal kapcsolatban még célszerű megemlíteni azt, hogy a hadszíntereken egyidőben bevethető repülőgépek mennyisége lényegében 1917-től éri el a több százat (s válik általánossá), az év végétől, 1918 elejétől a több ezret. Bár megfellebbezhetetlen adatok nem állnak rendelkezésre valószínűsítve az mégis elfogadható, hogy a hadviselő államok az I. világháború idején közel 180–190 ezer repülőgépet gyártottak, amelyet azóta sem képes „produkálni a világ”. Az is igaz ugyan, hogy jó néhány esetben a legyártott repülőgépekhez, a hadseregek részére átadott repülőgép mennyiséghez, az adott kiképzési szinttől függő feladatok végrehajtásához, adott frontvonal-szakaszon végrehajtható harci repülésekhez viszonyított eredményesség még a háború vége felé sem növekedett a megkívánt (az elvárt) mértékben. Mégis igen sokan — más technikai eszközök túlértékeléseihez hasonlóan — a jövőben a repülőgépekben látták a győzelem kivívásának feltételét, hangoztatva, hogy darabszám növelésével „kényelmesen” minden megoldható, a pusztítás fokozható.

A légi célok megsemmisítésével kapcsolatban végül is kimondták, hogy a sikeres légiharc megvívásának legfontosabb eleme a manőver és a tűz. Igaz ugyan, hogy ebben az időben ezt más szavakkal fogalmazták meg. A szakirodalomban és a visszaemlékezésekben fellelhető, hogy a tűz alatt a fedélzeti tüzérfegyverek alkalmazását, a manőver alatt a gyors megközelítést, a vízszintes-, a függőleges- vagy a ferde síkban végrehajtott fordulókat értették azért, hogy elfoglalhassák a tüzelés kiváltásához a legkedvezőbb kiindulási helyzetet, s a légi célokra a beépített tüzérfegyverekkel tüzet nyithassanak. Az volt a cél, hogy azoknak minél nagyobb sérülést (a személyzeteknek sebesülést) okozzanak, a légi járműveket elpusztítsák, megsemmisítsék.

Feltétlenül meg kell állapítani, hogy a hadviselő felek bár hihetetlen mennyiségű katonai repülőgépet gyártottak le, a katonai légierő haderőnemmé vált, a szárazföldi utközetek ill. a háború kimenetelét a harctevékenységük még az I. világháború idején jelentősen nem befolyásolta. Viszont a szárazföldi hadműveletek sikeres végrehajtásának már elengedhetetlenül a részeivé váltak. A különböző harc feladatok végrehajtására a repülőgépeket és azok fegyverzetét is specializálták — a repülő fegyvernemek, a légierő, a rendszeresített repülőgépek és fedélzeti pusztítóeszközök fejlesztése általános követelménnyé vált a világ nagyon sok országában.

A légierő pusztító képessége olyan mértékben növekedett meg, hogy annak harci alkalmazásáról a siker reménye nélkül többé egyetlen fejlődő ország (katonai nagyhatalom) sem mondhatott le a további (a későbbi) években.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] A háborúk világtörténete. (Katonai újdonságok, amelyek megváltoztatták a történelem menetét. The World Atlas of Warfare. Military Innovations that Changed the Course of History. C: Mitchell Beazley Publishers, 1988.) Regens Publishing Services Ltd. Hongkong. Corvina, Budapest.
- [2] A. I. POKRISKIN: Háborús égbolt. Zrínyi Katonai Kiadó. Budapest. 1972.
- [3] ALAIN Guerin: A szürke tábornok. Kossuth Könyvkiadó, Budapest. 1969.
- [4] A második világháború képei. I.-II. kötet. Európa Könyvkiadó, Budapest. 1977.
- [5] A második világháború története 1939-1945. III.-VIII. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest. 1977-1980.
- [6] A szovjet légierő története a Nagy Honvédő Háborúban. Tankönyv. ZMKA. Budapest. 1978.
- [7] A technika fejlődése. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest. 1966.
- [8] Az egyetemes és magyar hadművészet fejlődése az ókortól napjainkig. Tankönyv. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest. 1986.
- [9] Az első világháború és a forradalmak képekben. Európa Könyvkiadó, Budapest. 1977.
- [10] A.W.F. HALLGARTEN: Das Wettrüsten (A fegyverkezési verseny története). Hamlyn, London-New York-Sydney-Torontó: 1968. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest. 1975.
- [11] A. WISSMANN: A repülés története. Táncsics Könyvkiadó, Budapest. 1966.
- [12] BACSÓ János: Ami a kulisszák mögött történt. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest. 1973.
- [13] BIMBÓ József: A légierő a háborúban. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest. 1973.
- [14] BUJTÁS László: Hogyan történt. (Horthy István repülő főhadnagy és kora.) Média Kiadó, Budapest. 1989.
- [15] Carl von Clausewitz: A háborúról. I.-II. kötet. (Részletek. Fordítás) ZMKA. 1973.
- [16] CHAZ Bowyer: The age of the biplane. Hamlyn. London-New York-Sydney-Torontó. 1981.
- [17] CSANÁDI-NAGYVÁRADI-WINKLER: A magyar repülés története. Műszaki Könyvkiadó. Budapest. 1974.
- [18] Hadászat. Zrínyi Katonai Kiadó. Budapest. 1964.
- [19] Haditechnika-1974. Zrínyi Katonai Kiadó. Budapest. 1974.
- [20] A szerző munkafüzetei, jegyzetei, feljegyzései.

A MISTRAL LÉGVÉDELMI RAKÉTA CÉLREPÜLŐGÉPEINEK ROBOTIZÁLÁSA

Magyarországon az 5. Légvédelmi Rakétaezrednél rendszeresítették a francia Matra Mistral (Hideg szél) kishatótávú, infravörös önirányítású rakétarendszert, melynek fő feladata az MH gépesített lövészdandárjának légvédelme. A fenti eszköz megsemmisíthető célpontjaként szolgál az AERO-TARGET Bt. által gyártott Meteor-3 típusú rádió távirányítású, speciális eszközökkel felszerelt repülőgép. A főként műanyagból, fából, kompozit anyagokból álló gép effektív radarfelületét a gép orrába szerelt Luneberg-lencse megnöveli, láthatóvá teszi a SHO-RAR radar számára. A rakéta közelségi gyújtója lézeres, ezért fényvisszaverő csíkokat ragasztottak a célgépre. A kisméretű modellmotor hője nem elegendő a rakéta infraérzékelője számára, ezért a hőkibocsátást a szárny alá rögzített 2-2db távirányítással gyűjthető piropatronnal imitálják. A Meteor-3 sebességét és méretét kivéve hasonlít egy valódi repülőeszközhöz, de ára jelentősen alacsonyabb.



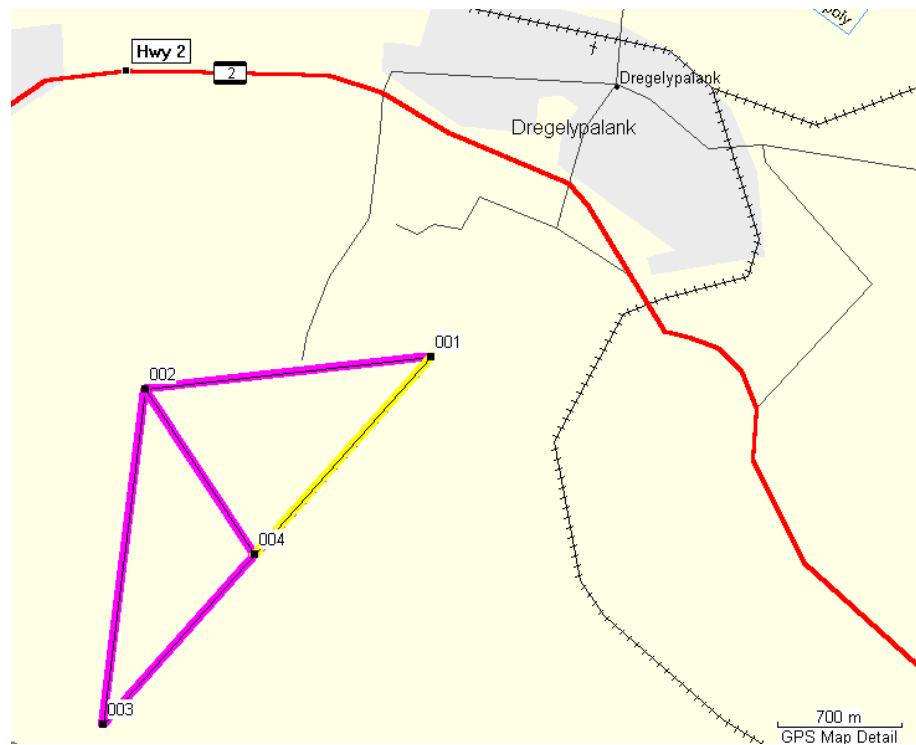
1. ábra. Meteor-3 (MGR-3), távirányítású repülőgép

A Meteor-3 harcászati adatai nagyvonalakban a következők:

Fesztáv:	2,7 m
Hossz:	1,8 m

Repülési súly:	14 kg
Önsúly:	10 kg
Maximum sebesség:	140 km/h
Utazósebesség:	100 km/h
Repülési idő:	12–15 perc

Ahogy a fenti adatokból kitűnik, a repülőgép kis méretű, ezért már néhány kilométeres távolságból élénk színe ellenére is nehezen követhető, irányítható. Kezdetben a pilótát, egy távcsöves optikai követéssel segítették a feladat ellátása közben. Később két, egymással rádiókapcsolatban lévő pilóta, térben megfelelő távolságra elhelyezkedve, váltottan irányított.



2. ábra. A repülőgép repülési programja

A MISTRAL légvédelmi rakéta célmegfogáshoz egy bizonyos minimális távolságot igényel, ezért a gyakorlat élethűsége, és eredményessége érdekében célszerű minél nagyobb távolságból megközelíteni a felállítási helyet. Az eredeti módszerrel a repülőgép a 2. ábrán látható 001, 002, 004, 001 pontokhoz tartozó útvonalat repülte. A 001-004 pontok távolsága 1,492 km. Csupán a látásra hagyatkozva, sem a magasság, sem a pálya nem tartható pontosan. Ha szeretnénk precízen követni a kívánt

útvonalat, valamint a rakéták telepítési helyéhez közelítő szakaszt meg akarjuk nyújtani — ezen a szakaszon gyűjtik meg a piropatronokat (2 perces égési idő) —, akkor új technológiát kell bevetnünk!

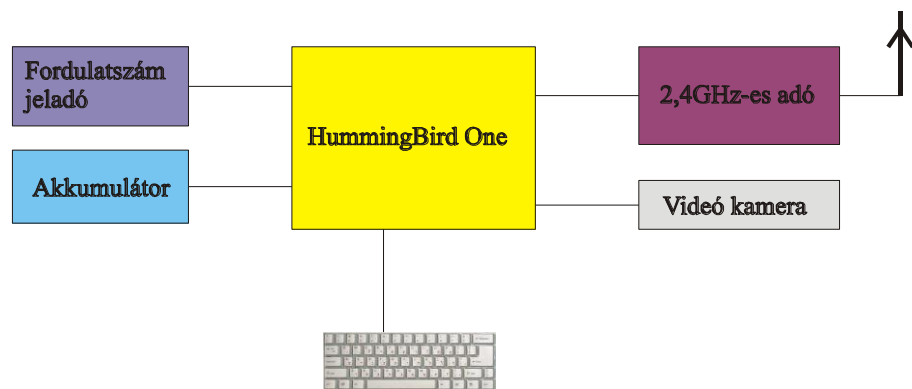
GPS TELEMETRIA KOMPUTER

A feladat megoldására egy GPS segítségével működő, normál videojelet fogadó és arra feliratozó célravezető célszámítógépet fejlesztettem ki. A készülék bemenetére egy jó minőségű SONY CCD chip-es csőkamera csatlakozik, melynek felfüggesztése és annak mechanikai csillapítása kritikus a képminőség szempontjából.



3. ábra. HummingBird One GPS telemetria komputer

A telemetria és navigációs adatokkal kiegészített képet a 2,4 GHz-es ISM sávban működő adó egy ground-plane antennával lesugározza az irányítási pontra. Itt a pilóta egy zárt kabinban, TV monitoron keresztül vezeti azt, mintha felműszerezett repülőben ülne (pilóta nélküli repülőgép, PNR). A repülés videoszalagra rögzítve utólag kiértékelhető, elemezhető.



4. ábra. Fedélzeti rendszer blokkvázlata

A komputer néhány technikai adata a következő:

Tápfeszültség:	DC8-25 V/maximum 150 mA (adó DC12 V / 800 mA, kamera DC12 V / 150 mA)
Videó jel ki/bemenet:	PAL625 / 1Vp-p / 75 Ω
Külső tápfeszültség mérés:	maximum DC25 V-ig
Fordulatszám mérés:	maximum 65 535 fordulat/min és maximum 400 000 impulzus/min
Fordulatszám érzékelő:	kontaktus nélküli, aktív infra optikai
Watchdog időzítés:	3,52 s
GPS típusa:	μ -BLOX AG, GPS-1PSE
Protokoll:	NMEA, 9600 Bd, GGA, VTG, GSA
GPS antenna:	aktív patch antenna SMC csatlakozóval
Tömeg:	240 g (csak a komputer)

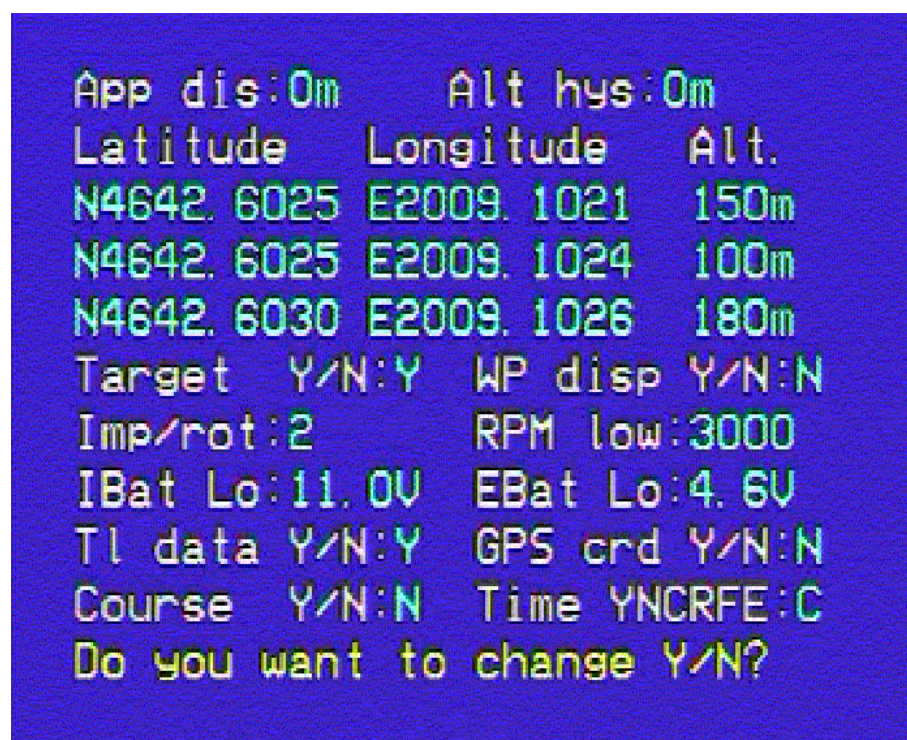
A fedélzeti elektronika a következő segítséget nyújtja a repülőgép vezetéséhez, üzemeltetéséhez:

- 1) A repülőgép néhány lényeges adatát méri: külső, belső akkumulátor feszültség, valamint az ehhez tartozó riasztás. Előre beállított érték alá csökkenést jelzi (villogás). Fordulatszám mérés az 5. ábrán látható optikai jeladóval, a légsavár lapátjairól visszaverődő infrafénnyel történik. A légsavár lapátszám beállítható. Ha paraméterezhető szint alá csökken, akkor gyertyaizzítást vezérelhet (diesel motor).
- 2) Repülési idő mérése sokrétűen választható algoritmus alapján (5 féle). Üzemanyag felhasználás szempontjából fontos.
- 3) Repülési magasság, földhöz viszonyított sebesség, repülési irány (később részletezem) kijelzése a képernyőn a GPS adatok alapján. A mozgási irány égtáját is kijelzi (N, S, W, E stb.).



5. ábra. Optikai fordulatszám érzékelő

- 4) Koordináták kijelzése WGS-84 térképdátum szerint. Szélesség: N/S 0000.0000÷N/S 9000.0000 (észak/dél fok10 fok1 perc10 perc1. perc/10 perc/100 perc/1000 perc/10 000), hosszúság: E/W 00000.0000÷E/W 18000.0000 (kelet/nyugat fok100 fok10 fok1 perc10 perc1. perc/10 perc/100 perc/1000 perc/10 000) formátumban.
 - 5) Három fordulópont betáplálásával a rendszer végigvezeti a repülőgépet az általuk kijelölt útvonalon. Az aktuális útpont eléréséig mutatja a követendő irányt, jobbra-balra mutató különböző hosszúságú nyilakkal. A fordulópontig a légvonalban mért távolságot szintén kijelzi. Szükség esetén a mozgás, a fordulópont iránya és a számolt fordulási szög számszerűen is kiirattatható. A célkör sugara definiálható.
 - 6) Fordulópontba éréskor impulzust ad (magas vagy alacsony), így fénykép készíthető, vagy egyéb célra felhasználható. A piropatront biztonsági okok miatt, nem automatikusan gyűjtják.
 - 7) A repülőgép magasság tartását a rendszer magas és alacsony hangokkal segíti, hogy a pilóta a feladatát könnyen hajthassa végre, és tekintetét ne kelljen megosztania. Ha a GPS 2D vagy 1D módba kerül, akkor riasztási jelzést ad (eltérő magas hang). A magasságtartás hiszterézise előre definiálható.
 - 8) A GPS jel minőségét a befogott műholdak száma és üzemmódja jelzi.
 - 9) A feszültségmérő bemenetek szoftverből kalibrálhatóak.
- A felhasználó igénye szerint a paraméterek és kijelzésre került adatok megváltoztathatóak, engedélyezhetőek. A beállítások PC-AT billentyűzet segítségével történik, megkönnyítve a terepi munkát.



6. ábra. Komputer beállítási képernyője

A fenti célszámítógéppel a 2. ábrán látható 001, 002, 003 pontokat összekötő útvonalat képes a repülőgép pilóta vezetésével berepülni. A 003, 001 pontokat összekötő "hazatérő" szakasz 2,8 km hosszú, így gyakorlatilag megkétszereztük a hasznos úthosszat. A pilóta dolga így is nagyon nehéz, és képzett, jó képességű szakembert igényel a feladat. Az irányításban, egy segédpilóta is segíthet az adatok értelmezésében. Ha csak a kamera képe alapján vezető pilóta elveszti a pozíciót, tájékozódási pontokat, akkor a fedélzeti elektronikára hagyatkozva visszatál a fordulóponthoz. A monitor képe repülés közben a 7. ábrán látható. A gép kereszt- és hossz dőlését a közvetített kép alapján lehetséges meghatározni, korrigálni. Lehetőség szerint kerülni kell a túlzott megdöntéseket, mert a függőleges polarizációjú adó- és vevőantenna közötti szakaszcsillapítás megnő, a videójel széteshet, megtörhet. Problémát okozhat még a napfény, ha közvetlenül szembe kerül a kamera lencséjével. Sajnos a kamera videó AGC-je véges szabályzási tartománnyal rendelkezik.



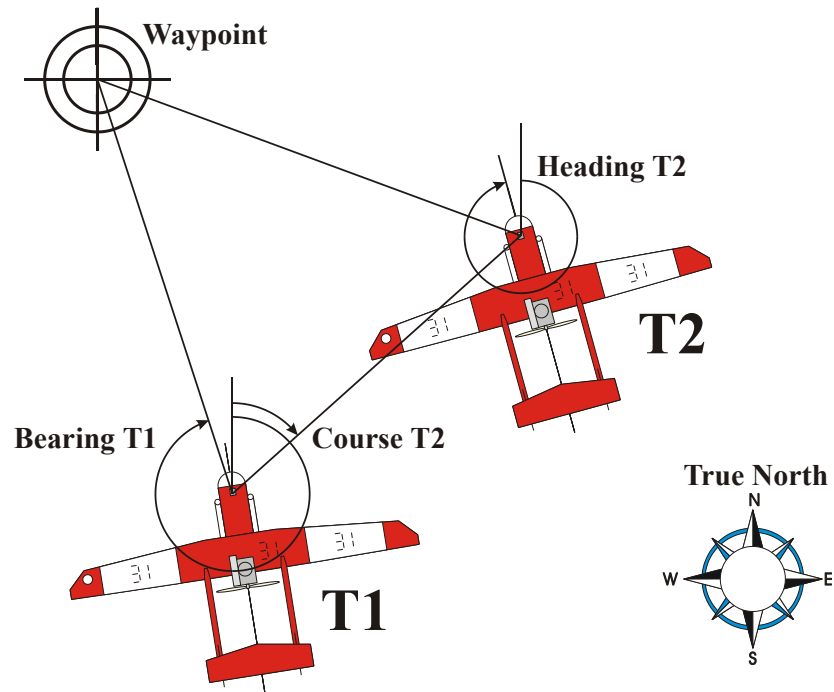
7. ábra. Prototípus monitor képe tesztadatokkal

A fenti problémákkal egy gyakorlott pilóta megbirkózik. Az AERO-TARGET Bt. kiképzett pilótái a fenti eszközzel és repülőgéppel rutinosan végrehajtják a célfeladatot, alkalmasak egyéb különleges műveletekben való részvételre.

IRÁNYSZÖGEK ÉRTELMEZÉSE

A felhasználás és működés szempontjából fontosnak tartom, a különféle irányszögek értelmezését. A 8. ábra alapján végigkövethetőek a definíciók. Legelőször meg kell említenem a *valódi északi irányt* (True North), amely egy statikusan értelmezhető mennyiség, amely a föld forgási tengelyével párhuzamos. Ettől a helytől függően változó deklinációval tér el a *mágneses északi irány* (Magnetic North), amit a fedélzeti elektronika nem mér, mert nem tartalmaz 3D-s magnetométert. A GPS adatok alapján két pont közti elmozdulást és abból az elmozdulás irányát tudjuk számolni. Az ábrán T1 és T2 időpillanat közti *elmozdulás vektor* és a valódi észak között bezárt szöget *kurzusnak* (Course Over Ground — COG) nevezem. A kurzus független a repülőgép szimmetriatengelyének irányától („Orr irány”, Heading, HDG), csak a valódi *elmozdulás irányát* mutatja. Ha a repülőgép szél miatt sodró-

dik, akkor ennek hatása nem okoz hibát a szükséges iránymódosítás kiszámításakor. Adott T1 időpontban mindig az előző T0 időpont kurzusát kapjuk meg, az ábrán T1 időpontban feltüntetve látható a T2 időpontban kiszámolt kurzus. Ennek oka az, hogy csak később kapjuk meg a két pontot összekötő vektor koordinátáit. A jelenleg használt GPS másodpercenként szolgáltat adatokat, így az irányadatok frissítése is ilyen gyakran történik.



$$\textit{Turn_right T1} = \textit{Bearing T1} - \textit{Course T0}$$

8. ábra. Irányszögek értelmezése

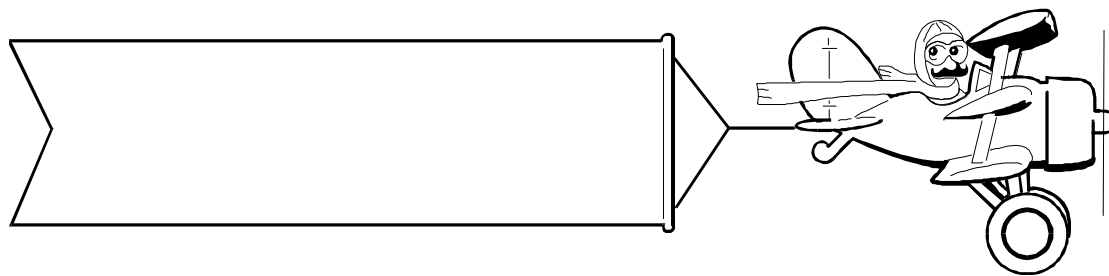
A másik fontos adat a célpont megközelítéséhez szükséges, valódi északkal bezárt *cél-irányszög* (Bearing — BRG) és távolság, melyet a komputer folyamatosan számít a repülőgép és a cél koordinátákból (Fordulópont — Waypoint) (T0-T0, T1-T1, T2-T2 stb.). Az általam felhasznált algoritmus néhány száz kilométeren belül tíz méteres pontosságot garantál. A cél-irányszög és a kurzus közötti szöggel (Turn Right, Course to Steer, CTS) kell a pilótának a repülőgépet elfordítania. A *fordulási szög*, ha 180°-nál nagyobb, akkor megfelelő módszerrel ±180°-nál kisebb értékre kell korrigálni. Ezzel az értékkel már vezérelhetőek az irányjelző nyilak. A komputer, ha az előre definiált körön belülré érkezik a gép, akkor a következő fordulópont-ra ugrik, és ehhez vezeti a pilótát.

JÓVŐBELI FEJLESZTÉSEK

Az itt részletezett célravezető számítógép megfelelő videó jelátviteli berendezés és távirányító rendszerrel alkalmas rádióhorizonton belüli bevetésekre. Ha szeretnénk, hogy rádióhorizont mögött is alkalmazható legyen, autonóm módon, megbízhatóan nagy precizitással lássa el feladatát, akkor robot pilótát kell alkalmaznunk. Jelenlegi fejlesztésem egy ön-stabil repülőgép automatikus irányítása navigációs fordulópontok alapján, mellyel válaszolhatunk sokrétű katonai és civil feladatok kihívásaira.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Myron KAYTON and Walter R. FRIED: Avionics Navigation Systems, Second Edition, John Willey & Sons, Inc., New York, 1997.
- [2] KONCZ Miklós Tamás: HummingBird One Airborne Telemetry Computer beállítási útmutató.
- [3] KÖVÁRI László: Őszi verőfény – hideg széllel, Aranysas, SkyBear Bt. Budapest, 2002/01, 26-28. o.
- [4] Magellan MAP410, User Guide.
- [5] Dr. Robert C. NELSON: Flight Stability and Automatic Control, Second Edition, McGraw-Hill.
- [6] Ed WILLIEMS: Compass Errors, July 7 2001.
- [7] u-Blox: ANTARIS Protocol Specification.
- [8] μ -Blox: The GPS Dictionary, 8. March 2001.
- [9] μ -Blox: GPS Basics, Introduction to the system, Application overview.
- [10] μ -Blox: μ -Center, GPS Evaluation Software].
- [11] μ -Blox: Protocol Specification, μ -blox GPS-MS1 and GPS-PS1, 4th April 2000.



KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI ROVAT

Rovatvezető: Dr. Rohács József

Rovatszerkesztők: Dr. Szabó László

Kovács József

REPÜLŐESEMÉNYEK, TÉNYEK ÉS ELEMZÉSEK

A repülőgép sugárhajtóművek instabil üzemmódja számos okra vezethető vissza. Az alábbi gyűjtésben össze szeretném foglalni azokat a repülőeseményeket, amelyek kialakult pompázsjelenség következményei voltak, illetve olyan eseteket, amikor a hajtómű instabil üzemmódja ugyan nem lépett fel vagy kis mértékben mutatkozott, de a hajtómű pompázst előidéző okok fennálltak.

Kivonat a repülőeseményekről:

1. Légijármű típusa: Mil Mi-2
Nagymennyiségű víz került mindkét hajtóműbe. A kifejlődött pompázsjelenség hatására a hajtóművek leálltak.
2. Légijármű típusa: MD-500 E
A szeparátorban jég képződött, amely jelentősen csökkentette az átömlési keresztmetszetet. A pompázsszelep automatikus nyitása megakadályozta a pompázs kialakulását.
3. Légijármű típusa: Mikojan-Gurjevics MiG-21 BiSz
A hajtóműbe madár került, a kompresszorlapátok megsérültek.
4. Légijármű típusa: Mikojan-Gurjevics MiG-21 MF
Felszállás közben a hajtóműbe madár került. A kompresszorfokozaton súlyosan károsodott.
5. Légijármű típusa: Mikojan-Gurjevics MiG-21 MF
Kötélkérepülés közben, a repülőtér fölött a hajtóműbe madár került, a repülőgép sárkánya megsérült, hajtóműve súlyosan károsodott.
6. Légijármű típusa: Mikojan-Gurjevics MiG-29 UB
Légtérből történő besorolás során a bal hajtómű fordulatszáma ingadozott, a bal hajtómű pulzált. Pompázs nem alakult ki.
7. Légijármű típusa: Mikojan-Gurjevics MiG-29 B
Felszállás közben a jobb hajtóműbe madár került, a repülőgép sárkánya megsérült, hajtóműve súlyosan károsodott.
8. Légijármű típusa: Mikojan-Gurjevics MiG-23 MF
A repülőtér körzetében villámcsapás érte a repülőgépet a fő Pitot-csővé. A kifejlődött pompázsjelenség hatására a hajtómű leállt.
9. Légijármű típusa: Mikojan-Gurjevics MiG-21 PF
Felszállás közben a hajtómű két forgórésze összeékelődött, pompázs következtében a hajtómű leállt.
10. Légijármű típusa: Antonov An-24

Zuhogó esőben végzett gyakorlórepülések során végrehajtott átstartolás-kor hajtómű leállítás következett be.

11. Légijármű típusa: Boeing 767–300

Felszállás közben a hajtómű egyik kompresszorlapátja kiszakadt, és a kompresszor fokozat súlyos sérülését okozta. Ennek következtében pompázs jelenség alakult ki.

12. Légijármű típusa: Tupoljev Tu–154 B2

Felszállás közben a lejegesedett törzsről és a szárnyakról jégdarabok kerültek a hajtóművekbe, a kifejlődött pompázs jelenség a hajtóművek károsodását okozta.

Mielőtt a repülőesemények részletes ismertetését elkezdeném, célszerűnek látom ismertetni a pompázs jelenség — mint a repülésre veszélyes hajtómű állapot — körülményeit, és a repülőgép-vezető tevékenységét. Ezek ismeretében talán közelebb kerülhetünk az események gyakorlati oldalához. Azért a MiG–21 típusú repülőgépet hozom fel példának, mert ez a típus a magyar katonai repülés (MN, MH) alapvető elfogó vadászrepülőgépe volt 1961 és 2000 között, és így valószínűleg a legismertebb hajtóművel rendelkezik.

A MiG-21 U/UM típusú repülőgép repülőgép-vezetői szakutasítása szerint a pompázs jelenség ismertető jelei:

- többszöri csattogás, ütés a repülőgép orr-részében, szívócsatorna pompázs esetén;
- egyszeri vagy többszöri csattogás a repülőgép farokrészében, hajtómű pompázs esetén;
- a fordulatszám és a turbina mögötti gáz hőmérséklet hirtelen csökkenése a hajtómű önleállításával egyidejűleg, ami az esetek többségében hajtómű pompázs esetén figyelhető meg $M > 1,7$ Mach-számokon;
- a hajtómű fordulatszáma és a turbina mögötti gáz hőmérséklet ingadozása, ami rendszerint hajtómű pompázs esetén lép fel, $M < 1,7$ Mach-számokon;
- a hajtómű fordulatszámának hirtelen csökkenése és esetenként a turbina mögötti gáz hőmérséklet növekedése, például fegyverzet alkalmazásakor.

A repülőgép-vezető tevékenysége:

- a) minden olyan esetben, amikor a hajtómű pompázst a fordulatszám csökkenése vagy a turbina mögötti gáz hőmérséklet növekedése kíséri:
 - a HVK „Stop” helyzetbe állításával azonnal állítsa le a hajtóművet, a hajtómű sérülésének elkerülése érdekében;
 - a kézi vezérlőkapcsolóval nyissa ki, majd a csattanások megszűnése után zárja el a pompázsgátló redőnyöket;
 - kapcsolja ki a robotpilótát;
 - süllyedjen a biztonságos légiindítás magasságára és indítsa be a hajtóművet;

- a HVK egyenletes mozgatásával állítsa be a hajtóművön a megadott üzemmódot és repüljön a repülőtérré.

A hajtómű pompázs a HVK „Alapgáz” helyzetbe állításával nem szűnik meg, bár a pompázsjelenség ismertetőjelei ilyenkor megszűnhetnek (nincsenek csattanások, a turbina mögötti gázhőmérséklet a maximálisan megengedettnél alacsonyabb, a fordulatszám értéke megközelíti az adott repülési magasságon és sebességnél megadott alapgáz fordulatszámot). Ha ezt követően a HVK-t az „Alapgáz” ütközőről a „Maximális” ütközőre állítjuk, a hajtómű pompázs elkerülhetetlenül megismétlődik.

- b) olyan esetekben, amikor a hajtómű pompázs 1,7-nél kisebb M-számokon lép fel, amit a hajtómű fordulatszám és a turbina mögötti gázhőmérséklet ingadozása kísér:
- kapcsolja ki az utánégetést;
 - a kézi vezérlőkapcsolóval nyissa ki a pompázsgátló redőnyöket;
 - csökkentse a repülési sebességet;
 - a pompázs megszűnése után zárja el a pompázsgátló redőnyöket;
 - fejezze be a feladat végrehajtását és repüljön a repülőtérré.

A hajtómű pompázs gyakoribb okai:

- rakétaindítás: a turbina mögötti gázhőmérséklet hirtelen emelkedésével vagy a hajtómű leállításával járó hajtómű pompázs esetén, állítsuk a HVK-t 1,5-2 másodpercre „Stop” ütközőre és indítsuk be a hajtóművet légiindítással. Normál helyzetben, rakétaindítás esetén 500 m magasságig és legalább 600 km/h műszer szerinti sebességgel a hajtómű alapgáz üzemmódján bekapcsolt légiindítás feliratú kapcsolóval (függetlenül attól, hogy van-e a repülőgépen automatikus indítórendszer). Indítás előtt 3-5 másodperccel állítsuk a HVK-t „Alapgáz” ütközőre, a fordulatszámot viszont csak 3-5 másodperccel az indítás után növeljük. Más üzemmódokon előfordulhat, hogy a hajtómű instabilan működik. A turbina mögötti gázhőmérséklet erőteljes növekedésével együtt járó hajtómű pompázs vagy leállítás esetén állítsuk a HVK-t „Stop” helyzetbe és indítsuk a hajtóművet légiindítással
- Mach-kúp automatikus szabályzó rendszer meghibásodása, a kúp bent maradása a repülőgép gyorsításakor: állítsuk a Mach-kúp vezérlőrendszer üzemmód kapcsolóját „kézi” helyzetbe és vezéreljük az előírt törvényszabás szerint;
- a hajtómű forgórész beékelődése (a két forgórész összeékelődése) esetén a repülőgép erősen ráz, nincs önforgása egyik, vagy mindkét forgórésznek, nincs „villa” a hajtómű fordulatszámjelző mutatóinak mozgásakor, nincs olajnyomás (a nagynyomású forgórész beékelődésekor). Ekkor a repülőgé-

- pet azonnal el kell hagyni, ha erre nincs lehetőség, kényszerleszállást kell végrehajtani;
- idegen tárgy hajtóműbe kerülése: ha a hajtómű üzemképes maradt minél előbb le kell szállni.

A REPÜLŐESEMÉNYEK RÉSZLETES ISMERTETÉSE

Az összegyűjtött és elemzett repülőesemények közül — a teljes írás nagy terjedelme miatt — három eseményt emelek ki. Az 1. és a 9. esemény során a hajtóművekben a pompázsjelenség teljesen kifejlődött. Az 5. repülőesemény leírásával érzékeltetni szeretném, hogy milyen mértékű károsodást képes okozni a hajtóműben, egy oda bejutó madár.

1. Légijármű típusa: Mil Mi-2; hajtómű típusa: Izotov GTD-350 (2 db).

A repülőesemény leírása és körülményei:

A helikopter személyzete gyakorló útvonalrepülést hajtott végre földközeli magasságon. Az útvonalat 160 km/h sebességgel kellett végrehajtani, 30–50 m magasságon. A feladaton belül a terepkövetésre kijelölt útvonalszakaszon a repülési magasság 15 m volt meghatározva. Felszállást követően a személyzet megkezdte az útvonalrepülést. A meghatározott terepszakaszt elérve 15 m magasságra süllyedve — az RV-3 rádiomagasság-mérő alapján — folytatták a feladat terepkövetéses módszerrel történő végrehajtását.

A veszélyhelyzet és a repülőesemény a felszállás utáni 38. percben 160 km/h sebességgel, 15 m magasságon következett be, amikor is a helikopter a település elhagyása után, az útvonalon két szórófejből álló öntözőberendezést keresztezett. Az öntözőberendezések átrepülése előtt mindkét szórófej a külső oldalra öntözött. A keresztezés időpontjában egymás után mindkét szórófej hirtelen a belső oldalra váltott át, és az általuk kibocsátott vízszögbeborította a helikoptert. Az öntözővíz nagymértékben rontotta a kilátást és bejutott a hajtóművekbe, melynek következtében azok leálltak. A helikopter a hajtómű leállás helyétől kb. 170–190 m-re 5°-os bólintási szöggel először az orrfutóval ért talajt. A talajba süllyedve történő kb. 20 m előrehaladás után mindhárom futó kitört. Továbbiakban 30 m-en keresztül a helikopter a törzs alsó részén csúszott, miközben kitört a helikopter-vezető fülke alsó üvegezése. Ennek, és a törzs alá gyűrődött orrfutó hatására jelentősen megnőtt a helikopter fékeződése, melynek következtében a helikopter egyre jobban az orr-részére billent.

A földetérés helyétől 46, 48, illetve 50 m-re az orrára billent helikopter forgólapátjai belecsaptak a talajba, eltörték, és az ütközéstől származó reakciónyomaték következtében a helikopter a függőleges tengelye körül jobbra elfordult, bal-

oldalára billent és a hossz tengely körül egyszer átfordult, majd a földetérés helyétől 74 m-re a baloldalán megállt.

Mielőtt a helikopter keresztezte volna az öntözőberendezést, a baloldali szórófej hirtelen irányt váltott. A helikopter-vezető, hogy elkerülje a víz sugárba történő belerepülést, jobb emelkedő manőverbe kezdett. Ekkor a helikopter sebessége 160 km/h, magassága kb. 15 m volt. Ezzel a manőverrel belekerült az ugyancsak irányt váltott jobboldali szórófej víz sugarába. Ugyanekkor a személyzet tagjai durranásszerű hangot hallottak a hajtóművek felől. A hanghatás és a műszerek jelzései alapján észlelték a hajtóműleállás tényét, és ezzel egy időben a gázhőmérséklet csökkenését, valamint a forgószárny fordulatszámának esését, amely ekkor már 70% alatt volt.

A vizsgálat során egyértelműen megállapítható, hogy a hajtóművek, a földetérés pillanatában már nem működtek. Ezt bizonyítja a hajtóművek turbókompresszor és szabadturbina forgórészeinek szabad, akadálymentes átforgathatósága és belső tisztasága.

A hajtómű leállás körülményeinek elemzése:

A hajtóművek egyidejű leállítását idegen tárgy hajtóműbe történő egyidejű bejutása váltotta ki. Mivel a bizottság madár beszívására utaló nyomokat egyik hajtóműben sem talált, ezért a helikopter vezető és a szemtanúk egybehangzó jelentése, és a kényszerleszállás helyszínének vizsgálata alapján a bizottság megállapította, hogy a hajtóművek leállítását a beléjük jutott nagy mennyiségű öntözővíz okozta.

Gázturbinás hajtóművek kompresszorában a sűrítési folyamat közben a levegő felmelegszik. Utazó üzemmódon a GTD-350 típusú hajtóművek kompresszorából kilépő levegő hőmérséklete $t_2 = 200\text{--}230\text{ }^\circ\text{C}$. A kompresszoron áthaladó levegő felmelegíti a kompresszor álló- és forgórészét, valamint a házat is. Gyakorlatilag, a kompresszor különböző keresztmetszeteinek hőmérséklete megegyezik a rajta átáramló sűrített levegő hőmérsékletével. A felhevült kompresszoron áthaladó víz gőzzé alakul át. A kompresszorba bejutó — a hajtómű levegőfogyasztásához viszonyítva (itt 2 kg/s) kis mennyiségű — víz (pl.: csapadék) még hasznos is a hajtómű működésére, ugyanis a párolgás hőelvonással jár, így csökken a sűrítendő levegő hőmérséklete. A hőmérséklet csökkenése maga után vonja a levegő nyomásának csökkenését is. Ugyanazon mennyiségű, de kisebb nyomású levegő sűrítéséhez kevesebb munkára van szükség, ezért javul a hajtómű effektív hatásfoka.

Nem ez a helyzet áll fenn, ha nagyobb mennyiségű víz jut a hajtóműbe, mert a kompresszor utolsó fokozataiban, a gőzzé alakuló víz térfogata jelentősen megnőne, amennyiben a terjeszkedésre megfelelő tér állna rendelkezésre. A kompresszorban erre nincs lehetőség, mert a hajtóműveket a maximális üzemmódnak megfelelő levegőfogyasztásra (áteresztő képességre) tervezik. Ezért a

gőzzé átalakult víz hatására a kompresszor utolsó fokozataiban a nyomás értéke megnő. A fokozatok, a megnövekedett nyomás hatására lezárnak és létrejön a pompázsjelenség a kompresszorban.

A fentiekben leírt módon alakult ki a pompázsjelenség a vizsgált helikopter hajtóműveiben is. A Mi-2 típusú helikopter hajtóműveiben már néhány dk/s víz bejutása is kiváltja a pompázst. Jelen esetben feltételezhető, hogy ettől nagyobb mennyiségű víz jutott a hajtóműbe, rövid idő alatt (ezt bizonyítja a 3-as számú forgószárny-lapátról letört szekció is, amely akkor következett be, amikor a helikopter a levegőben haladt, és a közel 600 km/h-val haladó lapátot a vízszugár alulról érte).

Tehát a hajtóművek az öntözőberendezés vízfüggönyén történő átrepülés következtében álltak le.

2. Légijármű típusa: Mikojan-Gurjevics MiG-21 PF; hajtómű típusa: Tumanszkij R-13 (1 darab)

A repülőesemény leírása és körülményei:

A repülőgép-vezető éjszakai repülési feladat végrehajtásához szállt fel. Az indítás és a gurulás során a repülőgép hajtóműve és annak rendszerei rendben működtek. A felszállás emelkedés előtti, gyorsuló szakaszában, az elindulástól 800–900 m-re ($V = 200\text{--}220$ km/h), a hajtóműből erőteljes durrogás-sorozat hallatszott. Ekkor már az orrfutó elemelés megtörtént. A toronyból is észlelték a hangjelenséget és a hajtóműből lángnyelvek kicsapását is megfigyelték. A repülőgép-vezető elhatározást hozott a felszállás folytatására, mivel megállni már nem tudott volna. A hajtómű tolóereje csökkenni kezdett. A közeli irányadó fölött (tengelyben, a küszöbtől 1 km-re, 110 m-en) a hajtómű az instabil üzemmód következtében leállt. A hajtómű újra indítása a leállás magassága miatt lehetetlen lett volna. A repülőgép-vezető katapultálást hajtott végre. A repülőgép 3–4 km távolság megtétele után egy vasúti töltés oldalának ütközött.

A hajtómű leállás körülményeinek elemzése:

A hajtómű szétszerelésekor megállapítást nyert, hogy a hajtómű két forgórésze mely eredetileg egymással csak gázdinamikai kapcsolatban van, a rögzítés oldódása következtében egymással mechanikai kapcsolatba került.

A konstrukció ismeretében feltételezhető okok a következők lehetnek:

- a két forgórész közötti csapágy kedvezőtlen üzemi körülmények között dolgozik (hőterhelés, kenés hiánya), a csapágy „besül”;
- a hosszú belső tengely miatt szférikus tengelykapcsolat van (gömbalátét, fészek), ami a mechanikai igénybevételt csökkenti, illetve így csak forgatónyomatékot közöl. Ha a gömbcsukló szétesik, a csőtengelybe beleszorulhat a belső tengely;
- a kisnyomású turbina forgórésztől belső tengelyen át történik a meghajtás a kisnyomású kompresszorhoz. A két forgórész rögzítése előlről, egy ko-

ronás anyával történik. Ha a kapcsolat fellazul, és a forgórészek a helyzetükből elmozdulnak, a két forgórész mechanikai kapcsolatba kerülhet a labirinttömítések összeszorulása által.

Jelen esetben a harmadik ok következtében ékelődött össze a két forgórész. A belső tengely összeszereléskor a rések pontos beállítása hézagoló betétek segítségével történik. A koronás anya biztosítása a bordás tengely hornyában fekvő nyelvvel valósul meg, amit belülről rugó feszít elő. Az anya axiális irányú haladása során, ha elér a tengely azon pontjához, ahol rögzítésre került a biztosító elem, a nyelv bepattan a koronás anya hornyába. Elképzelhető, hogy összeszereléskor a biztosító elem nem találta meg a helyét, viszont a hajtómű a forgórész széttemelésével járó nagyjavítás után, még több mint 100 órát üzemelt. A feltárás során a biztosító elemet a bizottság a horonyban megtalálta, azonban axiális irányban elmozdult. Tehát a rögzítő nyelv az anyával együtt a hajtómű rezgése következtében mozdult el. A fellazulás hosszabb folyamat eredménye volt, melyet elősegített a turbina és a kompresszor üzem közbeni, a tengelyre gyakorolt rezgése, húzása, csavarása. A folyamat elért egy olyan szélső helyzetet, amikor a belső és a külső tengely összeékelődött, a súrlódás következtében felhevült labirinttömítéseknél, illetve egyéb találkozó alkatrészeknél. Az elmozdulás ezért igen kismértékű lehetett.

Normális működés esetén a nagynyomású forgórész fordulatszáma nagyobb, mint a vezérelt kisnyomásúé (jelzett 100%-os fordulatszámon a nagynyomású forgórész fordulatszáma 11 362 1/min, míg a kisnyomásúé 11 156 1/min). Az állandósult üzemmódok együttműködési görbéje az összeakadás miatt a kisnyomású kompresszor karakterisztikán, a nagynyomású forgórész fordulatszámának csökkenésével a leválási határ felé mozdul el. A repülési sebesség növekedésével a kisnyomású kompresszor le is válik. Ez a hatás erősebb lesz, a leválás előbb bekövetkezik gyorsításkor.

Az $n_2/n_1 = 1,1$ — állandó eset vizsgálatának eredményéből kitűnik, hogy a forgórészek fordulatszám arányának állandósága a kisnyomású kompresszorban addig javítja a működési viszonyokat, amíg $n_2/n_1 \overset{\text{normál}}{<} 1,1$ azután az átszámított fordulatszám csökkenésével nő a leválás veszélye. A jelenségek a kompresszor első és utolsó fokozati sebességi háromszögeinek módosulásával, a lapátzáson kialakuló leválások létrejöttével magyarázhatók.

A hajtómű leállás oka, nagy valószínűséggel a kisnyomású kompresszor utolsó fokozatában létrejött leválás, amely kiváltotta a teljes kompresszor pompázst. A leválást a forgórészek összeakadása (együttlutása) idézte elő, ugyanis ekkor megszűntek a két forgórész adta kedvező stabilitási tulajdonságok.

Az üzemeltetési utasítás nem írja elő a rések és a tengelyek rögzítésének csapattörvények közötti ellenőrzését, ezt csak a hajtómű nagyjavítása során végzik.

A vizsgálatból látható, hogy van olyan repülőesemény, amely az üzemeltetés során hosszabb folyamat eredménye is lehet.

3. Légijármű típusa: Mikojan-Gurjevics MiG-21 MF; hajtómű típusa: Tumanszkij R-13 (1 darab)

A repülőesemény leírása és körülményei:

A repülőgép-vezető a vadászrepülőök harckiképzési tervezete szerinti, „szabad légi harc önálló célkutatással” gyakorlatot hajtott végre. A repülőesemény váratlan és gyors lefolyású volt, a megelőzés és elhárítás szempontjából időben mérhető veszélyhelyzet nem előzte meg. A géppár a légtérben végrehajtott légi harc feladat után besorolást hajtott végre a repülőtér fölé az „oszolj” és a leszállási manőverek végrehajtásához. Ekkor a gépünk kötelékben elfoglalt helyét tekintve bal kísérő volt. Az esemény a repülőtér fölött az „oszolj” manőver végrehajtása közben 500 m magasságon 600 km/h repülési sebességnél következett be.

A repülőgép-vezető az „oszolj” manőver végrehajtását várva, figyelmét a vezérgépre összpontosította, aki tőle jobbra 25–30°-on mintegy 100 m távolságra repült előtte. A besorolási irány és a naplemente közelsége miatt a nap erőteljesen szembesütött és rontotta az előre történő kilátást. Az adott körülmények, valamint a nagy sebesség miatt a repülőeseményt okozó madár időben való meglátása és kikerülése nem volt lehetséges. A madárral történő ütközés pillanatszerűen, egy nagy csattanás formájában következett be.

A repülőgép-vezető az ütközést követően azonnal jelentést tett a repülésvezetőnek, hogy nagy erejű csattanást észlelt a repülőgépen, amely minden valószínűség szerint madárral való ütközés következménye. A hajtómű működési paramétereiben eltérést nem tapasztalt. A leszállásig hátralévő számított repülési idő 3–4 perc volt, amelyet tovább rövidíteni nem lehetett.

A repülőgép sárkányának vizsgálata:

Az ütközés után a hajtómű és a fedélzeti rendszerek működési paramétereiben változás nem történt, a repülőgép kiegyensúlyozottan viselkedett. A bizottság a repülőgép előkészítettségében és a felszállás végrehajtásában rendellenességet nem tapasztalt. A bizottság megvizsgálta a rendelkezésre álló adatokat, a repülőgép dokumentációit és az objektív kontroll adatait. Szemrevételezte a repülőgépet és a kiépített hajtóművet.

Az acél orrgyűrűn, szemből nézve kb. 4 óra irányában madártól eredő toll, vér és húsmaradványok találhatók. Deformáció, sérülés nincs. A szívócsatorna belső felületén ugyanebben az irányban, elkenődési nyomok találhatók. A pompázsgátló redőny működtető rudazatán, merevítőin, illetve az állásszög jelző adóhoz menő fűtésesövön vér, hús és tollnyomok láthatók. Deformáció, sérülés az említett elemeken nincs. Vér, hús és elkenődési nyomok a szívócsatorna belső oldalán a felszálló-redőnyig. A felszálló-redőny mögött, középmagasságban kb. tenyérnyi méretben a belső borítás a beleütköző madár miatt felszakadt, hátrafelé

elhajlott. Rajta vér, hús és tollmaradványok. A leszakadó szegecsfejek a hajtóműbe kerültek. A madár maradványai ezután a baloldali szívócsatorna részbe csapódtak és a levegő-levegő radiátor gumiprofilját leszorító lemezből kb. 300×30×3 mm-es darabot kiszakított. A leszakadó lemez a hajtóműbe került.

A Mach-kúp kiépített állapotban ellenőrzésre került. A kúpon és a tereiben sérülés és anyaghiányra utaló nyom nem található. A repülési irány szerinti baloldali felszálló-redőnyökön kívülről elkenődési nyomok találhatók. Sérülés, deformáció nincs. A baloldali szárnytő és a fölötte elhelyezkedő szerelőlemezek alatt vér és húsnyomok találhatók, feltehetően a szívócsatorna belső borításának felszakadása következtében kerültek be. A sárkányon több sérülés nem található.

A hajtómű vizsgálatának eredményei:

Az áramvonalazó kúpon kemény tárgytól származó karcok láthatók. A perforált előtétcsatornán több beverődés, két darab lapátból anyagkiszakadás található. A kompresszor első fokozat forgórészén a szemrevételezés során öt darab lapát épek mondható, a többi erősen deformált, illetve sérült. Két darab lapátból anyag szakadt ki, mely a hajtóműbe került.

A kompresszor első fokozat állólapátjain sérülés nem látható. A kompresszor forgórész többi fokozatainak műszeres ellenőrzése során kiderült, hogy minden fokozaton a talált sérülések jóval a technológiában megengedett értékek fölött vannak. A turbina nagynyomású forgórésze ép, az álló terelő lapátokon és a forgó lapátokon erős fémolvadék nyomok találhatók. A diffúzor lapátokhoz közeli részén fémolvadék kifúvás nyomai láthatók.

A hajtóművön kívülről a mellső peremen 9 óra irányában, illetve a fő égőtér gyújtókammera csővezetékein vér-, hús- és tollnyomok láthatók. Deformáció, sérülés nem látható.

A kivizsgáló bizottság a repülőgép-vezető és a repülésirányító szolgálat, valamint a géppár parancsnok jelentései, a magnetofon lehallgatási jegyzőkönyv, az objektív ellenőrzési adatok, továbbá a repülőtechnika sérülései alapján egyértelműen megállapította, hogy a repülőeseményt a levegőben nagy repülési sebességénél bekövetkezett, nagytestű madárral való ütközés okozta.

Az ütközés bekövetkezését a fedélzeti adatrögzítő szalagon a hajtómű nagynyomású forgórész fordulatszám és a vízszintes túlterhelés egyidejű, kismértékű kitérései igazolják.

A bizottság feltételezi, hogy az ütközés egyedül repülő madárral történt, amelynek fajtája a szívócsatorna peremén fennakadt néhány szürke madártoll alapján tőkésréce lehetett.

A repülőgép sérült sárkánya csapatszinten javítható. A hajtómű összes technikai üzemidejéből hátralévő üzemidő 221 óra 27 perc, ezért javítása nem gazdaságos. A bizottság javasolja a hajtómű selejtté nyilvánítását.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. Sánta Imre: Kandidátusi értekezés. Budapest, 1993.
- [2] Fülöp Zoltán: Gázturbinák. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
- [3] Re/726: R-25-300-as hajtómű műszaki leírása, HM, 1977.
- [4] Re/1183: Repülőhajtóművek elmélete, HM, 1985.
- [5] Re/1315: Repülőgép-vezetői szakutasítás MiG-21 U/UM típusú repülőgéphez. HM, 1977.
- [6] Katonai Légügyi Hatóság repüléseményekre vonatkozó jelentéseinek szakmai kivonata.
- [7] Füleky András: Gázturbina kompresszorok instabil üzemmódjainak vizsgálata. (Diplomaterv) BME, Budapest, 2001.

A SZOJKA-III TÍPUSÚ PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐESZKÖZ SZTOCHASZTIKUS ANALÍZISE

A cikkben szereplő SZOJKA típusú pilóta nélküli repülőeszközön kívül még nagyon sok féle létezik, melyek a felhasználási területükben és így felszereltségükben különböznek egymástól, mégis működésük hasonló elven valósul meg. Minden repülőeszköz egy szabályozási rendszernek tekinthető, amelynek különböző minőségi követelményeknek kell, hogy megfeleljen. Az automatikus szabályozási rendszerek lehetővé teszik, hogy a repülőgép sokoldalúan felhasználható legyen, és a repülés biztonsága növekedjen. Az optimális szabályozási rendszerek tervezéséhez számos tervezési eljárás áll rendelkezésre, valamint jól alkalmazhatók a matematikai és irányítástechnikai szoftverek.

A cikkben törekedtem arra, hogy bemutassam a sztochasztikus analízishez szükséges elméleti ismeretek és ezen ismeretekre alapozva elkészítettem a SZOJKA típusú pilóta nélküli repülőgép sztochasztikus analízisét. Az analízishez a MATLAB program Control System Toolbox-át használtam. A számítógépes szimuláció előnyei: az egyszerű kezelhetőség és rugalmasság, az adatok eltárolhatók későbbi feldolgozás illetve újra felhasználásra.

A LÉGKÖRI TURBULENCIA MATEMATIKAI MODELLEZÉSE

A repülésszabályozó rendszerrel rendelkező légi járművek 3 dimenziós térbeli mozgását befolyásoló zavarásokat két részre oszthatjuk: külső zavarások és belső zajok. Belső zajok lehetnek például az érzékelők és erősítők zajai. Külső zavarások közé tartoznak a következők: légköri turbulencia, időjárási viszonyok, elektromágneses zajok, külső függesztmények változása (tömeg változása, áramlási viszonyok változása) stb.

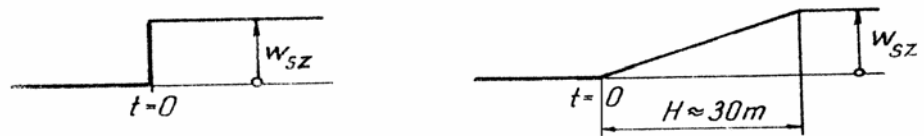
A külső zavaró tényezők közül az egyik legfontosabb a légköri turbulencia. Turbulenciáról akkor beszélünk, ha a levegő egy adott (kritikus) áramlási sebességet átlépve benne örvényképződés indul meg. Ennek hatására ezek a rétegek részecskéi vagy részecske csoportjai átlépnek egyik rétegből a másikba. Tehát a levegő ezen örvénylő, keveredő áramlását nevezzük turbolens áramlásnak vagy röviden turbulenciának. Létrejöttében több tényező is szerepet játszik, úgy, mint a tereptárgyak, a domborzat, a Nap sugárzásából származó hőenergia, a nagy légkörczések, a ciklonok és anticiklonok hatása [1, 9].

A matematikai modellezés során két módszert alkalmazhatunk: *determinisztikus* és *sztochasztikus*.

A determinisztikus modellezés

A determinisztikus modellezés során a következő két esetet különböztethetjük meg: a szellőkés és az „1-cos” függvény.

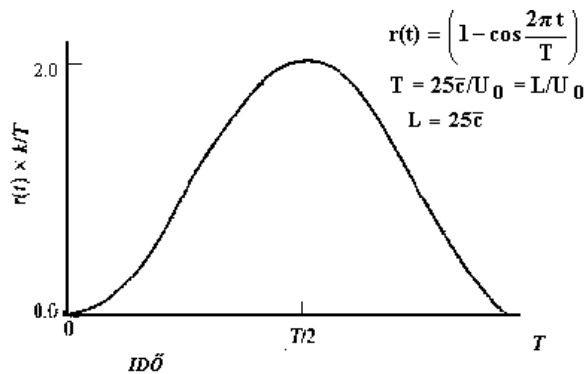
A szellőkés



1. ábra. Éles szél és fokozatos szél

A légkörben a szellőkés megoszlása rendezetlen és véletlenszerű, s így pontosan nem ismeretes. A függőleges sebesség változásától függően beszélhetünk éles szélű szellőkésről és fokozatos szellőkésről. Az első esetben a szellőkés ugrásszerűen jelentkezik, míg a másodikban a függőleges sebesség bizonyos H szakaszon (aminek hossza mérések szerint kb. 30 m) fokozatosan (pl. lineárisan) növekszik fel w értékére [1, 2, 3].

Az „1-cos” függvény



2. ábra. Az (1-cos) függvény

Az „1-cos” függvény a következő alakban adható meg:

$$v(t) = \frac{k}{T} \left(1 - \cos \left(2 \frac{\pi}{T} t \right) \right) \quad (1)$$

ahol: $T = \frac{L}{v_0}$ — időtartam;
 $L = 25 \bar{c}$ — léptéktényező;
 v_0 — egyensúly, méter/sec;
 k — arányossági tényező, szél intenzitás [1, 2, 3].

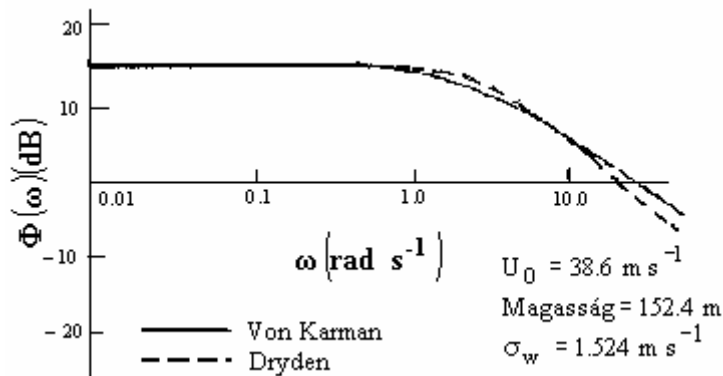
A sztochasztikus modellezés

A sztochasztikus modellezés során a Kármán és a Dryden modelleket kell megemlíteni. A Kármán modell (2) a teljesítmény-sűrűség függvény pontosabb leírását adja meg. Mivel a kifejezésben nem egész számok szerepelnek, így ez bonyolultabb számítást igényel. A Dryden modell (3) esetében az együtthatók egyszerűbbek, így kicsit pontatlan eredményt ad. A továbbiakban az egyszerűbb, vagyis a Dryden modellt használom fel az analízis elvégzéséhez [1, 2, 3].

$$\Phi_{\text{VK}}(\Omega) = \frac{\sigma^2 L}{\pi} \frac{\left[1 + \frac{8}{3}(1,339L\Omega)^2\right]}{\left[1 + (1,339L\Omega)^2\right]^{\frac{11}{6}}} \quad (2)$$

$$\Phi_{\text{Dry}}(\Omega) = \frac{\sigma^2 L}{\pi} \frac{(1 + 3L^2\Omega^2)}{(1 + L^2\Omega^2)^2} \quad (3)$$

A két modell teljesítmény-sűrűségfüggvény közötti különbséget a 3 ábrán figyelhetjük meg.



3. ábra. Karman és Dryden teljesítmény-sűrűség függvény

Ahol: Φ_{VK} és Φ_{Dry} — a Kármán és Dryden modell szerint a légköri turbulencia teljesítmény-sűrűség függvénye (a testkoordináta rendszerben),

$$\left. \begin{aligned} L_u = L_v = L_w = 1750 \text{ ft} \\ L_w = h_{cg} \text{ ft} \\ L_u, L_v = 145 h_{cg} \text{ ft} \end{aligned} \right\} \text{integrál lépték tényezők,}$$

σ szórás, Ω a térbeli körfrekvencia, valamint, a légköri turbulencia intenzitásának átviteli komponense:

$$\frac{\sigma_u^2}{L_u} = \frac{\sigma_w^2}{L_w} = \frac{\sigma_v^2}{L_v} \quad \text{Dryden modell szerint}$$

$$\frac{\sigma_u^2}{L_u^{2/3}} = \frac{\sigma_v^2}{L_v^{2/3}} = \frac{\sigma_w^2}{L_w^{2/3}} \quad \text{Karman modell szerint}$$

Megadható a légköri turbulencia test-koordinátarendszer tengelyeire eső sebességi összetevők rendteljesítmény-sűrűség függvényei, amelyek a következő alakban írhatók le:

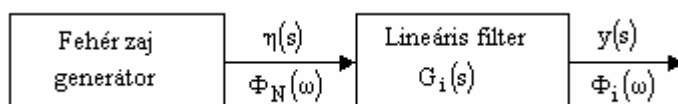
$$\left. \begin{aligned} \Phi_u(\Omega) &= 2\sigma_u^2 \frac{L_u}{\pi} \frac{1}{(1 + L_u \Omega)^2} \\ \Phi_v(\Omega) &= \sigma_v^2 \frac{L_v}{\pi} \frac{(1 + 3(L_v \Omega)^2)}{[1 + (1 + L_v \Omega)^2]^2} \\ \Phi_w(\Omega) &= \sigma_w^2 \frac{L_w}{\pi} \frac{(1 + 3(L_w \Omega)^2)}{[1 + (L_w \Omega)^2]^2} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

ahol: $\sigma_i^2 \triangleq \int_0^\infty \Phi_i(\Omega) d\Omega_i = u, v, w$ és $\omega = U_0 \Omega$, akkor,

$$\left. \begin{aligned} \Phi_u(\omega) &= \frac{2\sigma_u^2 L_u}{\pi U_0} \frac{1}{[1 + (L_u/U_0)^2 \omega^2]} \\ \Phi_v(\omega) &= \frac{\sigma_v^2 L_v}{\pi U_0} \frac{[1 + 3(L_v/U_0)^2 \omega^2]}{[1 + (L_v/U_0)^2 \omega^2]^2} \\ \Phi_w(\omega) &= \frac{\sigma_w^2 L_w}{\pi U_0} \frac{[1 + 3(L_w/U_0)^2 \omega^2]}{[1 + (L_w/U_0)^2 \omega^2]^2} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

A SZTOCHASZTIKUS JELEK LÉTREHOZÁSA MATLAB® KÖRNYEZETBEN

Adott intenzitású sztochasztikus jelet létrehozhatunk egy lineáris szűrő segítségével, ha meghatározzuk annak időtartamát, a sebességét, a magasságát és a teljesítmény-sűrűség függvényét. A szűrő bemenetére a fehér zaj generátor kimeneti jele kerül, $\eta(s)$ és $\Phi_N(\omega)$, kimeneti jelként $y(s)$ és $\Phi_i(\omega)$ fog megjelenni [1, 2, 3].



4. ábra. Blokk diagram

A folyamatot a következő egyenlettel adhatjuk meg:

$$\Phi_i(\omega) = |G_i(s)|_{s=j\omega}^2 \Phi_N(\omega) \quad (6)$$

ahol: $\Phi_N(\omega) = 1,0$ és $\Phi_i(\omega) = |G_i(s)|_{s=j\omega}^2$.

A szűrők a test-koordináta-rendszer tengelyeire megadhatók a következő alakban:

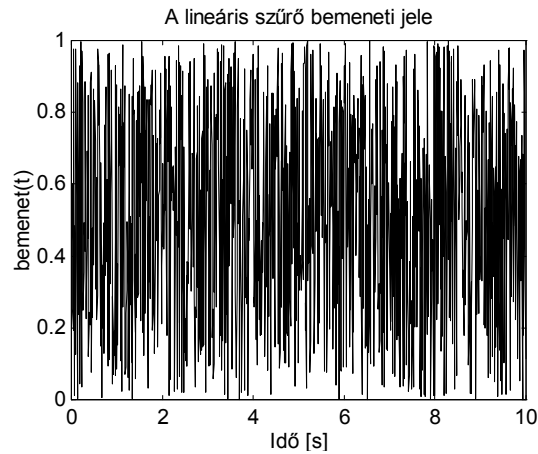
$$\left. \begin{aligned} G_u(s) &= \frac{\sqrt{K_u}}{(s + \lambda_u)} \\ G_v(s) &= \sqrt{K_v} \frac{(s + \beta_v)}{(s + \lambda_v)^2} \\ G_w(s) &= \sqrt{K_w} \frac{(s + \beta_w)}{(s + \lambda_w)^2} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

ahol: az együtthatók az alábbi formában adható meg:

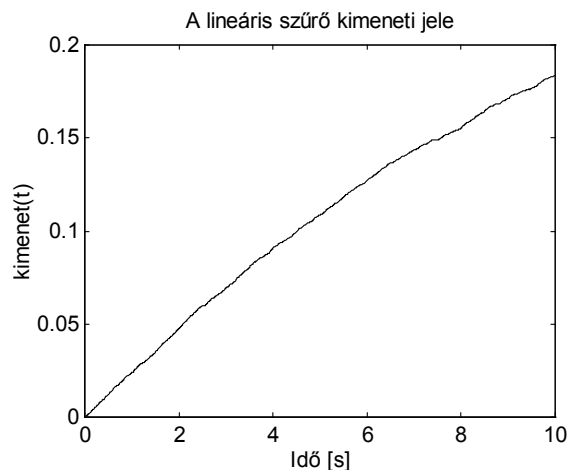
$$K_u = \frac{2U_0\sigma_u^2}{\pi L_u}; K_v = \frac{3U_0\sigma_v^2}{\pi L_v}; K_w = \frac{3\sigma_w^2}{\pi L_w U_0}; \beta_v = \frac{U_0}{\sqrt{3L_v}}; \beta_w = \frac{U_0}{\sqrt{3L_w}}$$

$$\lambda_u = \frac{U_0}{L_u}; \lambda_v = \frac{U_0}{L_v}; \lambda_w = \frac{U_0}{L_w}$$

A 4. ábrán látható blokkdiagram alapján a MATLAB[®] beépített segédfüggvényeivel a következő sztochasztikus jelet hoztam létre, amely a lineáris szűrő bemeneti (5. ábra) és kimeneti (6. ábra) jelét képezi:

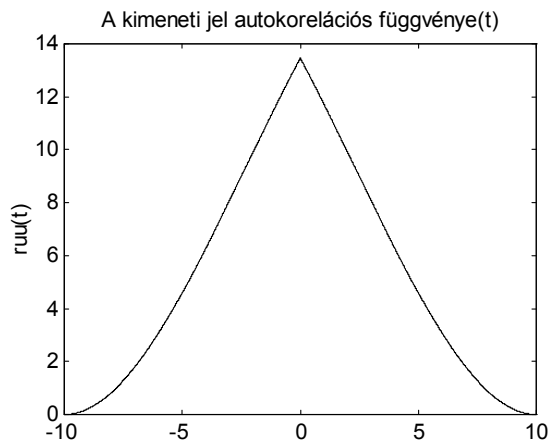


5. ábra. A lineáris szűrő bemeneti jele

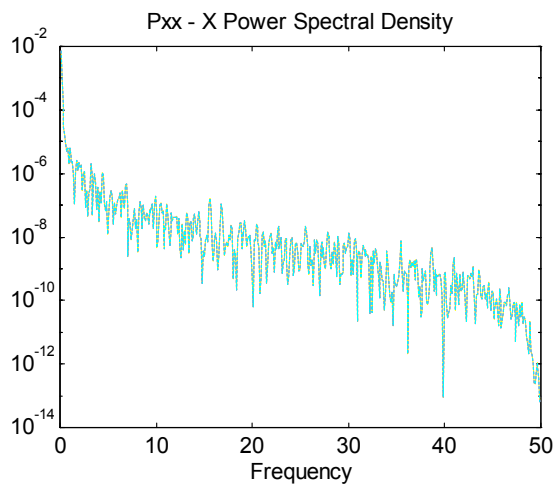


6. ábra. A lineáris szűrő kimeneti jele

A 7. és 8. ábrákon a létrehozott véletlen jel autokorrelációs és teljesítménysűrűség függvénye látható. Az autokorrelációs függvény a teljesítménysűrűség függvényből számítható szimmetrikus függvény, amelyből a folyamat dinamikájára és sávszélességére következtethetünk. A sávszélességből pedig a vizsgált rendszer időállandóit határozhatjuk meg [1].



7. ábra. A kimeneti jel autokorelációs függvénye

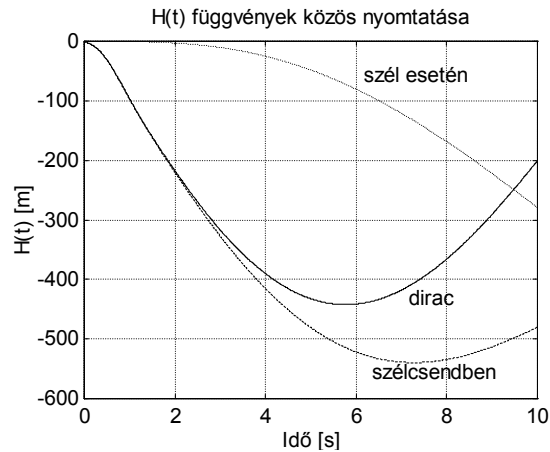


8. ábra. A kimeneti jel teljesítmény-sűrűség függvénye

A SZOJKA-III TÍPUSÚ PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐESZKÖZ SZTOCHASZTIKUS ANALÍZISE

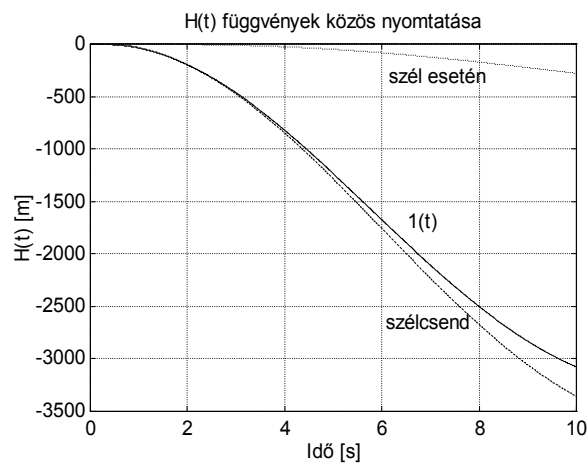
A SZOJKA-III típusú repülőgép számítógépes analízise során több esetet hasonlítottam össze (a sebesség minden esetben állandó, hol a magasság, hol pedig a tömeg változik) különválasztva a hosszirányú és az oldalirányú mozgást. A sztochasztikus analízishez ezen modellek közül egyet kiválasztva mutatom be a kapott eredményeket. A vizsgálatot a következő paraméterekre végeztem el: sebesség 150 km/h, magasság: 400 m, tömeg: 135 kg, hosszirányú mozgás [4, 5, 6, 7].

A 9. ábrán három görbét látunk közös koordináta rendszerben nyomtatva: a nemirányított repülőgép válaszfüggvényeit különböző bemeneti jelekre. Míg az egységnyi bemeneti jelre kezdeti zérus érték után közel lineáris csökkenés figyelhető meg, addig a másik két esetben közel azonos menetű görbét kapunk. Ezek a görbék nulla értékről meredeken csökkennek, majd pedig hasonló meredekséggel növekvő értékhez tartanak.



9. ábra. Nemirányított repülőgép válaszfüggvényei különböző bemeneti jelekre

A 10. ábrán szintén három görbét nyomtattam közös koordináta rendszerben: a nemirányított repülőgép válaszfüggvényeit különböző bemeneti jelekre. Az egységugrás bemenetre és a szélcsendben a görbék közel azonos értékeket vesznek fel, zérus értékről lineárisnak mondhatóan negatív értékhez tartanak. Míg zavarás mellett közel állandó értéket vesz fel a görbe.



10. ábra. A nemirányított repülőgép válaszfüggvényeit különböző bemeneti jelekre

Az időtartománybeli minőségi jellemzők számítása. Az eredményeket az 1.táblázatban foglaltam össze. A csillapítási tényező meglehetősen kicsi értékű, ami dinamikus folyamatra enged következtetni. A saját értékek rendelkeznek negatív valós résszel, amiből az következik, hogy a rendszer stabilis működésű.

Az időtartománybeli minőségi jellemzők számítása 1.táblázat

Sajátérték	Csillapítási tényező	Körfrekvencia [rad/s]
Hosszirányú mozgás — v=150 km/h, H=400 m, m=135 kg		
0	- 1	0
$-0,0258 \pm 0,2971 i$	0,0866	0,2982
$-2,2797 \pm 3,6071 i$	0,5342	4,2671

SZABÁLYOZÓ TERVEZÉSE LQR OPTIMÁLIS SZABÁLYOZÓ ELJÁRÁSSAL ÉS ANNAK ANALÍZISE

Az LQR (Linear Quadratic Regulator) módszer determinisztikus, többváltozós, teljes állapot visszacsatolású rendszerek szabályozóinak tervezésére szolgáló időtartománybeli algoritmus. A módszer feltételezi, hogy a dinamikus rendszer összes állapot változója érzékelőkkel mérhető. Keressük azt az optimális vezérlési törvényt, amelyik biztosítja, hogy a szabályozási rendszer úgy kerül egyik egyensúlyi állapotból a másik egyensúlyi állapotba, hogy egy előre meghatározott integrál kritérium minimális értéket vegyen fel [1, 8]. A leggyakrabban használt integrál kritérium függvény:

$$J = \int_0^T f_0(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) dt \quad (8)$$

Ezt a (8) célfüggvényt minimalizálni kell, mivel a költségek csökkentésére törekszünk. Az autonóm esetet figyelembe véve:

$$J = \int_0^T f_0(\mathbf{x}, \mathbf{u}) dt \rightarrow \text{MIN} \quad (9)$$

Önmagában stabilis, lineáris, autonóm szabályozása rendszer állapotegyenletét és kimeneti egyenletét az alábbi alakban szokás megadni:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu}; \mathbf{y} = \mathbf{Cx} + \mathbf{Du} \quad (10)$$

Ahol: \mathbf{x} állapotvektor, \mathbf{y} kimeneti vektor, \mathbf{A} állapotmátrix, \mathbf{B} bemeneti mátrix, \mathbf{C} kimeneti mátrix, \mathbf{D} közvetlen előrevezetési mátrix.

A minimalizálandó célfüggvény más alakban:

$$J = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} (\mathbf{x}^T \mathbf{Q} \mathbf{x} + \mathbf{u}^T \mathbf{R} \mathbf{u}) dt \rightarrow \text{Min} \quad (11)$$

Ahol a \mathbf{Q} és az \mathbf{R} súlyozó mátrix. Elemeit az állapotváltozók maximális értékéből számítjuk a négyzetes reciprok szabály használatával.

Keressük a \mathbf{K} teljes állapot visszacsatolási mátrix értékét. Tekintsük a referencia jelet zérusnak. Így az optimális vezérlési törvény:

$$\mathbf{U}^0 = -\mathbf{K} \mathbf{x} \quad (12)$$

Ha az optimális vezérlési törvényt (12) behelyettesítjük az állapotegyenletbe (10), és azt pedig az integrál kritériumba, majd azt rendezve megkapjuk:

$$\mathbf{K}^0 = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{P} \quad (13)$$

Az elfajult Ricatti féle mátrix egyenlet:

$$\mathbf{A}^T \mathbf{P} + \mathbf{P} \mathbf{A} - \mathbf{P} \mathbf{B} \mathbf{R}^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{P} + \mathbf{Q} = \mathbf{0} \quad (14)$$

A (14) egyenletből meghatározzuk a \mathbf{P} költségmátrixot, majd ezt behelyettesítjük az optimális állapot visszacsatolási mátrix egyenletébe (12) és megkapjuk a \mathbf{K} állapot visszacsatolási mátrixot. A szabályozótervezés folyamata a következő: a súlyozó mátrixok kiindulási értékét az állapotváltozók maximális értékének reciproka adja. Ezekkel a súlyozó mátrixokkal kiszámoljuk az állapot visszacsatolási mátrix értékét, majd a vizsgáljuk a zárt rendszer jellemzőit. Ha a minőségi követelményeknek nem felel meg a szabályozási rendszer, akkor a súlyozó mátrixok értékét kell változtatni, és újra vizsgálni a rendszer jellemzőit. Ezt a folyamatot addig kell folytatni. Míg meg nem elégszünk a rendszer minőségi jellemzőivel. A súlyozó mátrixok hangolása heurisztikus módon történik. A mátrixok megadásánál figyelembe kell venni, hogy az egyes mátrixok elemei fogják meghatározni az egyes erősítések nagyságát és így annak méret, tömeg, és energia felhasználás vonzata van [1, 8].

A szabályozó előzetes tervezése során, mivel nem állt rendelkezésemre információ az egyes állapotváltozók, és a bemeneti jel maximális értékéről, ezért, a szabályozó előzetes tervezése első lépésében az ún. azonos súlyozás elvét alkalmaztam. E módszer lényege, hogy a \mathbf{Q} és az \mathbf{R} mátrixok zérustól eltérő elemei egységnyi értékűek. E beállítással szabályozót terveztem, és megvizsgáltam, hogy a zárt szabályozási rendszer minőségi jellemzőit megfelelnek-e az előírásoknak. Megállapítottam, hogy azok (pl. a túlszabályozás) meghaladja az

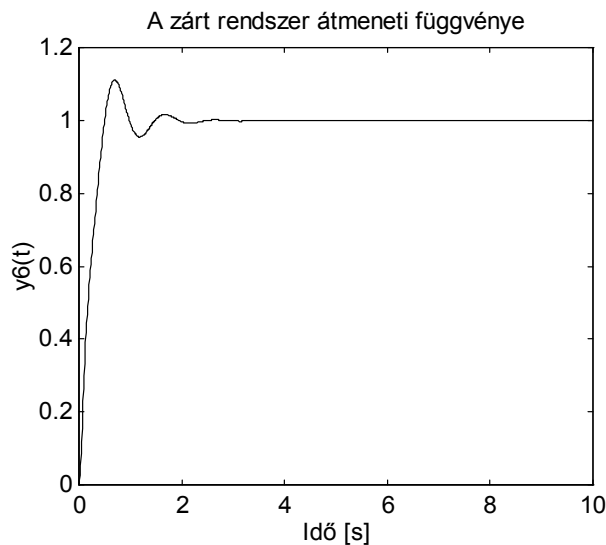
előírt értéket, tehát a súlyozó mátrixok elemeit hangolni szükséges. Több heurisztikus kísérlet után az alábbi mátrixokat alkalmaztam:

$$\mathbf{Q} = \text{diag}[1 \ 1 \ 1 \ 20 \ 1]; \mathbf{R} = 1 \quad (15)$$

E súlyozó mátrixok esetén kiszámítottam az optimális állapot-visszacsatolási mátrixot, amely a következő:

$$\mathbf{K} = [-0,0308 \ 24,1071 \ -30,5224 \ -4,4336 \ -0,3523] \quad (16)$$

A 11. ábrán a zárt szabályozási rendszer egységugrás bemeneti jelre adott válaszfüggvényét láthatjuk, amely néhány előjelváltó lengés után rövid idő alatt (3 sec) válik konstans értékűvé.



11. ábra. A zárt rendszer átmeneti függvénye

Az időtartománybeli minőségi jellemzők számítása. Az eredményeket a 2 táblázatban foglaltam össze. A csillapítási tényező meglehetősen kicsi értékű, ami dinamikus folyamatra enged következtetni. A saját értékek rendelkeznek negatív valós résszel, amiből az következik, hogy a rendszer stabilis működésű.

Az időtartománybeli minőségi jellemzők számítása 2. táblázat

Sajátérték	Csillapítási tényező	Körfrekvencia [rad/s]
Hosszirányú mozgás — $v = 150 \text{ km/h}$, $H = 400 \text{ m}$, $m = 135 \text{ kg}$		
-0,0487	1	0,0487
$-1,9242 \pm 6,4346 i$	0,2865	6,7162
$-14,8832 \pm 2,9845i$	0,9816	15,1621

KÖVETKEZTETÉSEK

Bemutattam a légköri turbulencia matematikai modelljeit, a MATLAB[®] beépített segédfüggvényeire alapozva létrehoztam egy sztochasztikus jelet, amellyel a SZOJKA-III típusú pilóta nélküli repülőeszközt, mint szabályozási rendszert gerjesztettem és vizsgáltam a rendszer választ. Az analízis fontosabb megállapításai a következők voltak:

- a nemirányított repülőgép minőségi jellemzői — a repülési magasság, a tömeg, és a repülési sebesség függvényében — széles határok között változhatnak;
- a valós fizikai környezet a repülőgép térbeli helyzetét érdemben befolyásolja;
- a repülőgép előírt minőségi jellemzőit az egyes repülési paraméterek szerint magvalósított állapot-visszacsatolások biztosítják;
- a szabályozók megtervezését szabályozástechnikai szoftverek segítik és támogatják.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. Csáki, F. - Bars, R.: Automatika, Tankönyvkiadó, Bp, 1986.
- [2] McLean, Donald: Automatic Flight Control Systems, Prentice-Hall, Inc., 1990.
- [3] MIL-F-8785C Flying and Handling Qualities of Piloted Airplanes, 1996.
- [4] SZOJKA-III/TV kooperációs fejlesztés tudományos-technikai adatai, IV. fejezet, Zelong instr., Brno, 1993.
- [5] Kis Andrea: Pilóta nélküli repülőgép automatikus repülésszabályozása, Szolnoki Tudományos Közlemények VI., Szolnok, 2002.
- [6] Pilóta nélküli repülőgépek fejlesztése a HTI-ben, Haditechnika, A Magyar Honvédség műszaki-tudományos és ismeretterjesztő folyóirata, 1997. különszám.
- [7] Szabolcsi, R. — Szegedi, P.: Pilóta nélküli repülőgép számítógépes analízise, Szolnoki Tudományos Közlemények VI., Szolnok, 2002.
- [8] Pelikán, S.: Digitális számítógép vezérlésű repülőgépek repülésszabályozó rendszere, Tudományos Diákköri Dolgozat, ZMNE BJKMFK RMI Fedélzeti Rendszerek Tanszék, 2001.
- [9] Szabó, M.: Turbulencia és az orkáncsatornák jellemzői, hatásuk a repülésre, Szakdolgozat, Szolnok, 1989.
- [10] http://www.pmulcahy.com/czech_uavs.html

MELLÉKLET

Az analízishez használt számítógépes program

```
*****
clear
% *** Transfer Function of the Linear Filter ***
% *** Weather
a=0.051379869*[0 1 0.030420386]; b=[1 0.10537931 0.002776199];
% Generating Random Signal
dt=0.01; t=[0:999]*dt;
randn('seed',0)
in=rand(t);
plot(t,in,'w-'), xlabel('Idő [s]'), ylabel('bemenet(t)'),
title('A lineáris szűrő bemeneti jele')
pause, clf, close

% *** Determination of the Output Signal of the Filter ***
out=lsim(a,b,in,t); plot(t,out,'-w')
xlabel('Idő [s]'), ylabel('kimenet(t)')
title('A lineáris szűrő kimeneti jele')
pause, clf, close

% *** FFT of the Output Signal ***
out1=fft(out); hz=[0:length(t)/2-1]/(length(t)*dt);
plot(hz,abs(out1(1:500)),'-w'), title('FFT of out(t)-Fourier')
pause, clg, close

% *** Determination of Autocorrelation Function ***
ruu=xcorr(out); tt=-flipud(t(2:1000)); tt=[tt;t];
plot(tt,ruu,'-w'), title('A kimeneti jel autokorrelációs függvénye(t)'),
ylabel('ruu(t)')
pause, clg, close

% *** PSD Function of the Output Signal ***
psdout=spectrum(out,1000); specplot(psdout,1/dt)
pause, clg, close

% *** Aircraft Transient Response Analysis ***
% *** Input of the Aircraft: Angular Deflection of the Elevator ***
% *** Output of the Aircraft: AoA ***
A=[-0.065 5.206 -9.81 0 0;
-0.011 -2.409 0 0 1;
```

```

0 0 0 0 1;
0 -41.667 41.677 0 0;
0.009 -13.032 0 0 -2.137];
B=[0 0 -0.065 -0.235 0;
0 0.853 -0.011 0 0.024;
0 0 0 0 0;
0 0 0 -1 0;
0 -18.586 0.009 0 0];
C=eye(5,5);
D=zeros(5,5);

% Determination of the impulse response of the aircraft
[Ar1,Br1,Cr1,Dr1]=ssselect(A,B,C,D,2,4);
y1=impz(Ar1,Br1,Cr1,Dr1,1,t); plot(t,y1,'-r'),grid
title('H(t) A nemirányított repülőgép súlyfüggvénye')
xlabel('Idő [s]'), ylabel('H(t) [m]')
pause, clg, close

% Determination of the response from vertical gust
y2=lsim(Ar1,Br1,Cr1,Dr1,out,t);
plot(t,y2,'-y'),grid
title('A nemirányított repülőgép H(t) függvénye szél esetén')
xlabel('Idő [s]'), ylabel('H(t) [m]')
pause, clg, close

% *** Determination of the Perturbed H(t) ***
y3=y1+y2; plot(t,y3,'-c'), grid
title('H(t) Szélcsendben'), xlabel('Idő [s]'), ylabel('H(t) [m]')
pause, clg, close

% *** Comparison of Behavior of the H(t) ***
plot(t,y1,'-w',t,y2,':w',t,y3,'--w'), grid
title('H(t) függvények közös nyomtatása')
xlabel('Idő [s]'), ylabel('H(t) [m]')
gtext('dirac')
gtext('szél esetén')
gtext('szélcsendben')
pause, clg, close

% Determination of the step response of the aircraft
y4=step(Ar1,Br1,Cr1,Dr1,1,t); plot(t,y4,'-r'),grid
title('A nemirányított repülőgép H(t) átmeneti függvénye')
xlabel('Idő [s]'), ylabel('H(t) [m]')
pause, clg, close
126

```

```

% *** Determination of the Perturbed H(t) ***
y5=y4+y2; plot(t,y5,'-c'), grid
title(' H(t) Szélcsendben'), xlabel('Idő [s]'), ylabel('H(t) [m]')
pause, clg, close

% *** Comparision of Behavior of the H(t) ***
plot(t,y4,'-w',t,y2,':w',t,y5,'--w'), grid
title('H(t) függvények közös nyomtatása')
xlabel('Idő [s]'), ylabel('H(t) [m]')
gtext('1(t)')
gtext('szélcsend')
gtext('szél esetén')
pause, clg, close

% *** SISO Aircraft Dynamic Performances ***
damp(Ar1)
pause
pzmap(Ar1,Br1,Cr1,Dr1)
pause, clg, close

% *** Controller synthesis Using LQR Method
Q=[1 0 0 0 0;0 1 0 0 0;0 0 1 0 0;0 0 0 0 1]; R=1;
K=lqr(Ar1,Br1,Q,R)
pause

% *** Closing the loop (zárt szabályozási rendszer)***
%*** A zárt rendszer mátrixainak definiálása***
AA=Ar1-Br1*K;
BB=Br1*K(4);
CC=Cr1; DD=Dr1;
y6=step(AA,BB,CC,DD,1,t);
plot(t,y6,'-w')
title('A zárt rendszer átmeneti függvénye')
xlabel('Idő [s]'), ylabel('y6(t)')
pause, clg, close

%*** A zárt szabályozási rendszer minőségi jellemzőinek számítása ***
damp(AA)
pause
pzmap(AA,BB,CC,DD)
pause, clg, close

```


A PILÓTANÉLKÜLI REPÜLŐGÉPEK IRÁNYÍTHATÓSÁGÁNAK ÉS MEGFIGYELHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

A pilótanélküli repülőgépek hasonlóan a hagyományos repülőgépekhez a háromdimenziós térben mozognak. Feladataikat előre programozottan, vagy valós időben távirányítva hajtják végre. Szabályozási rendszernek tekintve a repülőgépet az átviteli függvény és a súlyfüggvény csak akkor adja meg teljesen és helyesen a rendszer viselkedését, ha a rendszer irányítható és megfigyelhető [1]. Tehát, még az alkalmazás előtt fontos ismerni, hogy a repülőgép a rendelkezésre álló bemenő jelekkel (oldalkormány, hajtómű tolóerő, csűrő kormány, magassági kormány) vezérelve előre megtervezetten, az elvártaknak megfelelően fogja-e megvalósítani a kitűzött célt. A cikkben a Szojka-III pilótanélküli repülőgép — rendelkezésre álló matematikai modelljei alapján elvégzett — irányíthatósági és megfigyelhetőségi vizsgálatainak eredményei kerülnek bemutatásra. A vizsgálatok MATLAB környezetben futtatott, előre megírt program segítségével történtek. Az eredmények kiértékeléséhez a Kalman által 1961-ben bevezetett irányíthatóság és a megfigyelhetőség fogalma nyújt segítséget.

AZ IRÁNYÍTHATÓSÁG ÉS MEGFIGYELHETŐSÉG

Az irányíthatóság

Ha egy előírt $X_{(tv)}$ végállapot egy adott $X_{(tk)}$ kezdeti állapotból $u_{(t)}$ bemenő jel hatására elérhető, akkor az $X_{(tk)}$ kezdeti állapotot a t_k kezdeti időpontban irányítható. Ha a t_k kezdeti időpontban minden $X_{(tk)}$ állapot irányítható, akkor a rendszert t_k idő pillanatban irányítható. Ha ez t_k választásától független, akkor a rendszert teljesen irányíthatónak, röviden irányíthatónak nevezzük. Az ilyen rendszerben minden $X_{(tk)}$ állapot minden t_k időpontban irányítható. [1, 2, 3] Azaz a pilóta nélküli repülőgép irányíthatóságának vizsgálatára azért van szükség, hogy egyértelműen eldönthető legyen, hogy a repülőgép bemenő jelével, vagy jeleivel valamennyi kívánt rendszerállapot változás véges idő alatt megva-

lósítható-e, illetve a kimenő jele tetszőlegesen befolyásolható-e. A Kalman féle rang feltétel kimondja, hogy az n dimenziós rendszer akkor állapot irányítható, ha az \mathbf{A} (állapot mátrix) és \mathbf{B} (bemeneti mátrix, amelyen keresztül a bemeneti jelek hatnak a rendszerre) mátrixból felépíthető \mathbf{C}_{contr} irányíthatósági mátrix, rangja n (amelynek determinánsa nem zérus).

$$\mathbf{C}_{contr} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{A}\mathbf{B} & \dots & \mathbf{A}^{n-1}\mathbf{B} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Az irányíthatóság részben a rendszer pólusaitól és az azokhoz rendelhető állapotváltozók kapcsolatától (\mathbf{A}), részben a az irányító bemenetek kijelölésétől (\mathbf{B}) függ. [4, 5]

A megfigyelhetőség

Az irányíthatósággal rokon fogalom a megfigyelhetőség, az irányíthatóság duális megfelelője. Az $X_{(tk)}$ állapot a t_k időpontban megfigyelhető, ha adott $u_{(t)}$ irányítóvektorhoz található egy (esetleg $u_{(t)}$ menététől függő) t_v végidőpont oly módon, hogy $u_{(t)}$ és $v_{(t)} = g(x_{(t)}, u_{(t)}, t)$ kimeneti vektor lefolyásának ismerete a $t_k \leq t \leq t_v$ tartományban $X_{(tk)}$ meghatározásához elegendő. Ha minden $X_{(tk)}$ állapot megfigyelhető a t_k időpillanatban, akkor a rendszer megfigyelhető a t_k időpontban. Ha minden $X_{(tk)}$ állapot minden t_k időpontban megfigyelhető, akkor a rendszert teljesen megfigyelhetőnek, röviden megfigyelhetőnek nevezzük [1, 6].

Vagyis a megfigyelhetőség arra a kérdésre ad választ, hogy egy ismeretlen állapotú rendszer kimenő és bemenő jelének valamekkora ideig történő mérése után rekonstruálható-e a mérés kezdetén fennálló állapot. Vagyis, ha a kimenő jel nem tartalmaz információt az egyik állapotváltozóról a mérések eredményeiből nem tudunk visszakövetkeztetni az állapotváltozó értékére, változására. Tehát, ha az y kimenő jellel akarjuk a kezdeti állapotot előállítani, akkor a megfigyelhetőség a duális rendszer irányíthatósági feladatával lesz azonos, azaz megfordított hatásiránnyal vizsgálva a rendszer megfigyelhető, ha az \mathbf{O}_{obs} megfigyelhetőségi hipermátrix, rangja n .

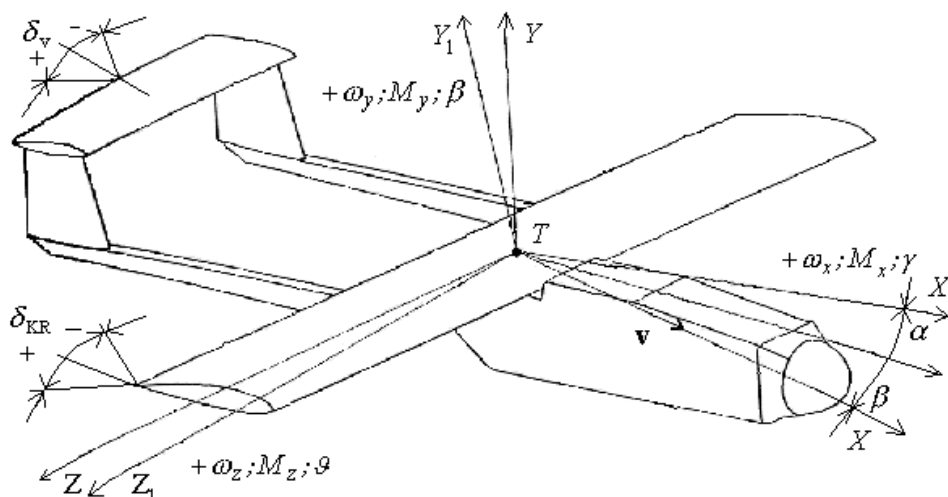
$$\mathbf{C}_0^T = \mathbf{O}_{obs} = \begin{bmatrix} \mathbf{C} \\ \mathbf{C}\mathbf{A} \\ \vdots \\ \mathbf{C}\mathbf{A}^{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{C}^T & \mathbf{A}^T \mathbf{C}^T & \dots & [\mathbf{A}^T]^{n-1} \mathbf{C}^T \end{bmatrix} \quad (2)$$

A megfigyelhetőség a rendszertől (\mathbf{A}) és a kimenő jelek (\mathbf{C}) kiválasztásától függ. [4]

A SZOJKA-III PILÓTANÉLKÜLI REPÜLŐGÉP IRÁNYÍTHATÓSÁGÁNAK ÉS MEGFIGYELHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

A Szojka-III pilótánélküli repülőgép felépítése

A Szojka-III egy pilótánélküli merev szárnyú, kis méretű és súlyú elsősorban harcászati szintű felderítési feladatok megoldására alkalmas repülőeszköz (1. ábra).



1. ábra. A Szojka-III vázlata

Indítása rakétás startkatapult berendezés segítségével, indításról történik. A földi irányítóállomásról távirányítással vagy a robotpilótába előzetesen betöltött útvonalprogram alapján működtetik. Képes félautomata irányítással is repülni, amikor is bizonyos repülési paramétereket a robotpilóta stabilizál. A repülőgép alapvetően kis magasságokon (repülési tartománya 50-2.000 méter) alacsony repülési sebességgel (maximális sebessége 220 km/h) repül. Teljes feltöltéssel maximum 3,5 órát képes a levegőben tartózkodni, maximálisan 150 kilométeres távolságban. A leszállítása ejtőernyővel történik, de a törzsre szerelt siklótalpra is le tud szállni. [9]

A repülőgép a test-koordináta rendszer három tengelye körül kormányozható. A magassági kormány δ_v szögkitérése által létesített nyomaték a repülőgép kereszt-tengely körüli bólintó mozgását, míg a csűrőlapok δ_{KR} szögkitérése által létesített nyomaték a repülőgép hossz-tengely körül orsózó mozgását hozza létre. A repülőgép több irányítási csatornával nem rendelkezik, mivel a hajtómű üzemállapota repülés közben nem változtatható és az oldalkormány nem került kiépítésre [7, 8].

A PILÓTANÉLKÜLI REPÜLŐGÉP IRÁNYÍTHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

A vizsgálat az állandó tömegű, állandó magasságon, 110 és 190 km/h közötti sebességgel repülő repülőgépre terjedt ki. Az üzemmódok paraméterei, egyenletei a mellékletben találhatóak.

üzemmód		Irányíthatósági mátrix	Irányítható-	Irányítható-e?
1	Oldal- irányú mozgás	$C_{cont1} = \begin{bmatrix} -25.9 & 98.3 & -230.7 & 644.9 & -251.58 \\ -4 & -3.8 & 40.3 & -71.1 & 63 \\ 0 & -7.8 & 4.5 & 36.4 & -58 \\ 0 & 25.9 & 98.3 & -230.7 & 644.9 \\ 0 & -4 & -3.8 & 40.3 & -71.1 \end{bmatrix}$	5	Igen
	Hossz- irányú mozgás	$C_{cont2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 3.2 & 0 & 418 & 0 & 444 & 0 & -5767 \\ 0 & 0.6 & 0 & -111 & 0 & 309 & 0 & 43 & 0 & -3189 \\ 0 & 0 & 0 & -10 & 0 & 113 & 0 & 601 & 0 & -3104 \\ 0 & 0 & 0 & -191 & 0 & 339 & 0 & 606 & 0 & 1708 \\ 0 & -10 & 0 & 113 & 0 & 601 & 0 & -3104 & 0 & 4568 \end{bmatrix}$	5	Igen
2	Oldal- irányú mozgás	$C_{cont3} = \begin{bmatrix} -362 & 1612 & -4884 & 17726 & -78582 \\ -7.1 & 3.1 & 644 & -1244 & 1319 \\ 0 & -106 & 5.7 & 592 & -1024 \\ 0 & -362 & 1612 & -4884 & 17726 \\ 0 & -7.1 & 3.1 & 644 & -1244 \end{bmatrix}$	5	Igen
	Hossz- irányú mozgás	$C_{cont4} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 3.8 & 0 & 564 & 0 & 779 & 0 & -1105 \\ 0 & 0.7 & 0 & -155 & 0 & 51 & 0 & 98 & 0 & -737 \\ 0 & 0 & 0 & -14 & 0 & 186 & 0 & 113 & 0 & -716 \\ 0 & 0 & 0 & -267 & 0 & 558 & 0 & -1168 & 0 & 3880 \\ 0 & -14 & 0 & 186 & 0 & 1173 & 0 & -7156 & 0 & 1230 \end{bmatrix}$	5	Igen

3	Oldal- irányú mozgás	$C_{cont5} = \begin{bmatrix} -48 & 247 & -883 & 3816 & -19415 \\ -12 & -1 & 104 & -204 & 135 \\ 0 & -15 & 8 & 103 & -202 \\ 0 & -48 & 247 & -883 & 3816 \\ 0 & -12 & -1 & 104 & -204 \end{bmatrix}$	5	Igen
	Hossz- irányú mozgás	$C_{cont6} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 44 & 0 & 746 & 0 & 1221 & 0 & -1951 \\ 0 & 0.9 & 0 & -206 & 0 & 783 & 0 & 185 & 0 & -1501 \\ 0 & 0 & 0 & -186 & 0 & 286 & 0 & 2079 & 0 & -1464 \\ 0 & 0 & 0 & -355 & 0 & 856 & 0 & -2070 & 0 & 7891 \\ 0 & -186 & 0 & 286 & 0 & 2079 & 0 & -1464 & 0 & 2888 \end{bmatrix}$	5	Igen
4	Oldal- irányú mozgás	$C_{cont7} = \begin{bmatrix} -62 & 359 & -1417 & 7410 & -4319 \\ -19 & -17 & 163 & -50 & -237 \\ 0 & -22 & -6 & 181 & -102 \\ 0 & -62 & 359 & -1417 & 7410 \\ 0 & -19 & -17 & 163 & -50 \end{bmatrix}$	5	Igen
	Hossz- irányú mozgás	$C_{cont8} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 95 & 0 & 182 & 0 & -3212 \\ 0 & 1 & 0 & -27 & 0 & 114 & 0 & 32 & 0 & -2824 \\ 0 & 0 & 0 & -24 & 0 & 42 & 0 & 343 & 0 & -2736 \\ 0 & 0 & 0 & -46 & 0 & 125 & 0 & 3412 & 0 & 14704 \\ 0 & -24 & 0 & 42 & 0 & 343 & 0 & -2736 & 0 & 6100 \end{bmatrix}$	5	Igen
5	Oldal- irányú mozgás	$C_{cont9} = \begin{bmatrix} -77 & 501 & -2201 & 12176 & -79227 \\ -29 & 8 & 278 & -518 & -760 \\ 0 & -31 & 20 & 303 & -726 \\ 0 & -77 & 501 & -2201 & 12176 \\ 0 & -29 & 8 & 278 & -518 \end{bmatrix}$	5	Igen
	Hossz- irányú mozgás	$C_{cont10} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 6 & 0 & 119 & 0 & 254 & 0 & -5007 \\ 0 & 1 & 0 & -33 & 0 & 159 & 0 & 50 & 0 & -4926 \\ 0 & 0 & 0 & -30 & 0 & 58 & 0 & 535 & 0 & -4772 \\ 0 & 0 & 0 & -57 & 0 & 174 & 0 & -5323 & 0 & 25611 \\ 0 & -30 & 0 & 58 & 0 & 535 & 0 & -4772 & 0 & 11879 \end{bmatrix}$	5	Igen

A PILÓTANÉLKÜLI REPÜLŐGÉP MEGFIGYELHETŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

A megfigyelhetőségi vizsgálat az állandó tömegű, állandó magasságon, 110 és 190 km/h közötti sebességgel repülő repülőgépre terjedt ki.

A **C** kimeneti mátrix minden esetben egy 5x5-ös egység (mindent áteresztő) mátrix. Az üzemmódok paraméterei, egyenletei a mellékletben található.

1. Üzem mód

Oldalirányú mozgás:

A megfigyelhetőségi mátrix

$$O_{obs1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -3.441 & -2.292 & -12.63 & 0 & 0 \\ 0.199 & -0.351 & -2.481 & 0 & 0 \\ 0.149 & 1 & -0.244 & 0.321 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 9.5025 & -3.9387 & 52.228 & -4.0542 & 0 \\ -1.1243 & -2.8139 & -1.0372 & -0.7964 & 0 \\ -0.0291 & -0.9365 & -4.3033 & -0.0783 & 0 \\ -3.441 & -2.292 & -12.63 & 0 & 0 \\ 0.199 & -0.351 & -2.481 & 0 & 0 \\ -29.7542 & 31.8308 & -122.9882 & 16.7652 & 0 \\ 2.3577 & 2.5273 & 21.434 & -0.3329 & 0 \\ -0.8059 & -3.908 & 3.7406 & -1.3814 & 0 \\ 9.5025 & -3.9387 & 52.228 & -4.0542 & 0 \\ -1.1243 & -2.8139 & -1.0372 & -0.7964 & 0 \\ 107.1584 & -65.9643 & 326.8323 & -39.4792 & 0 \\ -4.7493 & 15.143 & -41.2784 & 6.8803 & 0 \\ 1.1713 & 6.9594 & 18.9612 & 1.2007 & 0 \\ -29.7542 & 31.8308 & -122.9882 & 16.7652 & 0 \\ 2.3577 & 2.5273 & 21.434 & -0.3329 & 0 \end{bmatrix}$$

a mátrix rangja=5, megfigyelhető

Hosszirányú mozgás:

A megfigyelhetőségi mátrix

$$O_{obs2} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -0.067 & 5.14 & -9.91 & 0 & 0 \\ -0.021 & -1.776 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -30.556 & 30.556 & 0 & 0 \\ 0.012 & -7.003 & 0 & 0 & -1.567 \\ -0.1035 & -9.473 & 0.664 & 0 & -4.77 \\ 0.0507 & -3.9568 & 0.2081 & 0 & -3.343 \\ 0.012 & -7.003 & 0 & 0 & -1.567 \\ 0.6417 & 54.2675 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1275 & 23.4727 & -0.1189 & 0 & -4.5475 \\ 0.1486 & 49.6967 & 1.0252 & 0 & -1.3345 \\ 0.0396 & 30.6989 & -0.5025 & 0 & 1.4898 \\ 0.1275 & 23.4727 & -0.1189 & 0 & -4.5475 \\ -1.1826 & -93.0808 & -6.359 & 0 & 54.2675 \\ -0.556 & -9.1862 & -1.2631 & 0 & 30.4797 \\ -1.0696 & -78.1521 & -1.4729 & 0 & 52.813 \\ -0.6294 & -64.751 & -0.3922 & 0 & 27.8618 \\ -0.556 & -9.1862 & -1.2631 & 0 & 30.4797 \\ 2.6851 & -220.8021 & 11.7197 & 0 & -184.4769 \\ 0.5959 & -199.993 & 5.5103 & 0 & -58.211 \end{bmatrix}$$

a mátrix rangja=5, megfigyelhető

2. Üzem mód

Oldalirányú mozgás:

A megfigyelhetőségi mátrix

$$O_{obs3} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -4.066 & -1.964 & -15.118 & 0 & 0 \\ 0.163 & -0.387 & -3.465 & 0 & 0 \\ 0.097 & 1 & -0.289 & 0.272 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 14.7458 & -6.3723 & 72.6441 & -4.1121 & 0 \\ -1.0619 & -3.6354 & -0.1219 & -0.9425 & 0 \\ 0.0126 & -0.8665 & -4.8479 & -0.0786 & 0 \\ -4.066 & -1.964 & -15.118 & 0 & 0 \\ 0.163 & -0.387 & -3.465 & 0 & 0 \\ -58.0606 & 46.1495 & -221.8408 & 19.7592 & 0 \\ 2.771 & 3.3706 & 28.6862 & -0.0332 & 0 \\ -0.7412 & -4.5373 & 4.2135 & -1.3186 & 0 \\ 14.7458 & -6.3723 & 72.6441 & -4.1121 & 0 \\ -1.0619 & -3.6354 & -0.1219 & -0.9425 & 0 \\ 241.8376 & -125.6696 & 781.9645 & -60.3407 & 0 \\ -7.968 & 21.9396 & -61.8615 & -7.8027 & 0 \\ 1.3642 & 7.4252 & 25.7092 & 1.1461 & 0 \\ -58.0606 & 46.1495 & -221.8408 & 19.7592 & 0 \\ 2.771 & 3.3706 & 28.6862 & -0.0332 & 0 \end{bmatrix}$$

a mátrix rangja=5, megfigyelhető

Hosszirányú mozgás:

A megfigyelhetőségi mátrix

$$O_{obs4} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -0.064 & 5.182 & -9.81 & 0 & 0 \\ -0.015 & -2.091 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -36.111 & 36.111 & 0 & 0 \\ 0.01 & -9.786 & 0 & 0 & -1.852 \\ -0.0736 & -11.1672 & 0.6278 & 0 & -4.628 \\ 0.0423 & -5.4914 & 0.1472 & 0 & -3.943 \\ 0.01 & -9.786 & 0 & 0 & -1.852 \\ 0.5417 & 75.5081 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1276 & 38.638 & -0.0981 & 0 & -6.3561 \\ 0.1259 & 68.2587 & 0.7223 & 0 & -1.9683 \\ 0.0402 & 50.2881 & -0.4152 & 0 & 1.9581 \\ 0.1276 & 38.638 & -0.0981 & 0 & -6.3561 \\ -1.1673 & -155.0805 & -5.3137 & 0 & 75.5081 \\ -0.6513 & -17.93 & -1.2521 & 0 & 50.3114 \\ -1.0516 & -122.8143 & -1.2355 & 0 & 72.6263 \\ -0.7373 & -124.1064 & -0.3947 & 0 & 46.2465 \\ -0.6513 & -17.93 & -1.2521 & 0 & 50.3114 \\ 3.156 & -420.6978 & 11.4511 & 0 & -300.2353 \\ 0.8137 & -458.2309 & 6.3892 & 0 & -112.3587 \end{bmatrix}$$

a mátrix rangja=5, megfigyelhető

3. Üzem mód

Oldalirányú mozgás:

A megfigyelhetőségi mátrix

$$O_{obs5} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -4.7 & -1.7 & -18 & 0 & 0 \\ 0.1 & -0.4 & -4.6 & 0 & 0 \\ 0.1 & 1 & -0.3 & 0.2 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 20.6 & -9.2 & 98.5 & -4.2 & 0 \\ -1 & -4.7 & 1.1 & -1.1 & 0 \\ 0.1 & -0.9 & -0.57 & -0.1 & 0 \\ -4.7 & -1.7 & -18 & 0 & 0 \\ 0.1 & -0.4 & -4.6 & 0 & 0 \\ -96 & 66.9 & -362.2 & 23.2 & 0 \\ 3 & 4.8 & 39.1 & 0.3 & 0 \\ -0.8 & -5.4 & 5 & -1.3 & 0 \\ 20.6 & -9.2 & 98.5 & -4.2 & 0 \\ -1 & -4.7 & 1.1 & -1.1 & 0 \\ 459.4 & -225.4 & 1541.4 & -85.1 & 0 \\ -10.8 & 31.8 & -89.7 & 9.2 & 0 \\ 2 & 8.7 & 37.4 & 1.2 & 0 \\ -96 & 66.9 & -362.2 & 23.2 & 0 \\ 3 & 4.8 & 39.1 & 0.3 & 0 \end{bmatrix}$$

a mátrix rangja=5, megfigyelhető

Hosszirányú mozgás:

A megfigyelhetőségi mátrix

$$O_{obs6} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -0.065 & 5.206 & -9.81 & 0 & 0 \\ -0.011 & -2.409 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -41.667 & 41.667 & 0 & 0 \\ 0.009 & -13.032 & 0 & 0 & -2.137 \\ -0.053 & -12.8796 & 0.6377 & 0 & -4.6040 \\ 0.0362 & -7.286 & 0.1079 & 0 & -4.546 \\ 0.009 & -13.032 & 0 & 0 & -2.137 \\ 0.4583 & 100.3758 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1235 & 59.2903 & -0.0883 & 0 & -8.4652 \\ 0.1037 & 90.7503 & 0.5203 & 0 & -2.4032 \\ 0.0369 & 76.9839 & -0.3553 & 0 & 2.5367 \\ 0.1235 & 59.2903 & -0.0883 & 0 & -8.4652 \\ -1.1339 & -239.4192 & -4.4963 & 0 & 100.3758 \\ -0.7364 & -31.8684 & -1.2119 & 0 & 77.2922 \\ -1.0266 & -186.7585 & -1.0172 & 0 & 96.4063 \\ -0.8264 & -218.321 & -0.3618 & 0 & 71.2077 \\ -0.7364 & -31.8684 & -1.2119 & 0 & 77.2922 \\ 3.6107 & -737.2398 & 11.1238 & 0 & -458.4186 \\ 1.094 & -934.3352 & 7.2242 & 0 & -198.2538 \end{bmatrix}$$

a mátrix rangja=5, megfigyelhető

4. Üzem mód

Oldalirányú mozgás:

A megfigyelhetőségi mátrix

$$O_{obs7} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -5.3 & -1.5 & -21.3 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.5 & -5.9 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -0.4 & 0.2 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 27.2 & -13.8 & 130.7 & -4.4 & 0 \\ -0.8 & -5.9 & -3.1 & -1.2 & 0 \\ 0.1 & 0 & -6.7 & -0.1 & 0 \\ -5.3 & -1.5 & -21.3 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.5 & -5.9 & 0 & 0 \\ -145.2 & 81.9 & -547.9 & 27.2 & 0 \\ 2.3 & -4.7 & 53.2 & -0.6 & 0 \\ -0.8 & -6.8 & 0.5 & -1.4 & 0 \\ 27.2 & -13.8 & 130.7 & -4.4 & 0 \\ -0.8 & -5.9 & -3.1 & -1.2 & 0 \\ 786 & -283.4 & 2820.9 & -114 & 0 \\ -11 & 47.5 & -40.7 & 11.1 & 0 \\ 2.1 & -1.6 & 57.2 & 0.1 & 0 \\ -145.2 & 81.9 & -547.9 & 27.2 & 0 \\ 2.3 & -4.7 & 53.2 & -0.6 & 0 \end{bmatrix}$$

a mátrix rangja=5, megfigyelhető

Hosszirányú mozgás:

A megfigyelhetőségi mátrix

$$O_{obs8} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -0.1 & 5.2 & -9.8 & 0 & 0 \\ 0 & -2.7 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -47.2 & 47.2 & 0 & 0 \\ 0 & -16.7 & 0 & 0 & -2.4 \\ 0 & -14.7 & 0.7 & 0 & -4.6 \\ 0 & -9.4 & 0.1 & 0 & -5.1 \\ 0 & -16.7 & 0 & 0 & -2.4 \\ 0.4 & 128.8 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1 & 86.2 & -0.1 & 0 & -10.9 \\ 0.1 & 116.2 & 0.4 & 0 & -2.9 \\ 0 & 111.9 & -0.3 & 0 & 3.2 \\ 0.1 & 86.2 & -0.1 & 0 & -10.9 \\ -1.2 & -348.9 & -4.2 & 0 & 128.8 \\ -0.9 & -52.5 & -1.3 & 0 & 112.5 \\ -1.1 & -267.4 & -1 & 0 & 123.7 \\ -1 & -358.6 & -0.4 & 0 & 103.8 \\ -0.9 & -52.5 & -1.3 & 0 & 112.5 \\ 4.3 & -1210.4 & 11.7 & 0 & -665 \\ 1.4 & -1744.7 & 8.6 & 0 & -326.2 \end{bmatrix}$$

a mátrix rangja=5, megfigyelhető

5. Üzem mód

Oldalirányú mozgás:

A megfigyelhetőségi mátrix

$$O_{obs9} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -5.9 & -1.4 & -25.1 & 0 & 0 \\ 0.1 & -0.5 & -7.4 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -0.4 & 0.2 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 34.5 & -15.9 & 170 & -4.7 & 0 \\ -0.8 & -7.3 & 4.6 & -1.4 & 0 \\ 0.1 & -1 & -7.9 & -0.1 & 0 \\ -5.9 & -1.4 & -25.1 & 0 & 0 \\ 0.1 & -0.5 & -7.4 & 0 & 0 \\ -206.7 & 129.8 & -818.9 & 31.6 & 0 \\ 3 & 9.7 & 72.9 & 0.9 & 0 \\ -1.1 & -7.5 & 7.9 & -1.5 & 0 \\ 34.5 & -15.9 & 17 & -4.7 & 0 \\ -0.8 & -7.3 & 4.6 & -1.4 & 0 \\ 1250.8 & -596.5 & 4566.9 & -152.3 & 0 \\ -14.2 & 63.4 & -178.3 & 13.6 & 0 \\ 4.3 & 13.4 & 79.1 & 1.5 & 0 \\ -206.7 & 129.8 & -818.9 & 31.6 & 0 \\ 3 & 9.7 & 72.9 & 0.9 & 0 \end{bmatrix}$$

a mátrix rangja=5, megfigyelhető

Hosszirányú mozgás:

A megfigyelhetőségi mátrix

$$O_{obs10} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -0.1 & 5.2 & -9.8 & 0 & 0 \\ 0 & -3 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -52.8 & 52.8 & 0 & 0 \\ 0 & -20.9 & 0 & 0 & -2.7 \\ 0 & -16.4 & 0.7 & 0 & -4.6 \\ 0 & -11.7 & 0.1 & 0 & -5.8 \\ 0 & -20.9 & 0 & 0 & -2.7 \\ 0.4 & 160.8 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1 & 120.4 & -0.1 & 0 & -13.6 \\ 0.1 & 145.2 & 0.3 & 0 & -3.3 \\ 0 & 156 & -0.3 & 0 & 4 \\ 0.1 & 120.4 & -0.1 & 0 & -13.6 \\ -1.2 & -488.1 & -3.6 & 0 & 160.8 \\ -0.9 & -82 & -1.2 & 0 & 157.1 \\ -1 & -374 & -0.8 & 0 & 154.4 \\ -1.1 & -558.4 & -0.4 & 0 & 145 \\ -0.9 & -82 & -1.2 & 0 & 157.1 \\ 4.6 & -1881.9 & 11.3 & 0 & -927 \\ 1.7 & -3039.7 & 9.3 & 0 & -508.4 \end{bmatrix}$$

a mátrix rangja=5, megfigyelhető

KÖVETKEZTETÉSEK

A Kalman féle rang feltétel alapján elmondható:

- a repülőgép összes vizsgált állapota a rendelkezésre álló bemeneti paraméterrel irányítható;
- az összes állapotváltozója megfigyelhető.

A Szojka-III pilótánélküli repülőgép a kiépítésre került kormányzerveivel (csűrő, magassági kormány) előre meghatározott térbeli mozgásra képes. A repülőgép térbeli mozgásának jellemzői ($v_x, v_y, v_z, \omega_x, \omega_y, \omega_z$) változása visszavezethető a kormányfelületek mozgása által keltett nyomatékváltozásokra.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. Csáki Frigyes: Irányítástechnikai Kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [2] Dr. Csáki Frigyes – Bars Ruth: Automatika, Tankönyvkiadó, Budapest, 1972.
- [3] Csáki Frigyes: Korszerű Szabályozáselmélet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1970.
- [4] Dr. Tuschák Róbert: Szabályozástechnika, Műegyetemi Kiadó, 1994.
- [5] McLean, D.: Automatic Flight Control Systems, Prentice Hall, International Ltd, 1990.
- [6] Dr. Csáki Frigyes Fejezetek a szabályozástechnikából Állapotegyenletek, Műszaki Könyvkiadó, 1973.
- [7] SZOJKA-III/TV kooperációs fejlesztés tudományos technikai adatai, IV. fejezet, Zelong Instr., Brno, 1993.
- [8] Szabolcsi Róbert—Szegedi Péter: Pilóta nélküli repülőgép számítógépes analízise, Szolnoki tudományos konferencia MTESZ, Szolnok 2002. nov. 06. (CD-ROM).
- [9] Pilóta nélküli felderítő repülő eszközök. Haditechnikai Intézet, Haditechnika füzetek 1. sz. 1999.

MELLÉKLET

A Szojka-III matematikai modelljei a vizsgált üzemmódokon

Az irányíthatósági vizsgálatnál felhasznált paraméterek, egyenletek

1. Üzem mód Kiindulási adatok: $v = 110 \text{ km/h}$, $H = 400 \text{ m}$, $m = 135 \text{ kg}$

Az oldalirányú mozgás állapotegyenlete:

$$\dot{x}_1 = \begin{bmatrix} \dot{\omega}_x \\ \dot{\omega}_y \\ \dot{\beta} \\ \dot{\gamma} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = A_1 x_1 + B_1 u_1 + \Gamma_1 w_1 = \begin{bmatrix} -3,441 & -2,292 & -12,63 & 0 & 0 \\ 0,199 & -0,351 & -2,481 & 0 & 0 \\ 0,149 & 1 & -0,244 & 0,321 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \beta \\ \gamma \\ \psi \end{bmatrix} + (1)$$

$$+ [-25,919 \quad -3,967 \quad 0 \quad 0 \quad 0]^T \cdot \delta_{cs} + [0 \quad 0 \quad 0,033 \quad 0 \quad 0]^T \cdot w_z$$

A hosszirányú mozgás állapotegyenlete:

$$\dot{x}_2 = \begin{bmatrix} \dot{v}_x \\ \dot{\alpha} \\ \dot{H} \\ \dot{\omega}_z \end{bmatrix} = A_2 x_2 + B_2 u_2 + \Gamma_2 w_2 = \begin{bmatrix} -0,067 & 5,14 & -9,81 & 0 & 0 \\ -0,021 & -1,776 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -30,556 & 30,556 & 0 & 0 \\ 0,012 & -7,003 & 0 & 0 & -1,567 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_x \\ \alpha \\ H \\ \omega_z \end{bmatrix} + (2)$$

$$+ \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0,625 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & -9,995 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \delta_p \\ \delta_v \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0,067 & -0,321 & 0 \\ -0,021 & 0 & 0,033 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0,012 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_x \\ w_y \\ w_y \end{bmatrix}$$

2. Üzem mód Kiindulási adatok: $v = 130 \text{ km/h}$, $H = 400 \text{ m}$, $m = 135 \text{ kg}$

Az oldalirányú mozgás állapotegyenlete:

$$\dot{x}_1 = \begin{bmatrix} \dot{\omega}_x \\ \dot{\omega}_y \\ \dot{\beta} \\ \dot{\gamma} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = A_3 x_1 + B_3 u_1 + \Gamma_3 w_1 = \begin{bmatrix} -4,066 & -1,964 & -15,118 & 0 & 0 \\ 0,163 & -0,387 & -3,465 & 0 & 0 \\ 0,097 & 1 & -0,289 & 0,272 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \beta \\ \gamma \\ \psi \end{bmatrix} + (3)$$

$$+ [-36,201 \quad -7,134 \quad 0 \quad 0 \quad 0]^T \cdot \delta_{cs} + [0 \quad 0 \quad 0,028 \quad 0 \quad 0]^T \cdot w_z$$

A hosszirányú mozgás állapotegyenlete:

$$\begin{aligned} \dot{x}_2 = \begin{bmatrix} \dot{v}_x \\ \dot{\alpha} \\ \dot{H} \\ \dot{\omega}_z \end{bmatrix} = A_4 x_2 + B_4 u_2 + \Gamma_4 w_2 = \begin{bmatrix} -0,064 & 5,182 & -9,81 & 0 & 0 \\ -0,015 & -2,091 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -36,111 & 36,111 & 0 & 0 \\ 0,010 & -9,786 & 0 & 0 & -1,852 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_x \\ \alpha \\ H \\ \omega_z \end{bmatrix} + \\ + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0,739 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & -13,96 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \delta_p \\ \delta_v \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0,064 & -0,272 & 0 \\ -0,015 & 0 & 0,028 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0,01 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_x \\ w_y \\ \dot{w}_y \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (4)$$

3. Üzem mód Kiindulási adatok: $v = 150 \text{ km/h}$, $H = 400 \text{ m}$, $m = 135 \text{ kg}$

Az oldalirányú mozgás állapotegyenlete:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 = \begin{bmatrix} \dot{\omega}_x \\ \dot{\omega}_y \\ \dot{\beta} \\ \dot{\gamma} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = A_5 x_1 + B_5 u_1 + \Gamma_5 w_1 = \begin{bmatrix} -4,692 & -1,727 & -18,021 & 0 & 0 \\ 0,137 & -0,433 & -4,613 & 0 & 0 \\ 0,064 & 1 & -0,333 & 0,235 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \beta \\ \gamma \\ \psi \end{bmatrix} + \\ + [-48,196 \quad -12,089 \quad 0 \quad 0 \quad 0]^T \cdot \delta_{cs} + [0 \quad 0 \quad 0,024 \quad 0 \quad 0]^T \cdot w_z \end{aligned} \quad (5)$$

A hosszirányú mozgás állapotegyenlete:

$$\begin{aligned} \dot{x}_2 = \begin{bmatrix} \dot{v}_x \\ \dot{\alpha} \\ \dot{H} \\ \dot{\omega}_z \end{bmatrix} = A_6 x_2 + B_6 u_2 + \Gamma_6 w_2 = \begin{bmatrix} -0,065 & 5,206 & -9,81 & 0 & 0 \\ -0,011 & -2,409 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -41,667 & 41,667 & 0 & 0 \\ 0,009 & -13,032 & 0 & 0 & -2,137 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_x \\ \alpha \\ H \\ \omega_z \end{bmatrix} + \\ + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0,853 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & -18,586 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \delta_p \\ \delta_v \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0,065 & -0,235 & 0 \\ -0,011 & 0 & 0,024 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0,009 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_x \\ w_y \\ \dot{w}_y \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (6)$$

4. Üzem mód Kiindulási adatok: $v = 170 \text{ km/h}$, $H = 400 \text{ m}$, $m = 135 \text{ kg}$

Az oldalirányú mozgás állapotegyenlete:

$$\dot{x}_1 = \begin{bmatrix} \dot{\omega}_x \\ \dot{\omega}_y \\ \dot{\beta} \\ \dot{\gamma} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = A_7 x_1 + B_7 u_1 + \Gamma_7 w_1 = \begin{bmatrix} -5,318 & -1,549 & -21,339 & 0 & 0 \\ 0,116 & 0,483 & -5,926 & 0 & 0 \\ 0,042 & 1 & -0,378 & 0,208 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \beta \\ \gamma \\ \psi \end{bmatrix} + (7)$$

$$+ [-61,905 \quad -19,3 \quad 0 \quad 0 \quad 0]^T \cdot \delta_{cs} + [0 \quad 0 \quad 0,021 \quad 0 \quad 0]^T \cdot w_z$$

A hosszirányú mozgás állapotegyenlete:

$$\dot{x}_2 = \begin{bmatrix} \dot{v}_x \\ \dot{\alpha} \\ \dot{\Theta} \\ \dot{H} \\ \dot{\omega}_z \end{bmatrix} = A_8 x_2 + B_8 u_2 + \Gamma_8 w_2 = \begin{bmatrix} -0,069 & 5,244 & -9,81 & 0 & 0 \\ -0,009 & -2,727 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -47,222 & 47,222 & 0 & 0 \\ 0,008 & -16,740 & 0 & 0 & -2,422 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_x \\ \alpha \\ \Theta \\ H \\ \omega_z \end{bmatrix} + (8)$$

$$+ \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0,967 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & -23,872 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \delta_p \\ \delta_v \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0,069 & -0,208 & 0 \\ -0,009 & 0 & 0,021 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0,008 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_x \\ w_y \\ \dot{w}_y \end{bmatrix}$$

5. Üzem mód Kiindulási adatok: $v = 190 \text{ km/h}$, $H = 400 \text{ m}$, $m = 135 \text{ kg}$

Az oldalirányú mozgás állapotegyenlete:

$$\dot{x}_1 = \begin{bmatrix} \dot{\omega}_x \\ \dot{\omega}_y \\ \dot{\beta} \\ \dot{\gamma} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = A_9 x_1 + B_9 u_1 + \Gamma_9 w_1 = \begin{bmatrix} -5,943 & -1,412 & -25,072 & 0 & 0 \\ 0,099 & -0,535 & -7,402 & 0 & 0 \\ 0,027 & 1 & -0,422 & 0,186 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \beta \\ \gamma \\ \psi \end{bmatrix} + (9)$$

$$+ [-77,328 \quad -29,324 \quad 0 \quad 0 \quad 0]^T \cdot \delta_{cs} + [0 \quad 0 \quad 0,019 \quad 0 \quad 0]^T \cdot w_z$$

A hosszirányú mozgás állapotegyenlete:

$$\begin{aligned}
\mathbf{x}_2 = \begin{bmatrix} \dot{v}_x \\ \alpha \\ \dot{\Theta} \\ \dot{H} \\ \dot{\omega}_z \end{bmatrix} &= \mathbf{A}_{10} \mathbf{x}_2 + \mathbf{B}_{10} \mathbf{u}_2 + \mathbf{\Gamma}_{10} \mathbf{w}_2 = \begin{bmatrix} -0,074 & 5,24 & -9,81 & 0 & 0 \\ -0,007 & -3,047 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -52,778 & 52,778 & 0 & 0 \\ 0,007 & -20,912 & 0 & 0 & -2,707 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_x \\ \alpha \\ \Theta \\ H \\ \omega_z \end{bmatrix} + \\
&+ \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1,08 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & -29,82 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \delta_p \\ \delta_v \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0,074 & -0,186 & 0 \\ -0,007 & 0 & 0,019 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0,007 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_x \\ w_y \\ \dot{w}_y \end{bmatrix} \quad (10)
\end{aligned}$$

A megfigyelhetőségi vizsgálatnál felhasznált paraméterek, egyenletek

1. Kiindulási adatok: $v = 110 \text{ km/h}$, $H = 400 \text{ m}$, $m = 135 \text{ kg}$

Az oldalirányú mozgás rendszer mátrixa:

$$\mathbf{A}_1 = \begin{bmatrix} -3,441 & -2,292 & -12,63 & 0 & 0 \\ 0,199 & -0,351 & -2,481 & 0 & 0 \\ 0,149 & 1 & -0,244 & 0,321 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

A hosszirányú mozgás rendszer mátrixa:

$$\mathbf{A}_2 = \begin{bmatrix} -0,067 & 5,14 & -9,81 & 0 & 0 \\ -0,021 & -1,776 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -30,556 & 30,556 & 0 & 0 \\ 0,012 & -7,003 & 0 & 0 & -1,567 \end{bmatrix} \quad (12)$$

2. Kiindulási adatok: $v = 130 \text{ km/h}$, $H = 400 \text{ m}$, $m = 135 \text{ kg}$

Az oldalirányú mozgás rendszer mátrixa:

$$\mathbf{A}_3 = \begin{bmatrix} -4,066 & -1,964 & -15,118 & 0 & 0 \\ 0,163 & -0,387 & -3,465 & 0 & 0 \\ 0,097 & 1 & -0,289 & 0,272 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

A hosszirányú mozgás rendszer mátrixa:

$$A_4 = \begin{bmatrix} -0,064 & 5,182 & -9,81 & 0 & 0 \\ -0,015 & -2,091 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -36,111 & 36,111 & 0 & 0 \\ 0,010 & -9,786 & 0 & 0 & -1,852 \end{bmatrix} \quad (14)$$

3. Kiindulási adatok: $v = 150 \text{ km/h}$, $H = 400 \text{ m}$, $m = 135 \text{ kg}$

Az oldalirányú mozgás rendszer mátrixa:

$$A_5 = \begin{bmatrix} -4,692 & -1,727 & -18,021 & 0 & 0 \\ 0,137 & -0,433 & -4,613 & 0 & 0 \\ 0,064 & 1 & -0,333 & 0,235 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

A hosszirányú mozgás rendszer mátrixa:

$$A_6 = \begin{bmatrix} -0,065 & 5,206 & -9,81 & 0 & 0 \\ -0,011 & -2,409 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -41,667 & 41,667 & 0 & 0 \\ 0,009 & -13,032 & 0 & 0 & -2,137 \end{bmatrix} \quad (16)$$

4. Kiindulási adatok: $v = 170 \text{ km/h}$, $H = 400 \text{ m}$, $m = 135 \text{ kg}$

Az oldalirányú mozgás rendszer mátrixa:

$$A_7 = \begin{bmatrix} -5,318 & -1,549 & -21,339 & 0 & 0 \\ 0,116 & 0,483 & -5,926 & 0 & 0 \\ 0,042 & 1 & -0,378 & 0,208 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (17)$$

A hosszirányú mozgás rendszer mátrixa:

$$A_8 = \begin{bmatrix} -0,069 & 5,244 & -9,81 & 0 & 0 \\ -0,009 & -2,727 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -47,222 & 47,222 & 0 & 0 \\ 0,008 & -16,740 & 0 & 0 & -2,422 \end{bmatrix} \quad (18)$$

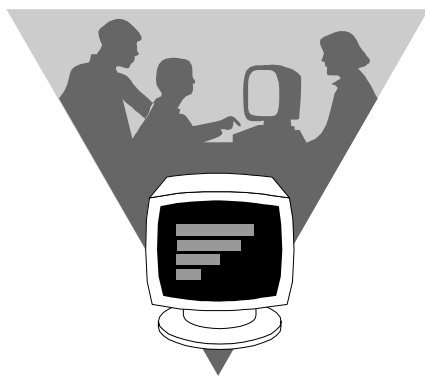
5. Kiindulási adatok: $v = 190 \text{ km/h}$, $H = 400 \text{ m}$, $m = 135 \text{ kg}$

Az oldalirányú mozgás rendszer mátrixa:

$$A_9 = \begin{bmatrix} -5,943 & -1,412 & -25,072 & 0 & 0 \\ 0,099 & -0,535 & -7,402 & 0 & 0 \\ 0,027 & 1 & -0,422 & 0,186 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (19)$$

A hosszirányú mozgás rendszer mátrixa:

$$A_{10} = \begin{bmatrix} -0,074 & 5,24 & -9,81 & 0 & 0 \\ -0,007 & -3,047 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -52,778 & 52,778 & 0 & 0 \\ 0,007 & -20,912 & 0 & 0 & -2,707 \end{bmatrix} \quad (20)$$



MŰSZAKI TUDOMÁNYI ROVAT

Rovatvezető: Dr. Gedeon József
Rovatszerkesztők: Dr. Szabolcsi Róbert
Vörös Miklós

FÖLDI GÁZTURBINÁK

Írásom célja a földi gázturbinák alapvető alkalmazásainak ismertetése. A hő mechanikai munkává alakítása a gőzgépekben kezdődött és azóta is a mérnöki tevékenység egyik központi kérdése: miként lehet jó hatásfokkal minél kisebb térfogat mellett minél nagyobb teljesítményt elérni. E szüntelenül végzett kutató, fejlesztő munka első eredménye a gázmotor, majd a Diesel-motor, amelynek megjelenése a nehézkes gőzgépet kívánta helyettesíteni.

A növekvő energiaszükségletet azonban sem a gőzgép, sem a Diesel-motor nem fedezte. A XIX. század gőzturbináinak kísérleteit hamarosan felváltották a gázturbinával foglalkozó kutatások. A XX. század elején épült gázturbinák, alig 3%-os hatásfok mellett, szinte csak az üresjárási veszteséget voltak képesek fedezni. Az állandó nyomású gázturbinák fejlesztése itt egy időre abbamaradt, mivel az áramlástan és anyagtechnológiai ismeretek még nem álltak rendelkezésre ahhoz, hogy az ilyen nagymértékben igénybevett gépet megalkothassák.

A gázturbinák fejlesztése, —az említett nehézségek miatt — az ún. robbanó turbinák irányába folytatódott. Az 1920-as években már működő és viszonylag nagy teljesítményű gázturbinák készültek.

Az állandó nyomású munkafolyamat szerint működő gázturbinák kísérletek az 1930-as évek közepe felé megújultak. Jendrassik György 1938-ban a világon először ért el 21% effektív hatásfokot, kb. 100 LE-s (73,6 kW) gázturbinájával. Mind kompresszora, mind turbinája igen jó hatásfokú volt, a fokozati hatásfok 80%-ot is meghaladta. Berendezésének megalkotásával számos külföldi szabaldalmat is elnyert.

Viszonylag hosszú idő telt el addig, amíg a nagyobb teljesítményű gázturbinákat erőművekben is felhasználták, aminek egyik gátló tényezője a kis hatásfokuk volt, mivel a turbinába belépő gázhőmérséklet megengedett értéke csupán 600 °C-ig terjedt.

Ez a helyzet a 70-es évek elejére megváltozott. A turbinák előtti hőmérséklet a 900 °C-ot is elérhette, míg a gépek 100 MW-os egység teljesítmény leadására is alkalmasak lettek.

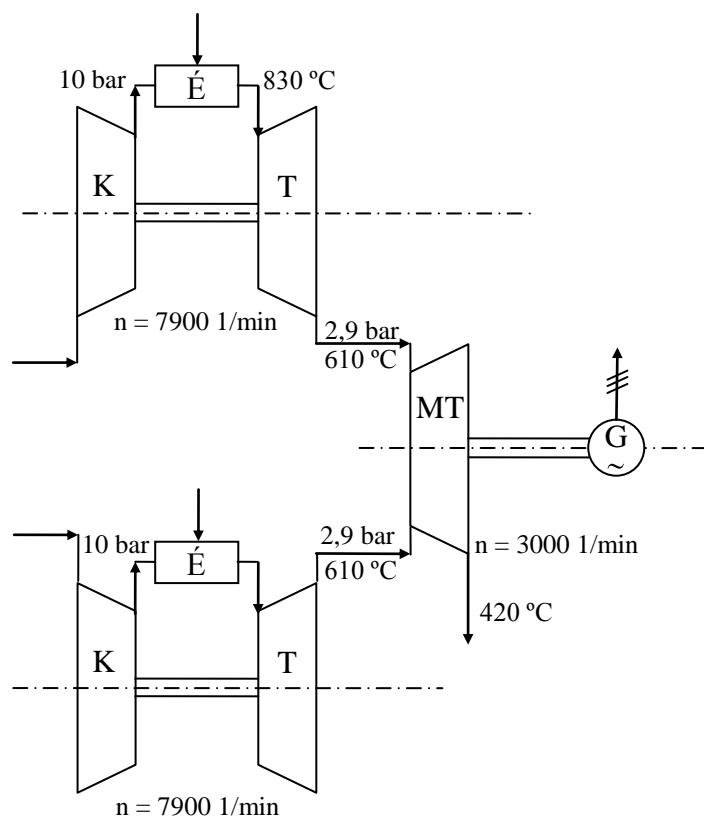
Az energia-termelésben alapvető szempont a gazdaságosság. Az előállított kWh költsége a beruházási és az üzemanyag költségből tevődik össze. A gázturbinák beruházási költségei lényegesen kisebbek, mint a gőzturbinás berendezéseké. A drága csúcsteljesítmény-költségek (amikor a villamos energia felhasználás napi maximumot ér el), a gázturbinák felhasználásával csökkenthetők.

A gázturbináknak növekvő csúcserőművi felhasználása mellett szól a rövid, néhány perces indítási idő, amely után a gázturbinás berendezés a maximális teljesítményig terhelhető. Megtakaríthatók mindazok a költségek, amelyek a gózturbinák üzemmeleg állapotban tartásához szükségesek.

Napjainkban fontos szempont még az is, hogy a gázturbina hűtővízigénye nagyon csekély. A gázturbinás erőművek a fogyasztási súlypontba telepíthetők, így a távvezetékek hossza is kevesebb lesz. A berendezések távirányítással automatikusan indíthatók, terhelhetők, tarthatók üzemben és állíthatók le.

REPÜLŐGÉP GÁZTURBINÁK GÁZGENERÁTORKÉNT VALÓ ALKALMAZÁSA

A két sugárhajtómű, amely kompresszorból, és annak teljesítményét fedező turbinából áll, a kilépő égéstermékkel egy munkaturbinát táplál, amely egy tengelyen van az áramfejlesztést szolgáló generátorral (1. ábra).



1. ábra. Repülőgép gázturbina

Figyelemre méltó, hogy az egyik ágat nézve a tüzelőtérben felszabadult energia két turbina között oszlik meg. Az első turbina nagy fordulatszámú ($n = 7900$ 1/min) és a turbina előtti gázhőmérséklet (890 °C) a sugárhajtóműveknél mért értékkel megegyező. Ez a géprész önálló egységet alkot, kis súlyú és kis helyigényű. Két ilyen gázgenerátort kapcsolnak egy munkaturbinához.

A munkaturbina a generátor fordulatszámon üzemel ($n = 3000$ 1/min). A fennmaradó entalpiaváltozást egy fokozatban dolgozza fel. Egyszerű felépítésű, a turbinaházban fellépő legnagyobb hőmérséklet 615 °C, így a szilárdsági és hőtágulási problémák könnyebben megoldhatók.

A gázgenerátor nagy nyomásviszonnyal dolgozik ($\pi_k = 10$), és a turbinában uralkodó magas gázhőmérséklet következtében jó termikus hatásfok érhető el ($\eta_t = 26\%$). A gázgenerátorok egyikének leállításával, az üzemeltetés fél terheléssel egyszerűen folytatható.

Ilyen felépítésű berendezéseket a korábbi NSZK-ban 1967 óta működtetnek, 50–80 MW teljesítménnyel (Rolls-Royce Avon 1533 gázgenerátorral).

A fejlesztési munkák Angliában indultak meg, ahol 1960-ban egy kéttengelyes légszűrős gázturbinával (Proteus) csekély átalakítás után $n = 3000$ 1/min fordulatszámú 2,7 MW teljesítményű generátort hajtottak meg csúcs- és alaperőművi üzemben.

Ezzel egyidőben az Egyesült Államokban hasonló felépítésű könnyű gázturbinákat építettek be a földgáz kompresszor állomásokon, kompresszor és alaperőművi üzem számára.

A világon a 70-es évek végére közel 15 000 MW teljesítményű villamos energiatermelő és 3000 MW teljesítményű szivattyú- és kompresszorhajtó könnyű gázturbina került üzembe. Elterjedésüket elősegítette a kis beruházási költségük, és üzembiztosságuk.

Ismeretes, hogy a repülőgép-hajtóművek fejlesztése terén — különösen Angliában — a nagyfokú támogatás eredményeként komoly sikereket értek el. Ennek következtében a turbinába belépő gázhőmérséklet, a nyomásviszony, valamint a nagyjavítások közötti üzemidő lényegesen növelhető volt.

A földi üzemelésű hajtóművek számára az erősen igénybevett alkatrészek élettartamának növelése érdekében bizonyos változtatásokat kellett végrehajtani. A belépő gázhőmérsékletet és a fordulatszámot nem változtatták meg. Azonban a hőterhelés által támasztott követelmények megnövekedtek, különösen a tüzelőtérben, és az azt követő részekben.

A hajtómű levegőfogyasztása a folytonossági törvény alapján, változatlan kompresszor beömlő keresztmetszet és belépő sebesség mellett: $m = \rho \cdot c \cdot A$

A levegő sűrűsége a beszívott levegő állapotának a függvénye:

- 12 km magasságban $t = -56,5$ °C és $p = 0,19$ bar esetén $\rho = 0,31$ kg/m³;
- tengerszinten $t = 15$ °C és $p = 1,03$ bar esetén $\rho = 1,225$ kg/m³.

A tengerszinten tehát $1,225/0,31 \cong 4$ -szeres a légnyelés, ennek megfelelően a tüzelőanyag mennyiség is négyszeres, következésképpen a hőterhelés lényegesen nagyobb. Jelentős változtatásokat ennek ellenére sem kell tenni, csupán a tüzelőtér hőtágulást felvevő felfüggesztéseit és a tüzelőanyag-porlasztót — a kerozinról Dízel, vagy könnyebb olajra való áttérés miatt — kell átalakítani. Módosítani kell a tüzelőtérben az égéstermék vezetését az egyenletes hőmérséklet-eloszlás érdekében.

Ezeknek a kis költségű átalakításoknak eredményeként a tüzelőrendszer élettartama az eredeti kialakításhoz képest 5–10-szeres is lehet.

Az eddig tárgyalt földi gázturbina nyitott munkafolyamatú volt, ami azt jelenti, hogy a gázgenerátoron átáramló közeget minden esetben a szabadból kapjuk.

Üzemelnek olyan földi gázturbinák is, ahol közvetlen generátor-meghajtást valószínűleg meg. 20 MW-nál kisebb teljesítményű gázturbinák fordulatszáma nagyobb, ezért a generátorhoz fogaskerék-áttételen keresztül csatlakoznak. A gépek kisebb átmérővel és hosszabb lapátokkal rendelkeznek, ami kedvező áramlási viszonyokat teremt, továbbá kisebbek a beruházási költségek, és kisebb a helyigény.

GÁZTURBINÁK FŰTŐERŐMŰVI ALKALMAZÁSA

A gázturbinák különösen alkalmasak fűtőerőművi alkalmazásra (2. ábra), mivel a turbinából nagymennyiségű meleg, 400–500 °C hőmérsékletű gáz lép ki. Mindehhez még további fontos tényezők járulnak, például a kis hűtővízigény, villamos-energia termelés folyik a fűtőberendezés üzemelése nélkül nyáron is, alacsony beruházási költségek.

A gőzturbinás fűtőerőművek elvételes kondenzációs gőzturbinákkal üzemelnek. A turbina kondenzációs része tehát hűtővizet igényel. Beruházási költsége a gőzkazán és a kondenzátor költségei miatt lényegesen nagyobbak.

Nyitott munkafolyamatú gázturbina hőmérlege a következőképpen alakul:

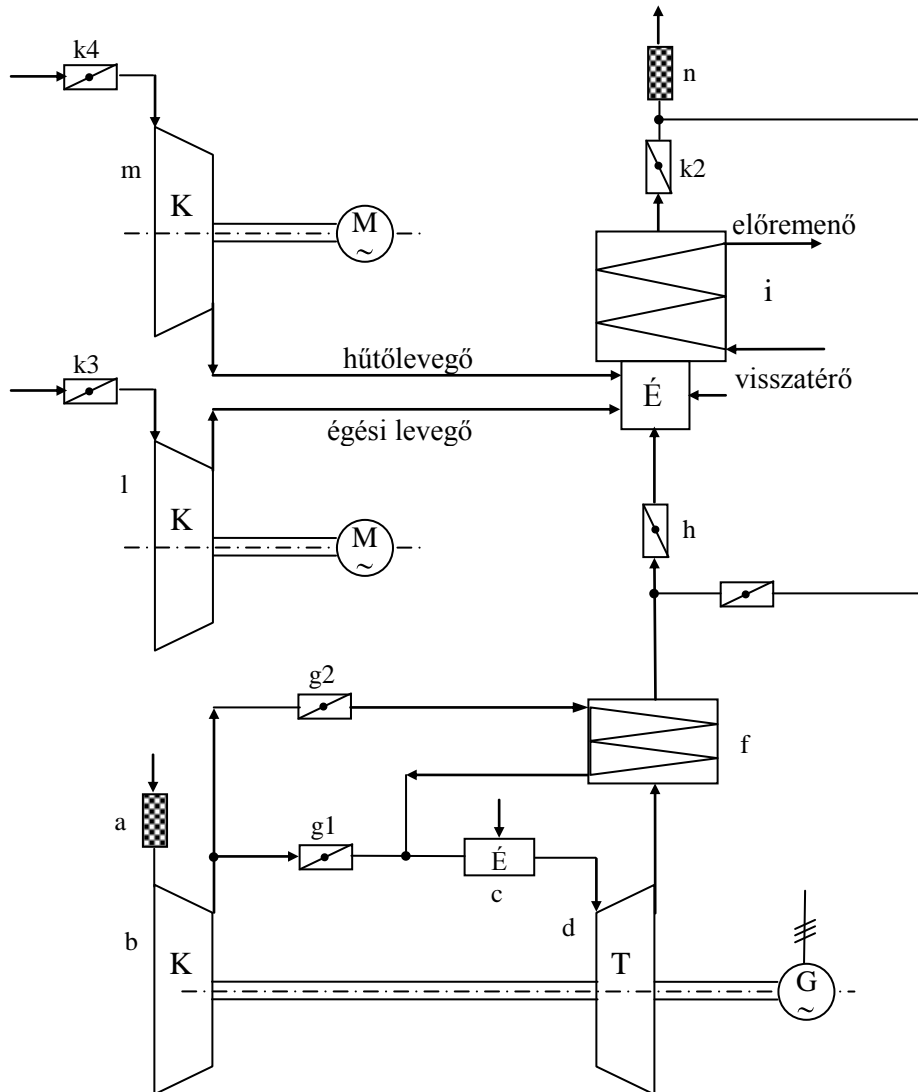
- a tüzelőanyaggal bevezetett energia 100%, ebből:
 - a fűtési célra hasznosítható kilépő gáz hőenergiája 55%;
 - villamos energia a generátoron 25%;
 - veszteségek a kéményben 20%.

A kiáramló gáz hőjével melegíthetjük a hőcserélőben a vizet.

- A forró víz hőmérsékletére vonatkozó igények:
 - ipari fogyasztók előremenő 160 °C-ig, visszatérő 110 °C;
 - lakossági fogyasztók előremenő 90 °C-ig, visszatérő 50 °C.

A kis nyomás- és hővesztések biztosítása érdekében célszerű a fűtőerőművet az ellátandó terület központjában elhelyezni. Hasonló megfontolások érvényesek, mint a villamos energiát szolgáltató hálózatra. Gázturbinával mindkét igény kielégíthető, ugyanis hűtővizet csupán az olajhűtő és a generátor igényel kis

mennyiségben. A környezeti zajterhelés előírt szinten való tartása hangszigetelt üzemcsarnokkal, a be- és kiáramló közegnél hangtompítókkal biztosítható. Zárt munkafolyamatú gázturbinák alacsonyabb zajszinttel üzemelnek.



2. ábra. Levegő- és vízhőcserélővel ellátott egytengelyes gázturbinás fűtőerőmű kapcsolási rajza

A környezeti levegő (a) hangtompítón keresztül jut be a (b) kompresszorba. Innen egy (g) csappantyún keresztül a (c) tüzelőtérbe, majd a (d) gázturbinába. A turbinából kilépő gázt az (f) léghőcserélőbe vezetik. Az (f) hőcserélő be- és ki-

kapcsolható. Amennyiben a (g₂) csappantyú zárva van, akkor a léghőcserélő levegő oldalra zárt. A turbinából kilépő gáz ekkor maximális hőmérséklettel (h) csappantyún keresztül a póttüzeléssel ellátott vízhőcserélőbe jut. A (g) csappantyúk vezérlésével az (f) levegő előmelegítőn a teljes friss levegőáram átvezethető. Erre akkor kerül sor, amikor az (i) vízhőcserélő üzemén kívül van (pl. nyáron) vagy a gázturbina csúcsrajáratásakor a nagyobb termikus hatásfok érdekében, ekkor ugyanis a (c) tüzelőtér előtt a levegő előmelegítését biztosítja. Megfelelő vezérléssel tehát elérhető, hogy a gázturbina tüzelőterébe többé-kevésbé előmelegített levegő jusson, és hogy a vízhőcserélő előtti gázhőmérséklet is a szükségleteknek megfelelően legyen változtatható.

Amennyiben csúcsigénynél a hőteljesítmény (nagyon alacsony külső hőmérséklet esetén) a gázturbina biztosította legnagyobb teljesítményt meghaladja, akkor a segédtüzelőtér lép működésbe. A segédtüzelőtérben még további tüzelőanyag égethető el, mivel a turbinából kilépő gáz oxigéntartalma jelentékeny.

Ettől függetlenül célszerű egy (l) segédfűvő beépítése, hogy a vízhőcserélő működése a gázturbina leállása esetén is biztosítható legyen.

Kis hőfogyasztás mellett nagy generátor teljesítmény esetén a vízhőcserélőben a hőmérséklet az (m) hűtőlevegő-fűvő segítségével szabályozható. Végül a vízhőcserélő a (k₁) és a (k₂) csappantyúk segítségével teljesen kiiktatható, az esetleges javítások időtartamára. Ebben az esetben a gázturbina teljesítménye kismértékben megnő, mivel az entalpiaváltozás a vízhőcserélő gázoldali ellenállásának megfelelő értékkel nő. Az (n) hangtompítót a kéménybe építették be.

Látható, hogy a villamos-energia termelés és a távhőszolgáltatás egymástól teljesen független. Ez a gázturbinás fűtőerőművek legfőbb előnye.

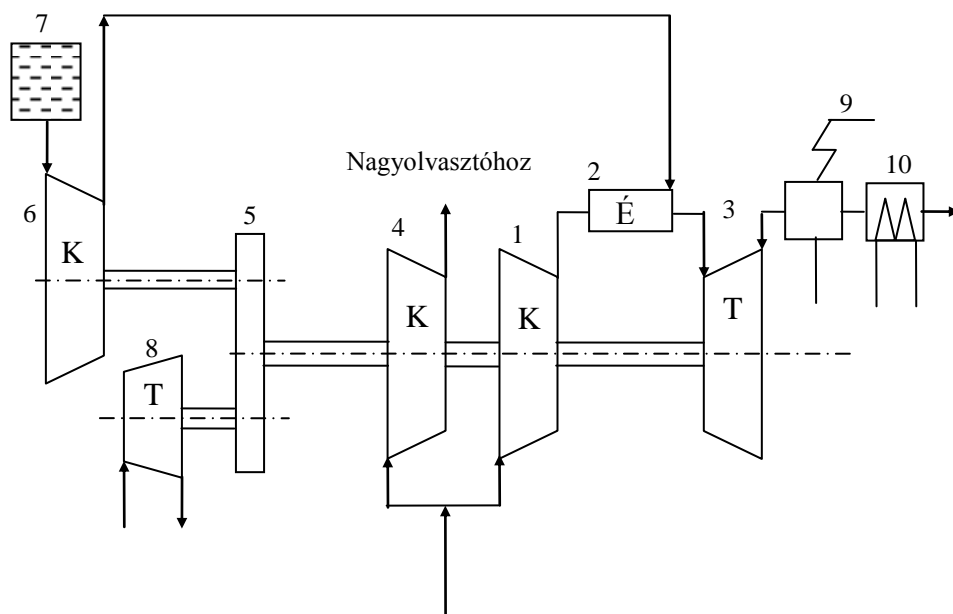
GÁZTURBINÁK A KOHÓIPARBAN

A kohóiparban villamos energia és fűvószelel előállítására már 40 év óta alkalmaznak gázturbinákat alapterhelési gépként (3. ábra), felváltva a lassú forgású ($n = 100$ 1/min) kohógáz dugattyús motorokat ($\varnothing 1$ m, lökethossz 2 m).

Teljesítményük gázhozamtól függően 5–15 MW között ingadozik. Tüzelőanyaguk kohógáz, amely mennyiség, összetétel és fűtőérték tekintetében széles határok között változik.

A kohóipari gázturbinák egyéb sajátosságai miatt is jelentősen különböznek az általánosan megszokott kivitelétől. Ha egy kisebb kohómű csak egy vagy két kohóval rendelkezik, akkor a keletkező kohógáz mennyisége rendszertelen, ezért kiegészítésként tüzelőanyagot — általában tüzelőolajt — kell még biztosítani az égőtér számára. A gáz az elegy szemcsézetétől függően nagymennyiségű port (3–5 mg/kg gáz) tartalmaz, amit nedves eljárással vagy elektrofilter alkalmazásával el kell távolítani.

A kohógáz a kohóból a környezeti nyomáson érkezik. A tüzelőtér előtt tehát az összesűrített levegő nyomására kell hozni, azaz π_k nyomásviszonynak megfelelő értékre. Miután mennyisége a levegőmennyiségnek csupán a 10%-a, kohógáz-kompresszornak nagy fordulatszámú centrifugálkompresszort alkalmaznak. Hajtását a főtengeletről áttételen keresztül oldják meg.



3. ábra. Gázturbina a kohóiparban

1 – sűrített levegő előállítása az égéshez; 2 – tüzelőtér; 3 – expanziós géprész;
4 – szélfűvógép; 5 – fogaskerék-hajtómű; 6 – kohógáz-kompresszor; 7 – gázsűrítő;
8 – indító gőzturbina; 9 – hulladékhő-hasznosító kazán; 10 – víz-hőcserélő.

Hőtechnikai szempontból kedvező, ha a turbinából kilépő gázt még egy hulladékhő-hasznosító gőzkazánba és egy melegvíz hőcserélőbe vezetjük. A kohóműben gőzre és meleg vízre szükség van. A vázlaton látható gépegyeséget egy egyszerű gőzturbinával indítják.

A 80-as évek után, a nagyterű kohók irányába mutató fejlődés a túlnyomás alatti torokkal, együttesen további lehetőségeket teremtett a gázturbinák számára. A nagyobb nyomás miatt a szélfűvógép teljesítményigénye nőtt, amihez akkor már rendelkezésre álltak 50 MW teljesítményig egytengelyes gázturbinák.

KOMPRESSZORT HAJTÓ GÁZTURBINÁK, REPÜLŐGÉP-HAJTÓMŰVEK IPARI ALKALMAZÁSA KOMPRESSZORTELEPEKEN

A repülőgép hajtóműveket villamos energiatermelésen kívül kompresszorhajtások céljára is használják, különösen az Egyesült Államokban. A légi közlekedésben 1945 óta használt Axon hajtóművekkel a földi viszonyokra való átalakítás és továbbfejlesztés után 16 MW-os egységteljesítményt értek el a turbina hőmérséklet 1000 °C-ra való növelésével és intenzív hűtéssel. A Transcanada távvezeték 6000 km hosszú szakasza mentén 37 Axon hajtóművel üzemelő kompresszortelep működik a gáztovábbítás biztosítására. Az 1980-as évek elejére, összesen mintegy 130 ilyen telep üzemelt Kanadában, az Egyesült Államokban, Nagy-Britanniában, Hollandiában és a korábbi NSZK-ban. Miután alapterhelésen járó egységekről van szó, lényeges dolog, hogy sikerült a nagyjavítások közötti időtartamot már 20 000 üzemóra fölé növelni. Egyes gépek tartósan, közel 33 000 üzemórát kifogástalanul üzemeltek.

Nagyobb teljesítményekre többek között rendelkezésre áll az Olympus repülőgép-hajtómű ipari változata. Ez egy kéttengelyes egység, munkaturbinája független fordulatszámú és jól szabályozható. A hűtésnek és a lapátok szerkezeti anyagának folyamatos módosításával sikerült a teljesítményt 23 MW-ról (1000 °C), 32 MW-ra (1190 °C) növelni.

Ezek után nézzünk meg egy földgáz kompresszortelep kialakítását. Nyomásnövelő telepek a távvezeték mentén a szállítónyomás fenntartását biztosítják és ezzel a szállítóképeséget javítják.

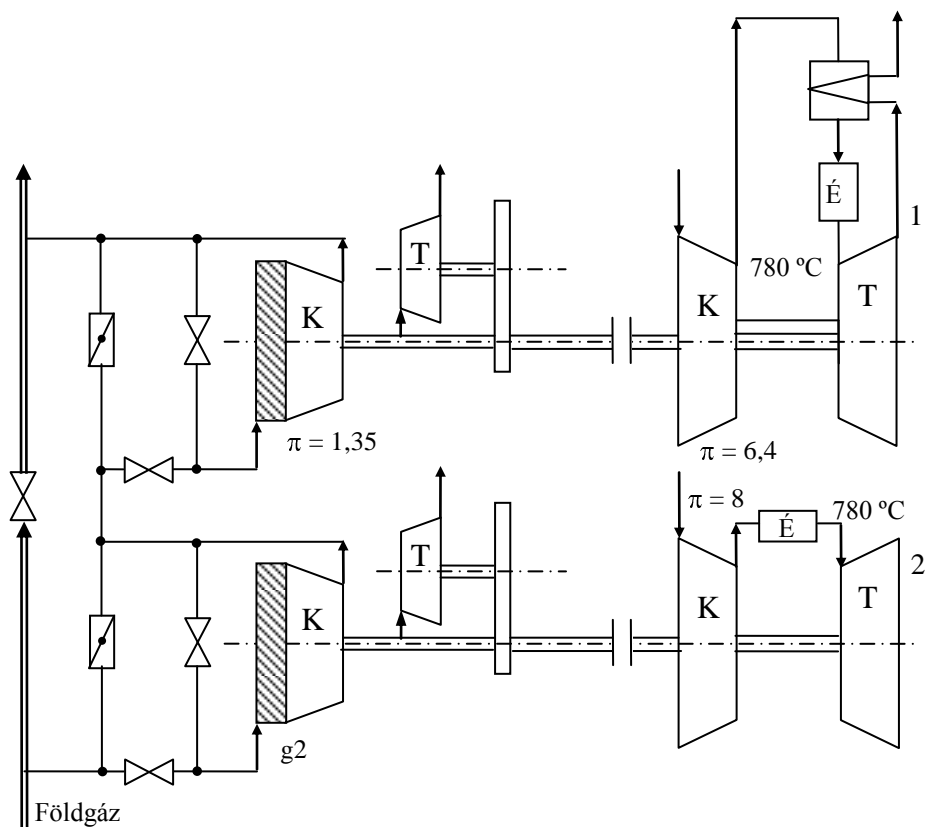
Az állomásokat meghatározott távolságokban építik be a vezetékrendszerbe. A kompresszorok teljesítményigényét a gázturbinás hajtóművek fedezik. Egy ilyen, két gázturbinával üzemelő kompresszortelepet láthatunk a 4. ábrán.

A gépek közös helyiségben helyezkednek el. Valamennyi berendezés robbanásbiztos kivitelű. A villamos készülékek külön egységben találhatók.

A gázturbinák abban különböznek egymástól, hogy az egyik alapterhelésű, a másik csúcsterhelésű üzemre készült. Az alapterhelésű egység hőcserélőt is tartalmaz, légnyelése és teljesítménye kisebb. Mindkét turbinánál a turbina előtti gázhő 780 °C fölé nem emelkedhet. További adatok a vázlaton láthatók.

A földgáz-kompresszortelep tervezett jellemzői:

- térfogatáram: 635 000–700 000 m³/h ($t_k = 0$ °C, $p_k = 1,03$ bar)
- a sűrítendő gázközeg nyomása a belépésnél: $p_{be} = 37$ bar
- a sűrítendő gázközeg nyomása a kilépésnél: $p_{ki} = 50$ –70 bar



4. ábra. Két gázturbinával üzemelő földgáz kompresszortelep

1 – alapterhelésű gépegyes (P = 9 MW; n = 6200 1/min; m = 60 kg/s; szabályozható 65–105%); 2 – csúcsterhelésű gépegyes (P = 12,5 MW; n = 6200 1/min; m = 76 kg/s; szabályozható 76–105%)

A kompresszortelepet a gázturbina fordulatszámának változtatásával szabályozzák. A földgázkompresszor első fokozata állítható terelőlapátokkal rendelkezik, ezáltal a névleges szállított mennyiség 40%-ig terhelhető anélkül, hogy a leválási határ okozta jelenségek fellépnének. A gépeket 500 kW teljesítményű, n = 4000 1/min fordulatszámú expanziós turbinákkal indítják. Elektromágneses tengelykapcsolón és segédhajtóművön keresztül csatlakoznak a főtengelyhez. A kompresszorokat terheletlenül indítják, majd föltöltve a végleges fordulatszám 90%-nál a távvezérlésszerre kapcsolják. A telep személyzet nélkül üzemel. A távvezérlés és ellenőrzés központilag történik. Ez egyike azon okoknak, amiért ezeken a telepeken gázturbinákat alkalmaznak, noha a berendezés nem ezen az üzemen éri el

a legjobb hatásfokát. Ehhez járul még a nagy üzembiztonságból és a kis beruházási költségből adódó előny.

A magyarországi földgázhálózatban 1976 óta alkalmaznak valós üzemben gázturbinás kompresszorállomásokat (1. táblázat).

A MOL Rt. kompresszorállomásain telepített földgázüzemű gázturbinával hajtott kompresszoregységek adatai

1. táblázat

Kompresszorállomás	Kompresszor típusa	Gázturbina típusa	Gépegységek száma	Teljesítmény (MW/db)	Üzembehelyezés éve
Bregdaróc	Nuovo Pignone PLC 802	General Electric MS 3002	4	10,8	1979
Nemesbikk	Ingersol-Rand CDP 416	Allison 501 KC	6	2,8	1982
Városföld	Ingersol-Rand CDP 416	Allison 501 KC	3	2,8	1983
	Solar C304-617	Centaur T4002	4	2,8	1976
Mosonmagyaróvár	Solar C402	Solar Taurus 60S	3	5,4	2001
Hajdúszoboszló	Solar C402	Solar Centaur 50LS	3	4,6	2001

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Fritz Dietzel: Gázturbinák. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
 [2] Dr. Körmendi Géza: szakmai jegyzetek.

AUTOMATIZÁLÁS A TÉRKÉPEZÉSBEN

AZ AUTOMATIZÁLT TÉRKÉPEZÉS TÖRTÉNETE

A térbeli adatok tárolásának és megjelenítésének ősi eszköze a térkép. Sok évszázadnak kellett eltelnie ahhoz, hogy a térképek olyan rendszert, tartalmat és formát kapjanak, mint ami napjainkban megszokott. A XX. század végére kialakultak azok a legfontosabb térképtípusok, amelyekre támaszkodva fejlődtek és működnek a különböző katonai, mérnöki, közlekedési, építészeti, mezőgazdasági tervező szervezetek.

A térképek három nagy csoportja:

- geodéziai nagyméretarányú térképek: Ezeknek a térképeknek fő jellemzője, hogy közvetlen mérések alapján készülnek. A mérési eredmények minimális általánosítással és szimbolikával kerülnek ábrázolásra. Az eltolt ábrázolás nem engedélyezett. Méretarányuk 1:500 és 1:5000 közé esik;
- topográfiai térképek: A topográfiai térképek méretaránya 1:10 000-tól 1:200 000-ig terjed. A térképek a földfelszín mesterséges és természetes objektumainak ábrázolása mellett adminisztratív, gazdasági tematikákat is tartalmazhatnak. Ábrázolásmódjuk gazdag, amelyet színek és szimbólumok segítségével valósítanak meg. A nagyobb méretarányú topográfiai térképek (1:10 000, esetleg 1:25 000) közvetlen felméréssel készülnek, míg a kisebb méretarányúakat kartográfiai úton az eredeti felmérések egyszerűsítésével és általánosításával állítják össze. A méretarány csökkenésével az általánosítás foka nő. A topográfiai térképek élnek az eltolt ábrázolás és a szimbólumok használatával. Ha az objektum olyan kis alapterületű, hogy alaprajzban a szükséges hangsúllyal nem ábrázolható, akkor térképi méretét jelentősen meghaladó szimbólummal, egyezményes jellel ábrázolják. Ennek eredménye lehet, hogy a szimbólum letakar más objektumokat vagy azok szimbólumait. A takarás elkerülése érdekében a topográfiailag kevésbé fontos objektumot ilyenkor eltolják. Ha topográfiai térképeket akarunk digitalizálni, akkor tisztában kell lennünk azzal, hogy ezeken a térképeken mesterséges torzítások is vannak, s ezek helyéről semmiféle információval sem szolgálnak.;
- tematikus térképek: A tematikus térképek gyakran kisméretarányúak (1:500 000–1:2 000 000). Ezeket a térképeket gyakran áttekintő céllal ké-

szítik, és olyan információkat ábrázolnak a térképeken, melyek mérésére olyan ritka mérőhálózat áll rendelkezésre, hogy nagyméretarányú térképeken értelmetlen volna e jelenségek ábrázolása, illetve egy-egy tematikát viszonylag szűk felhasználói réteg hasznosít.

A térképkészítés bonyolult, nagy élőmunka-igényű folyamat. Az automatizált térképezés ennek az összetett folyamatnak egy egységes, zártláncú számítógépes technológiává történő alakítását jelenti. A számítógépes térképészet lehetősége először Észak-Amerikában jelent meg az ötvenes évek végén. 1958-ban elkészült az első javaslat a számítógépek alkalmazására a kartográfiában. Kezdetben csak mechanikusan végezhető folyamatok automatizálása vetődött fel. A földi geodéziai munkák automatizálásának első kísérletei olyan műszerek létrehozására irányultak, amelyek a leolvasási értékeket automatikusan rögzítik. Az első regisztráló teodolitok az 50-es évek végén és a 60-as évek elején jelentek meg. Ezek a fotoregisztráló teodolitok voltak, melyek a kör leolvasásokat lefényképezték. Ezekből a műszerekből csak prototípusokat készítettek. A feldolgozási lánc tagjaként elképzelt első regisztráló tahiméter a 60-as évek végén kidolgozott REG/ELTA 14 volt. Ez a tahiméter lyukszalagra rögzítette a mérési, számítási eredményeket, melyről azok közvetlenül a számítógéppel feldolgozhatóakká váltak. Így a mérőműszer és a feldolgozó eszköz között közvetlen adattovábbítás volt kialakítható. A műszer elterjedését korlátozta az olyan zártláncú hardver-szoftver rendszer hiánya, amely indokolta volna gazdasági oldalról is viszonylag magas árát, illetve a lyukszalag regisztrálási technológiával kapcsolatos sok probléma. A Hannoveri Műszaki Egyetem Topográfiai és Kartográfiai Intézetében 1974-ben kidolgozott felmérési és feldolgozási technológia és az ennek részét képező TASH programrendszer igazolta, hogy ez a műszer már alkalmas volt arra, hogy egy zártláncú automatizált földi geodéziai felmérési lánc mérőeszköze legyen.

A 60-as években a lánc mérőtagjának kimunkálása mellett megindult a befejező rajzi produktumot szolgáltató automaták, az automatikus rajzgépek kialakítása. Kezdetben a lyukkártya vezérelt elektromechanikus pontfelrakók jelentek meg (pl.: CORADI-CORADOMAT, OPTON KORDIMAT).

A 70-es években olyan számítógép vezérelt geodéziai pontosságot biztosító rajzgépek terjedtek el, mint például a Contraves és a Cartimat 1218, továbbá megjelentek az asztali számítógépek, melyek egyes feldolgozási munkák emberközelbi végrehajtását tették lehetővé. A 60-as évek végére, 70-es évek elejére létrejött hardver feltételeket a földi geodéziai felmérési munkák automatizálása szempontjából első generációsoknak tekintik. Az első generációs hardverekkel kapcsolatos első rendszerkoncepció lényege: a felmérő eszközök (a regisztráló tahiméterek) nem végeztek számítási feladatokat, hanem csak a nyers mérési eredményeket és a kiegészítő információkat rögzítették. Az adathordozón rögzí-

tett adatokat az előzetes feldolgozásra a helyszínrre telepített asztali számítógépbe táplálták, melyből a szűrt és tömörített információt táv-adatátviteli rendszeren keresztül juttatták a számítóközpontba, ahol a végső feldolgozást és dokumentálást elvégezték. A helyszíni előzetes feldolgozás alkalmas volt arra, hogy kiszűrje az esetleges hibákat és még a mérés helyszínén lehetőséget biztosítson a pótmérések elvégzésére.

A mikroelektronika fejlődésével az első generációs REG-ELTA 14 és AGA 700, illetve 710 regisztráló tahimétereket gyorsan felváltották a második generációs tahiméterek, mint például a WILD TACHIMAT TAC1, a HP 3820, a K & E VECTRON. A második generációs műszerek lényeges eltérése az első generációsoktól, hogy a nagy energiaigényű, sérülékeny, nehezen kezelhető lyukszalagos adatrögzítést a mágneses adatrögzítés váltotta fel 1977-től.

A második generációs regisztráló tahimétereket gyorsan felváltották a harmadik generációs automata felmérő műszerek. 1980-ban megjelent az NSZK OPTON gyár ELTA-2 típusú regisztráló elektronikus tahimétere, mely a jelenkori harmadik generációs automata felmérő műszerek első típusa, majd ezután például a Zeiss gyár RECOTA műszere, a WILD gyár Theomat T2000 + DI4 konfigurációja, a Kern gyár E2 + DM502 összeállítása, valamint a svéd AGA GEOTRONIX gyár Geodimeter 140 jelű készüléke. A harmadik generációs műszerek fő jellemvonása, hogy szilárdtest vagy buborékos adattárolóval kerülnek szállításra, az iránymérési- és távmérés pontosságuk meghaladja a klasszikus másodperc-teodolitok és a fizikai távmérők pontosságát. Szinte valamennyi harmadik generációs teodolitot kész rendszerbe vagy rendszerekbe foglalva forgalmazzák.

A számítógép oldaláról az egyes rendszerek igen színes képet mutatnak. Rendszerint két-, vagy háromszintű számítógép orientáltság lehetséges. Az Opton gyár az első sikot magában a műszerben, a műszer programfiókjában valósítja meg. Második síkon egy szűkített rendszert a HP85 asztali számítógépen, a bővített rendszert pedig a HP9845B mikroszámítógépen fejlesztette ki. A Kern cég magában az elektronikus teodolitban nem alkalmazott számítógépet, de a moduláris felépítése révén lehetővé tette, hogy a HP41CV-t a műszerhez kapcsolják, s így módon a computerizáltság első szintjét valósítsák meg. Ugyanezt a szintet hivatott az ALPHACORD128-as típusú terepi computer is megvalósítani. A két első szint között az a leglényegesebb különbség, hogy a HP41CV viszonylag kevés adatot tudott regisztrálni és a második feldolgozási szintre továbbítani, az ALPHACORD128 terepi számítógép viszont mintegy 96 Kbyte adatot volt képes rögzíteni. A második számítógépes szintet a Kern gyár a DEC PDP 11/03, vagy 11/23 miniszámítógépeken alakította ki. A Wild gyár rendszerében az első szintet a GRE3 programozható adatterminál, a második szintet a Tectronix 4054 típusú miniszámítógép jelenti. Az alkalmazott számítógépek felső szintjének lény-

ges kritériuma, hogy vagy perifériaként, vagy beépített formában rendelkezzenek interaktív grafikus műveleteket lehetővé tevő képernyőkkel.

Az alsóbb szintű rendszerek eredeti feladata lett volna, hogy olyan műveleteket hajtsanak végre, melyek megkönnyítik a terepmunkákat és viszonylag kevés adat regisztrálását igénylik. A gyakorlati tapasztalatok bebizonyították, hogy a rendszerek kiteljesülésével a megfelelő HW/SW komponensek kialakulásával egyre nagyobb a regisztrálási igény, a nyert adatok és a kiinduló adatok vonatkozásában is. Ezzel magyarázható, hogy a Wild cég után a Kern cég is olyan adatrögzítővel jelent meg a piacon, ami megfelelt a computerizálás első szintjének.

A 90-es években az IBM kompatibilis PC-k, illetve magasabb szinten, az UNIX operációs rendszerű munkaállomások széleskörű elterjedéseként terjedtek el az univerzális, lényegében műszer független feldolgozó programok, mint például a GEMINI, melyek a különböző típusú adatrögzítőkhöz INPUT modulokon keresztül kapcsolódtak.

Jelentős fejlődés következett be a rendszerek utolsó láncszemének, a geodéziai pontosságú automatikus koordinatográfok terén is. A Kern cég létrehozta a GP1 típusú rajzgépét, a Wild gyár az AVIOTAB TA és TA2-t, az Opton a D27-et, a jénai Zeiss cég pedig a DZT 90x120 rajzgépet. A korszerű rajzgépek helyzeti megbízhatósága 0,04 és 0,05 mm, sebességük pedig 100 mm/sec-től 270 mm-sec-ig terjed. (A 100 mm/sec a második generációs DIGIGRÁF rajzgépre vonatkozik, a lassúbb harmadik generációs rajzgép a DZT90x120 maximális sebessége 170 mm/sec).

Az említett automatizált rendszerek célja a földi felmérés meggyorsítása és olcsóbbá tétele volt. A gyakorlatban felmerülő felmérési feladatok csak igen ritkán szorítkoznak egy technológia (pl.: a földi felmérések) igénybevételére, az esetek többségében az új térképek előállításához felhasználják a korábbi megfelelő pontosságú térképanyagokat is. A gyakorlatban egyre nagyobb szerepet kap a fotogrammetriai adatnyerés is különösen nagy volumenű feladatok megoldásánál.

Az első integrált rendszerkonceptiók gyakorlatilag egyidejűleg a Hannoveri Műszaki Egyetem Fotogrammetriai Intézetében és a Budapesti Műszaki Egyetem Geodéziai Intézetében 1981-ben kerültek kidolgozásra. A hannoveri koncepciót Konecny professzor a kuwaiti állam felkérésére az új ingatlan és közműkataszter létrehozására dolgozta ki. A BME koncepció a Paksi Atomerőmű geodéziai tervében jelent meg először és kimunkálásában jelentős szerepet játszottak az ERŐTERV szakemberei is. Az integrált rendszerek fő jellemvonása, hogy azonos lehetőséget biztosítanak a különböző módon nyert információk egységes folyamatban történő feldolgozására. Ez a követelmény jelentős hardver- és szoftverfejlesztéseket igényelt ahhoz, hogy az egyes rendszerelemek valóban integrált módon funkcionáljanak.

TÉRINFORMATIKAI RENDSZEREK

Az 1960-as években új eszközként jelent meg a térinformatika, mint egy a globális térbeli információk feldolgozását célzó GIS¹ rendszer a földrajztudományokkal foglalkozó szakemberek számára, Kanadában.

A térinformatikai rendszer a Föld felszínén és annak közelében elhelyezkedő objektumok és a földrajzi jelenségek, valamint folyamatok hely- és állapottrögzítésére, továbbá a különböző formában és tartalommal rendelkezésre álló attribútumok és kiegészítő adatok fogadására, tárolására, kezelésére, elemzésére, megjelenítésére egyaránt alkalmas eszköz. A térinformatikai rendszer olyan információkat, összefüggéseket képes generálni és a felszínre hozni, amelyek az alapadatokból közvetlenül nem olvashatók ki.

A növekvő földrajzi adatmennyiség megfelelő rendezésére, tárolására és visszakeresése hagyományos módon szinte lehetetlenné vált napjainkra. Kezdetben a számítástechnika, majd az informatika megjelenése és elterjedése tette lehetővé a korábban sok időbe és fáradságos munkába kerülő manuális munkák automatizálását. A fejlődéssel párhuzamosan a felhasználók információ feldolgozás iránti igényei is egyre nőttek és nőnek. Az információigény kezdetben adatbázisok, később információs rendszerek létrehozását tette, teszi szükségessé. A térinformatika nagy előnye, hogy az adatok közül a felhasználók azokat jelenítik meg, melyekre a kérdéses feladat szempontjából éppen szükség van.

A 70-es évek elején megfogalmazták a nagyobb felbontású, de szűkebb tematikájú földinformációs rendszer² koncepcióját.

A 80-as évek elejére kialakult az úgynevezett többcélú kataszter³ koncepció, mely Európa és Észak-Amerika jelentős számú nagyvárosában, mint városi térbeli információs rendszer vált realitássá. Napjainkban a különböző feladatokra jelenleg kialakított térbeli információs rendszerek szoftver filozófiája egyre inkább hasonlítani kezd egymáshoz, függetlenül attól, hogy a rendszer nagy felbontású helyi vagy kislebontású globális adatok feldolgozását tűzte-e ki céljául.

A térinformatikai rendszerek elemei:

- hardver;
- szoftver;
- adatok;
- felhasználók.

A hardver fejlődésének folyamatos gyorsulása a szoftverek képességeinek és teljesítményeinek rohamos növekedését vonja maga után. A hardver fejlődése

¹ GIS — Geographical Information System.

² LIS — Land Information System.

³ multi-purpose cadaster.

érinti a processzorok teljesítmény növekedését, a memória és háttértár egységek kapacitásának növekedését, az input, output eszközök paramétereinek javulását.

A szoftver fejlesztők kihasználva a hardveres lehetőségek növekedését egyre újabb és újabb egyre nagyobb tudású szoftvereket biztosítanak a felhasználók számára. Ezeknek a szoftvereknek a használata már nem feltétlenül igényel térinformatikai szaktudást a felhasználótól.

A valós világ ábrázolásakor alapvetően a térbeli objektumok geometriai és leíró jellemzőit ábrázolják. Ezt a két jellemzőt külön tárolják, de azonosítókon keresztül folyamatos kapcsolatot teremtenek közöttük. A geometriai jellemzők tárolása alapvetően vektor vagy raszter alapon történik, míg a leíró adatok tárolása általában az adatbázis-kezelő rendszerekben alkalmazott megoldások segítségével. Az adatok eljuttatása a felhasználókhöz CD-ROM-on, az Interneten, vagy valamely más számítógépes hálózaton történik.

A térinformatikai rendszerek felhasználói körébe tartoznak a térinformatikai rendszerek segítségével:

- elemzéseket végző más szakterületek szakemberei;
- döntéseket hozó különböző szintű vezetők stb.

VEKTORGRAFIKUS ÉS RASZTERGRAFIKUS RENDSZEREK

A számítógépes grafikában azokat rendszereket, amelyeknél az információ csak képenként kereshető vissza, és a kép tartalma csak a teljes kép felülírásával módosítható, rasztergrafikus rendszereknek nevezik. A képek képpontokból állnak és csak ezekkel a pontokkal lehet manipulálni a digitális képfeldolgozás eszközeivel.

Ezek a hátrányok vezettek el ahhoz, hogy a grafikus objektumok leíró (tematikus) adatait csak vektoros térképhez csatolt adatbázisban célszerű tárolni. A számítógépes grafikában azokat a rendszereket, melyek a grafikus objektumokat egy lebegőpontos világkoordináta-rendszerben modellezik vektorgrafikus rendszereknek nevezik. Az absztrakcióval leképzett vektoros elemeket helyzetvektorokkal azonosítják.

Adatbeviteli eszközök

A térképek a területfüggő információk felhalmozott együttlésai. Ha ezeket az analóg adatbázisokat digitális térinformatikai rendszerekben fel akarják használni, digitalizálni kell a térképeket. A papírtérképek digitalizálása nem csak a tartalom korszerűsége szempontjából kritikus. A digitalizálási folyamat során prob-

lémát okozhat a papír alakváltozása, ami a szakszerűtlen tárolásból és a nedves fénymásolási eljárásokból is eredhet.

Az automatizált térképezés kezdeti időszakában a 70-es évek elején a kézi digitalizálókat mágnesszalagos adatrögzítő berendezéshez kapcsolták, és a digitalizálást „vakon” végezték. Az eredmény jószágáról próbarajzolással szereztek tanúságot. A 70-es évek második felében ezen digitalizálási módszert kiszorították az interaktív grafikus munkahelyek és ennek következtében a digitalizálás eredménye a képernyőn megjelent és szerkeszthetővé vált.

Digitalizáló tábla

A kézi digitalizálás eszköze a számítógéphez kapcsolt digitalizáló tábla vagy tablet az irányzó (pozicionáló) kurzorral. A digitalizálást valamely térinformatikai vagy CAD⁴ szoftvermodul támogatja és jeleníti meg a ledigitalizált elemeket a számítógép képernyőjén is. Általában minden térinformatikai szoftver rendelkezik digitalizáló modullal.



1. ábra. Állványra szerelt digitalizáló tábla

A kézi vezérlésű digitalizáló berendezések egyik fő része a műanyagból készült digitalizáló tábla (1. ábra), amit A3-as és A0-s nagyságú méretek között készítenek. A táblába a műanyag borítás alá sűrű — általában 1–2 collos — egymásra merőleges fémhálózatot építenek be. A sűrű drótháló különböző elemeiben (rácszemeiben) attól függően indukálódik feszültség, hogy a kurzor szátkeresztjét koncentrikusan körülvevő elektromágneses tekercs hol helyezkedik el a táblán.

A kisebb táblákat tabletnek nevezik. A tabletek tömeges perifériaként való megjelenése ahhoz kapcsolódik, hogy a WINDOWS előtti környezetben az egyszerű programvezérlést a tabletekre erősített grafikus menük segítségével oldották

⁴ Computer Aided Design — Számítógéppel támogatott tervezés.

meg. Ez az alkalmazás azonban nem igényelt nagy felbontást és pontosságot, ezért a piacon lévő tabletek jelentős része alkalmatlan a szabatos digitalizálásra. A digitalizáló táblák és megfelelő tabletek digitalizálási hibája eszköztől függően 0,1 mm–0,02 mm. A hiba nem csak a háló és a tekercs kialakításától, hanem a száلكereszt formájától, elhelyezésétől is nagymértékben függött.

A kézi digitalizáló másik fő része a pozicionáló eszköz. Ez általában egy kör alaprajzú tekercs, ami egy a mágneses központjában elhelyezkedő műanyagra gravírozott száلكeresztet vesz körül. A vezérlőegység a tekercsben változó mágneses teret idéz elő, melyet a digitalizáló táblában elhelyezett vezeték mátrix elemei érzékelnek és továbbítanak a rendszer mikroprocesszorába. A mikroprocesszor az érintett mátrixelemek azonosításával kiszámítja a kurzor pillanatnyi helyzetét megadó asztalkoordinátákat.

A kézi digitalizálókhoz billentyűzet, kijelző és kimeneti interface-ek tartoznak. Felbontóképességük 0,025 és 0,1 mm között változik. A digitalizálás pontossága általában a felbontóképesség 2–4-szerese. A különböző digitalizáló asztalok a mikroprocesszor behuzalozott programjainak függvényében különböző fokú intelligenciával rendelkeznek. Rendszerint lehetőség nyílik a pontszerű, út- vagy idő intervallum szerinti digitalizálására, valamint a méretarány beállításra és a különböző koordináta transzformációs feladatok elvégzésére. A billentyűzet segítségével a digitalizált adatokhoz különböző szöveges vagy numerikus információk fűzhetők. A korszerűbb típusok kurzorain 16 vagy ennél több billentyűt is találunk, melyek segítségével a digitalizálást támogató program vezérlése, bizonyos tulajdonságjellemzők bevitelére egyszerűbben oldható meg, mint a számítógép billentyűzetéről.

Bármilyen lelkiismeretes is a digitalizálást végző munkaerő a digitalizálásba óhatatlanul hibák is előfordulhatnak. Ezek ellenőrzése és kiszűrése a digitalizált állományból átlátszó fóliára készülő próbarajz és az eredeti térkép egybevetésével történik.

Ha tömeges digitalizálási feladatok elvégzésére van szükség, akkor automata raszter-digitalizálóval lehet a feladatokat elfogadható idő alatt az emberi munka kiküszöbölésével végrehajtani. A raszter-digitalizálók igen nagy tömegű információt gyártanak, amelyek szűrése, kiválogatása, vektorizálása, generalizálása csak fejlett programokkal lehetséges. A feladatok megoldásához nagy kapacitású, gyors és rendszerint párhuzamos tömbprocesszorral ellátott számítógépekre van szükség.

Képernyőn történő digitalizálás

A képernyőn történő, úgynevezett „head-up”, azaz fej feletti digitalizálás lehetőségét az a tény teremtette meg, hogy egyes szoftverkészítők kénytelenek voltak elismerni annak a gondolatnak a helyességét, hogy a jövő a hibrid (raszter/vektor) rendszereké. Ez az első stádiumban azt jelentette, hogy az alapvetően

raszteres rendszerek képesek kezelni bizonyos vektoros objektumokat, hasonlóképpen a vektoros rendszerek lehetővé tették, hogy háttérként a vektor rajz mögé bevigyék a kérdéses terület ortofotó térképét. A következő lépésben a „háttér” újabb funkciókhoz jutott, többek közt ahhoz, hogy a képernyőn az egér vezérelte szátkereszttel digitalizálni, azaz vektorizálni lehessen a „háttérraszteres” képét. Ezt akkor is meg lehet tenni, ha a háttér nem ortofotó, hanem szkennelt térkép.

Felmerülhet a kérdés, hogy miért terjedt el a képernyős digitalizálás. Az első különbség a megvilágításban és a parallaxisban van. A papírtérképet jól megvilágítani nagyon nehéz volt, a kurzor vagy az operátor gyakran árnyékot vetett a szátkeresztre, és ha a szátkereszt nincs a papír síkjában — ez a helyzet pedig igen gyakran előfordul — akkor parallaxis hiba lépett fel. A képernyőn ez a két probléma nem létezik. További előnye a képernyőnek a zoomolási lehetőség, mely jelentősen növeli a pontosságot. Végül igen előnyös, hogy a képernyőn a digitalizált és még nem digitalizált vonalak egymás mellett, de különböző jelöléssel jelentkeznek, így egyszerűen biztosítható, hogy semmi se maradjon ki a digitalizálásból.

A módszer jelentőségét nagymértékben növeli, hogy több olyan országban, melyekben még nem kezdték meg a vektoros digitális alaptérképek, az alaptérképek raszteres digitális formában már a felhasználók rendelkezésére állnak.

Szkennelés

Az első szkennerek nagymértékben térképészeti igényekre jöttek létre. Ez meghatározta azt az alapvető követelményt, hogy alkalmasak legyenek nagy (1 méternél nagyobb) térképek digitalizálására, valamint törekedjenek a leképezés geometriai pontosságának biztosítására.

Az első nagyteljesítményű szkennerek a 70-es évek végén jelentek meg, ezért a műszaki megoldást még nem tudták a sorszenzorokra alapozni, mert még nem léteztek. Így a konstrukciót egyedi szenzorral (színes szkennelés esetén három egyedi szenzorral) kellett megoldani.

A nagyméretű térképeket a szkennelés folyamán forgó mozgást végző dobra erősítették. A megvilágító berendezéssel kombinált szenzoros optika a dob tengelyével párhuzamos haladó mozgást végzett. A két mozgás kombinációjából kialakuló letapogatási pálya csavarvonal jellegű volt. Amennyiben nem papír, hanem átlátszó fólia szkennelése volt a feladat, úgy a megvilágítást a tejuvegből készült dob végezte.

A következő fejlődési szakaszban (80-as évek közepén) a szabatos szkennelésre a síkágyas plotterek mintájára készült síkágyas szkennereket alkalmazták elsősorban. A kocsi szerelt, színenként alkalmazott, egyedi vagy sordetektorok és megvilágító berendezések kétirányú mozgását egy mozgó híd X irányú, illetve a hídon lévő kocsik Y irányú mozgásával érik el a léptetőmotorok.

Napjainkban mind a dob mind a síkgyas megoldásra vannak példák, az előbbieket inkább a térképek, utóbbiakat inkább a fényképek digitalizálására használják. Mégis a több ezer elemi szenzort egyesítő sorszenzorral ellátott korszerű szkennerek többsége — a nyomtatókhoz hasonló módon — pufferozza a letapogatandó térképet vagy műszaki rajzot, s ily módon tetszőleges hosszúságú rajz szkennelésére képes. Ezek a berendezések csak a szélességre adnak típusuktól függő limitet. A 2. és a 3. ábrák két ilyen szkennerek külső megjelenését illusztrálják.



2. ábra. Asztali szkennerek



3. ábra. Állványos szkennerek

A napjainkban tömegesen forgalomba kerülő A4-es kézi szkennereket nem térinformatikai adatnyerésre találták ki, hanem elsősorban szövegek számítógépbe vitelére (ebben a vonatkozásban használhatók, ha hagyományos nyilvántartásokat kívánunk adatbankosítani), valamint különböző rajzi- és fényképi input adatok digitalizálására illusztratív jellegű számítógépes alkalmazásokban.

A térképi szkennelés fő problémája, hogy a vektoros térképből raszteres állományt állít elő, mely automatikus raszter-vektor átalakítása rendszerint nem egyértelmű, a többé-kevésbé reális megoldás rendszerint jelentős manuális editálási munkát igényel. Minél áttekinthetőbb a térkép, annál egyszerűbb a vektorizáló program és az editáló operátor dolga, ezért célszerű a térképeket fedvényenként, feliratoktól megtisztítva szkennelni.

Míg a tömeges szkennelés alkalmazásával jó minőségű vektoros állományokat rendszerint csak a nagy térképkészítő intézmények tudnak előállítani, addig a szkennelt térkép minden felhasználónak hasznos lehet.

Egyéb input eszközök

Hagyományos beviteli eszköz a billentyűzet. Térképészeti szempontból fontos lehet, hogy az operációs rendszer lehetővé tegye a billentyűzet tetszőleges átdefiniálását a különböző országok szabványainak megfelelően. A grafikus operációs rendszerek terjedésével szerepük módosult.

Az egér mára az egyik legelterjedtebb bemeneti (input) eszközzé vált és így a képernyőn történő digitalizálás alapvető eszköze is. Az egér a relatív elmozdulások érzékelésére (irány, mérték) alkalmas, így önmagában nem képes a digitalizáló tábla helyettesítésére. A technika rohamos fejlődése lehetőséget biztosított a digitális fényképezőgépek, kamerák elterjedésének. A grafikus térképi anyagok, multimédiás alkalmazások készítésére, archiválási feladatok elvégzésére egyre inkább alkalmassá válnak.

Archiválási és szállítási feladatok egyszerűsítésére szóba jöhető eszköz a CD olvasó/író/újraíró, a mobil és beépített winchesterek, stb.

Kimeneti eszközök

A számítógépes kartográfia fontos elemei a kimeneti (output) eszközök, melyek segítségével a munka eredménye válik láthatóvá, felhasználhatóvá a készítő és felhasználó számára egyaránt. A hagyományos térképészet végterméke a papírtérkép, így természetes, hogy a számítógép segítségével előállított térképek elkészítéséhez szükség van egy olyan megjelenítőre, ami képes létrehozni olyan minőségű térképet, amelyet a hagyományos kartográfiai módszerekkel létrehoznak. Ilyen eszközök a nyomtatók (mátrix-, tintasugaras, lézernyomtatók), plotterek (számítógép által vezérelt „ceruza”, grafikus információk megjelenítésére kezdetben az egyetlen lehetőség volt), raszterplotterek (1990-es évek kezdetétől jelentek meg, képesek homogén felület kitöltésre, fotóminőségű nyomtatásra), levilágítók (a 80-as években jelent meg, tulajdonképpen egy lézernyomtató és egy fényképezőgép keveréke, az asztali térképkészítés megjelenése köszönhető az eszköz létrejöttének).

A kimeneti eszközöknél is meg kell említeni a CD-DVD író/újraíró eszközöket és a mobil háttértárat, az optikai írókat. Szerepük az archiválási feladatokban mindinkább előtérbe kerül.

A GPS rendszer

A térinformatikai modellek igénylik a gyors és hatékony adatgyűjtési rendszert, mely képes automatizált adatfeldolgozásra és output adatai közvetlenül integrálhatóak a modellekbe. A hagyományos adatgyűjtési eljárások mellett a GPS⁵ rendszerek a 90-es évektől rohamosan terjednek.

A globális helymeghatározási rendszer az USA védelmi minisztériuma⁶ által működtetett 24 NAVSTAR típusú orbitális pályán keringő, (20 200 km távolságra a Földtől) műholdakon alapuló helymeghatározási rendszer. A rendszer képes a Föld minden pontján, bármilyen időjárási körülmények között, a nap 24 órájában pozíció és idő adatok szolgáltatására. A műholdak pályadatainak követésére az USA védelmi minisztériuma 4 földi monitorállomást, 3 adatátviteli állomást és egy kontroll-állomást alkalmaz. A gyakorlatban az európai referenciahálózathoz való csatlakozást és a 24 pontos polgári és a 20 pontos katonai kerethálózat kiépítése után a kb. 10×10 km-es GPS alappont-hálózat kiépítését jelenti.

A GPS rendszer négy legfontosabb jellemzője:

- a rendszer közvetlenül és automatikusan 3D, ami nem válik szét, sem a mérés sem a feldolgozás során, szemben a hagyományos rendszerekkel, ahol elválnak a vízszintes és függőleges koordináta. Ez hatékonyság-növekedést és pontosság-növekedést jelent, mert nincs szükség bonyolult vetületi- irány- és távolsági redukciók számítására;
- a mérések elvégzéséhez nem szükséges összelátás, ami a hagyományos rendszerek legalapvetőbb feltétele;
- a mérések gyakorlatilag bármilyen időjárási körülmények között elvégezhetőek, nem zavaró tényező az eső, a párás idő, a szél, a napsütés stb.;
- a mérés teljesen automatizált, nincs szükség kézi módszerekre. A rendszerek memóriája igen nagy mennyiségű információ tárolására alkalmas, direkt módon letölthető a számítógépbe illetve a feldolgozó szoftverekbe, ahonnan további lehetőségként tetszőlegesen exportálhatóak a legelterjedtebb GIS, vagy a CAD rendszerekbe.

A legtöbb eszköz alkalmas a koordinátákhoz kapcsolt alfanumerikus adatgyűjtésre is digitális formában az adott objektumhoz kapcsolva (Intelligens rendszerek⁷).

⁵ Global Positioning System — Globális helymeghatározási rendszer.

⁶ DoD — U.S. Department of Defense.

⁷ IS — Intelligent Systems (Intelligens rendszerek).

A GPS rendszer kiemelkedő alkalmazási területe a térképezés és navigáció. A navigáció a repülésirányításban, hajózásban, a hadseregben, a katasztrófa-elhárításban, mentési munkálatokban játszik különösen nagy szerepet, de polgári alkalmazások is ismertek. Az adatok, illetve a pozíció digitális térképen is megjeleníthető. A rendszer navigációra is képes a célkoordináták megadásával. A térképi adatbázis tartalmazza a legfontosabb információkat.

Térképezés GPS rendszerekkel

A térképezés és térképkészítés GPS rendszerek segítségével a korszerű és hatékony digitális térképi adatbázisok kialakításának legfontosabb tényezője. A hagyományos térképezés eredményeképpen gyakran tapasztalhatják a térképek pontatlanságát és az adatok elavultságát. Ennek oka, hogy új felmérésekre igen ritkán kerül sor (20–25 évenként) és az adatok természetes elavulása igen gyors.

A GPS technológia különösen alkalmas alappont-kitűzésre így megoldást jelenthet erre a problémára is. A költségek a hagyományos földi technológiák költségeinek töredékét teszik ki. Ezzel a technológiával napi 30–40 pont is felmérhető bármilyen időjárási viszonyok között. Ugyanilyen módon, csak rövidebb idő alatt készíthető el a térképek ellenőrzése és helyesbítése is az úgynevezett megállásos kinematikus módszerrel. Ebben az esetben az észlelési idő 1 percre csökken. Ismeretes a folyamatos kinematikus mérés is a térképfrissítések elvégzésére. Ekkor gyalog vagy gépkocsival körbejárva a területet a GPS vevő 2–5 másodpercenként gyűjti a pozíció adatokat. A változások korrekciója, digitális térképeken, akár a helyszínen is lehetséges.

A GPS rendszer működése

A GPS rendszer működése a következő elveken alapul:

- műholdas trilateráció, azaz háromszögelés;
- a műholdtól való távolság ismerete;
- pontos időmérés, amihez negyedik műholdra is szükség van;
- a műhold helyzetének ismerete az űrben;
- korrekció, a troposzféra és az ionszféra okozta késések korrekciója.

A műholdtól való távolság mérése a műholdról érkező rádiójelek segítségével történik. A vevőkészülék megállapítja, hogy az adott kódszakasz mikor hagyta el a műholdat, így az adás és a vétel időkülönbségéből, szorozva a fénysebességgel, megkapjuk a távolságot.

Minden GPS műhold két frekvencián ad L1 1575,42 MHz és L2 1227,60 MHz-n. Az L1-es szignál két fajta kóddal modulált, P-kóddal és C/A kóddal. A P-kód (P, Precision) katonai alkalmazású kód. A C/A kód szabad hozzáférésű. Az L2-es szignál csak P-kóddal modulált.

Mivel minden GPS műhold azonos frekvencián ad, szükség van az egyedi kódfelismerésre. Így minden műhold a saját ún. PRN⁸ azonosító-kódja alapján azonosítható.

A pontos időméréshez 10^{-9} szekundumos pontosságú atomórák működnek a műholdakon. A földi vevők esetleges pontatlanságát negyedik műhold segítségével küszöbölik ki. A pályaadatok elemzése és korrekciója a földi állomások feladata. A kontrol-állomás legalább napi egy alkalommal kiszámítja és korrigálja minden műhold pályaadatát. A korrekciós adatokat az adatátviteli állomások közlik a műholdakkal. Az ionszféra és a troposzféra által okozott késleltetések kiküszöbölését részben a GPS vevők végzik. Az órák és pályaeeltérések által okozott hibákat az USA védelmi minisztériuma javítja.

Mesterséges hibaforrás volt az S/A⁹ kódrontás, amely szintén USA védelmi minisztériumának hatáskörébe tartozott. Ez mintegy 100 m-es hibát okozhat a földrajzi helymeghatározáskor. Kiküszöbölése a differenciális korrekcióval törtenhet. Ezt a rontást 2000. május 1-vel megszüntették.

Adatbázisok

A földrajzi integrálódás távoli adatforrások és adatkérők bekapcsolását tette szükségessé. Az így megnőtt igényeket a jelentősen kibővített központi és háttér memória kapacitások, valamint a táv-adatátviteli rendszerek kiépülése tudta ki-elégíteni.

A korszerű adatbázis-koncepció szoftver feltételeinek kialakulását vizsgálva, nem szabad megfeledkezni az alfanumerikus adatok gépi kezeléséről. A különböző lyukkártyás elektromechanikus adatfeldolgozó gépek, melyek segítségével olyan hagyományos műveletek, mint a válogatás, a rendezés, a táblázatkészítés már a század elejétől kezdve elvégezhetőek voltak. Az 50-es évek végén, a 60-as évek elején megérték a feltételei annak, hogy a hagyományos adatfeldolgozást a lyukkártyás elektromechanikus gépekről áttegyék az elektronikus számítógépekre. Ehhez egy olyan algoritmikus nyelv létrehozására volt szükség, amely egyszerű eszközökkel kezeli a hagyományos adatszerkezetet és alkalmas az adatfeldolgozás különböző feladatainak programozására. Ez a nyelv a COBOL.

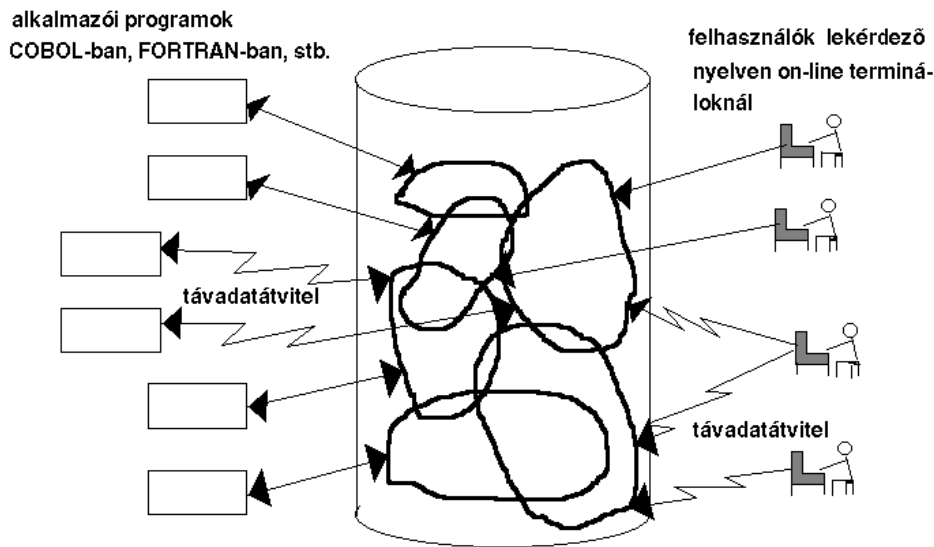
A következő lépésben a rutin adatkezelési feladatok egyszerű megoldására létrehozták a rendező — válogató (SORT–MERGE) programcsomagokat, valamint az eredmények bizonyos feldolgozását és megfelelő formában történő megjelenítését szolgáló programrendszereket a Report Program Generátorokat (RPG). A harmadik lépést az általánosított file kezelő rendszer a GFMS megje-

⁸ Pseudo Random Number.

⁹ Selective Availability.

lenése jelentette. Az általános file kezelő rendszerek egyesítették magukba azokat a képességeket, melyekkel a COBOL az RPG, a SORT-MERGE rendelkeztek, plusz még kiegészítő képességeik is voltak azokon a területeken, melyeken a COBOL nyelv gyöngye volt, például a tárolás, a keresés, a riportkészítés, stb. Az utolsó döntő lépés az általánosított adatbázis kezelő rendszerek (GDBMS) létrejötte volt. Ez a lépés realitássá változtatta az új integrált adatbázis koncepciót.

Az adatbázis logikai és fizikai struktúrájának különválása lehetővé teszi a kitűzött fő célok elérését. Eltérő helyeken található egymástól izolált felhasználók, vagy programok, egyidejűleg, különböző aspektusból keresik meg az integrált adatbázis esetenként azonos részeit anélkül, hogy egymást zavarnák, vagy, hogy tudnának egymásról, eredményesen működtetik az adatbázist.



4. ábra. Különböző felhasználók egyidejű hozzáférése az adatbázishoz

Ahhoz, hogy ez a folyamat eredményes és hatékony legyen, az adatbázis kezelő rendszernek az alábbi főbb kritériumokat kell kielégítenie:

- biztosítania kell az adatfüggetlenséget: az adatbázis kezelő szoftver függetlenítse az alkalmazásokat (programokat), illetve a lekérdező nyelv parancsait, az adatbázisban végzendő logikai vagy fizikai adatszerkezési változtatásoktól;
- adatoszthatóságot: ugyanazokkal az adatokkal, esetleg különböző szempontok szerint, az adatok megváltoztatása nélkül, egyidejűleg több felhasználó, vagy felhasználói program is foglalkozhasson;

- redundancia mentességet: a hagyományos adatfeldolgozástól eltérően a különböző felhasználók ugyanazokat az adatokat használhatják, ezért ezek az adatok csak egyszer kerülnek tárolásra, illetve a logikai struktúra korszerű leképezése lehetővé teszi, hogy ugyanaz az adat fizikailag csak egyszer kerüljön tárolásra;
- kapcsolatteremtési képességet: az adatbázisnak lehetővé kell tennie minden olyan kapcsolatlánc kialakítását, melyre a feldolgozás során szükség lehet;
- konzisztenciát és integritást: ha valamely adatban változás történik, úgy ennek az adatnak az egész kapcsolatrendszerét a változásnak megfelelően át kell állítani;
- biztonságot: az adatbázisban található adatok különböző titkossági szintűek lehetnek, ezért az adatbázis kezelő rendszernek gondoskodnia kell arról, hogy a megfelelő elérések csak a jogosult felhasználók számára legyenek engedélyezve;
- hatékonyságot: a hatékony adatbázis kezelő rendszernek biztosítania kell, hogy az értékes adatok minél több felhasználóhoz minél rövidebb idő alatt eljussanak.

Az adatadminisztrátor (csoport) felelőssége. A korszerű adatbázisok karbantartását mindig egy személy, illetve csoport kell, hogy végezze. Ezzel biztosítható, hogy az adatbázisba csak ellenőrzött, felülvizsgált adatok kerülhessenek be.

Az adatbázis létrehozása, tervezése, a tervezés követelményei

Az adatbázis külső felhasználói körnek készül, a tervezés első lépése a várható felhasználói kör meghatározása. A felhasználók ismeretében az igények alapján pontosan definiálni kell azokat a területeket, amelyekre az adatbázis működését tervezzük. Az adatbázis tartalma ezektől az igényektől függ.

Adatbázisok tervezése

Az adatbázissal két fontos műveletet kell elvégezni: az adatbázis létrehozását (az adatbázis szerkezetének definiálását és a szerkezet konkrét adatokkal való feltöltését, módosítását), valamint az adatok visszakeresését, lekérdezését. Az adatbázisban tárolandó információk forrásukat tekintve lehetnek úgynevezett elsődleges adatgyűjtésből eredőek, illetve másodlagos adatforrások.

Az adatbázis önmagában semmit sem ér. Akkor válik értékké, ha megadnak hozzá egy olyan szoftvert, amivel az adatbázis kezelhető. Ez a szoftver az adatbázis kezelő rendszer.

Az adatbázis tervezés követelményei

- egyidejű, az adatok azonos időpontra vonatkozzanak;

- az alkalmazás által megkívánt mértékben részletes, vagyis:
 - az adatbázison belüli kategóriák és alkategóriák tartalmazzák mindazon adatokat, amelyek az erőforrás tulajdonságainak modellezéséhez, elemzéséhez szükségesek;
 - helyzetileg pontos, valóságghú és kompatibilis más átfedhető információkkal;
 - naprakész és bárki számára hozzáférhető, akinek jogosultsága és szüksége van rá.

Az adatbázis szervezés szintjei

Az adatbázisban a valós világ adatait, és azok egymáshoz való kapcsolódását tárolják. Ahhoz, hogy a valóban tárolandó adatokat és a szükséges kapcsolatokat megállapíthassák, valamint, hogy ezeket az adatokat a számítógép számára érthető formában tárolják, az általánosításnak egy magas szintjére van szükség. Ezt az absztrakciós folyamatot más szóval modellezést, célszerűségi okokból, több lépcsőben szokás végrehajtani.

Az első feladat az adatmodellezés. Ez még nem igényel számítógépes ismereteket és lényegében független az alkalmazandó szoftvertől. Ugyanakkor a feladatot csak olyan emberek tudják megoldani, akik átfogóan és részleteiben is jól ismerik a földolgozandó területet.

A második lépcső az adatbázis logikai szerkezetének kialakítása. E logikai rekordoknak egyrészt összhangban kell lenniük az adatmodellezés során föltárt jelenségekkel, másrészt ki kell elégíteniük az adatbázis adatleíró nyelve¹⁰ által megszabott formai igényeket.

A harmadik lépésben ezeket a logikai rekordokat a DDL szabályai szerint deklarálják, s ilyen módon megteremtik a lehetőségét az adatbázis tényleges adatokkal való feltöltésének. A DDL nyelv segítségével csak a rekord neveket, formátumokat és kapcsolataikat rögzítették, a tényleges adatokat majd a betöltési folyamatban kell az így kialakított keretbe elhelyezni. A DDL nyelven leírt adatbázis sémát a DDL compailer lefordítja, és létrehozza az adatbázis leírását (sémáját). Ezt a leírást felhasználva fogja az adatbázis kezelő¹¹ a file kezelő¹² segítségével elhelyezni fizikai tároló helyükre a bevitt adatokat. A nagy adatbázisokban az adatbázis sémája mellett még úgynevezett alsémák is deklarálásra kerülnek, a különböző felhasználói szempontok figyelembevételével.

Az adatbázisokhoz való hozzáférés két szinten történhet. Vannak olyan felhasználók, akik számítógépes ismeretek nélkül is a döntés előkészítés folyama-

¹⁰ DDL — Data Definition Language (adatdefiníciós nyelv).

¹¹ data base manager

¹² file-manager.

tában adatokat kívánnak szerezni az adatbázisból. Ezek a felhasználók az alkalmazói programok bemenetén jutnak az adatbázisba. Ezek az alkalmazói programok ugyanis úgy vannak kialakítva, hogy néhány rövid parancs begépelésével megadják a kívánt választ. A számítógép szempontjából a válaszdadás úgy történik, hogy a kérdés bevitele után a lekérdező processzor beindítja a lefordított felhasználói programot, mely az adatbázis manager segítségével megszerzi a kívánt adatokat. Sokkal gyakoribb a lekérdező (query) nyelven keresztüli hozzáférés. A korszerű adatbázisok lekérdező nyelvi utasítások és paraméterek segítségével lehetővé teszik azt, hogy az adatbázisban tárolt adatok különböző feldolgozási formában elérhetővé váljanak. E bemeneten keresztül rendszerint gyakorlott operátorok veszik igénybe a rendszert. A lekérdező nyelv utasításait a lekérdező processzor közvetlenül az adatbázis managernek továbbítja, és ez szolgáltatja a kívánt információt.

Az adatbázisban különvlik a logikai és fizikai rekordszerkezet. Ezt a különválasztást az adatbázis manager végzi. Különböző logikai rekordokból általános esetben különböző fizikai rekordokat hoz létre és ezeket a fizikai rekordokat az operációs rendszer részét képező file manager a meglévő tárukban az általa kijelölt helyekre tárolja. Ezt a feladatot minden operációs rendszer a saját szabályai szerint látja el. A felhasználók számára ez lényeges a korszerű adatbázis koncepcióban, mert így nem kell foglalkoznia a fizikai adatszervezés kérdéseivel.

Adatbázis-kezelő rendszerek

Az adatbázissal az emberek négy különböző csomópontban találkoznak. A négy csomópont különböző szakmai, számítástechnikai felkészültségű munkatársat igényel. Az első csomópontban az adatbázis létrehozásakor annak adatokkal történő feltöltése előtt számítógépes szakemberek általában alkalmazói és rendszerprogramozók kommunikálnak. Ez a csomópont az adatbázis sémája, melyet az adatdefiniáló nyelv segítségével alkotnak meg.

1970-ben a már létrejött tapasztalatok alapján egy amerikai kutatócsoport „DATA BASE TASK GROUP (DBTG)” kidolgozott egy koncepciót a korszerű adatkezeléshez szükséges és többé-kevésbé szabványosított nyelvek vonatkozásában. A koncepció értelmében két nyelv létrehozása szükséges. Az egyik a DDL, mint önálló adatdefiniációs nyelv az adatstruktúrák létrehozására és definiálására szolgál. Lényegében azt a feladatot látja el, amit az általunk ismert algoritmikus nyelvek deklarációs része.

Egy másik nyelv a koncepció szerint arra szükséges, hogy a programozási nyelvbe beépülve növelje annak hatékonyságát és lehetőségeit a DDL nyelv által definiált adatrendszerek feldolgozásában. Ezt a nyelvet a koncepció szerint adatmanipulációs nyelvnek¹³ nevezték.

¹³ DML — Data Manipulation Language.

A két nyelv létrehozása lehetővé teszi:

- hogy az adatokat több felhasználó más-más formában, azonos időben felhasználja;
- hogy különféle visszakeresési módszerek legyenek alkalmazhatók ugyanabban a struktúrában;
- hogy az adatok fizikai tárolása az operációs rendszer gondja legyen és ne terhelje a felhasználói programozót;
- hogy bonyolult és integrált adatstruktúrák legyenek szervezhetők.

A koncepciót eredeti formájában a hálós adatbázis modellre dolgozták ki. Mivel a hierarchikus modell kialakulása időben megelőzte a hálós modellt, a koncepció ezek számára az adatbázisok számára is alkalmazható. A relációs adatmodell azonban később alakult ki és a két nyelv funkcióit egy nyelvben az SQL-ben realizálta.

Adatbázis típusok

A jelenleg működő korszerű adatbázisok négy alapvető adatmodellt realizálnak:

- a hierarchikus adatmodellt;
- a hálós adatmodellt;
- a relációs adatmodellt;
- objektum orientált adatmodellt.

Térinformatikai szoftverek

A térinformatikai megjelenítő szoftverek (Idrisi, ArcView, ArcInfo, AutoCAD, Mapinfo stb.) az elérhető digitális térképészeti termékek és adatbázisok térképészeti megjelenítését teszik lehetővé. A szoftver használata nem feltételez speciális térképészeti vagy térinformatikai ismereteket. Az adatokat előre elkészített adatkészletből, vagy térinformatikai adatokat szolgáltató szerverről kapják.

A térinformatikai elemző szoftverek az egyszerű megjelenítő szoftverek összes funkcióján túl rendelkeznek előre elkészített elemző funkciókkal is. Elkészíthető a segítségével egyszerűbb elemzés, a felhasználó a digitális adatbázis egyes részeit módosítani tudja. Használatához alapvető térinformatikai ismeretekre van szükség. Az adatokat előre elkészített adatkészletből, vagy térinformatikai adatokat szolgáltató szerverről kapják.

A térinformatikai szerver szoftverek nagy mennyiségű térinformatikai adatot kezelő alkalmazások, melyek képesek a beérkező illetve lekért adatok formátumainak értelmezésére, tárolására, formátumok közötti adatvesztés nélküli konverzióra, bonyolultabb lekérdezések végrehajtására és az eredmény továbbítására az igényelő felé. Az ezeket a szoftvereket üzemeltető felhasználók minden

esetben magasan képzett térinformatikai szakemberek, akik jó hatásfokkal képesek együttműködni más szakterületek képviselőivel.

A szoftver kiválasztás szempontjai

- legyen alkalmas minél több feladat elvégzésére;
- legyen minél inkább hardver független;
- legyen képes kapcsolatot tartani más típusú platformokkal és szoftverekkel;
- a különböző adatfordító rutinok megléte;
- legyen nagy megbízhatóságú;
- legyen könnyen kezelhető.

Digitális térképezés

A digitális térkép egy olyan számítógépes adatállomány, amely segítségével létrehozható a hagyományos térkép rajzológépek közreműködésével.

A digitális térkép koncepció megszületésekor érthetően azt feltételezték, hogyha a digitális térképet az adott országban létező legnagyobb szabványos méretarány alapján hozzák létre, úgy a kisebb méretarányú térképek ebből az anyagból számítógépes generalizáló eljárások segítségével levezethetők lesznek. Később azonban kiderült, hogy ez az elv nem csak kigondolásakor a 70-es évek elején, de még ma sem valósítható gyakorlatilag meg

A digitális térképekre történő áttérést tulajdonképpen az a remény inspirálta, hogy jelentős megtakarításokat lehet majd elérni a tisztázati rajzok elkészítésénél, valamint a felújításokkal és levezetett térképek létrehozásával kapcsolatos rajzolómunkában. A választandó módszer egyértelműen a meglévő és állandóan felújítás alatt álló nyilvántartási térképek digitalizálására utalt.

1973-ban merült fel először az a gondolat, hogy a digitális térkép létrehozásával ne csak a szabványos térképkészítést célozzák meg, hanem olyan digitális térbeli adatokat is tudjanak szolgáltatni, melyeket a különböző felhasználók más és más szempontok szerint tudnak rugalmasan alkalmazni.

Digitális térbeli információs rendszer

A digitális térképezés fogalma átvezetett a digitális térbeli információs rendszerek fogalmába. Míg a digitális térkép "csak" annyiban különbözött a hagyományos térképtől, hogy számítógépben manipulálható, megjeleníthető s elvileg tetszőleges méretarányban automatikusan kirajzolható, addig a legegyszerűbb térbeli információs rendszer is képes arra, hogy a földrajzi (térbeli) elemekhez a hagyományos térképnél nagyságrendekkel nagyobb tömegű attributív (tulajdonság) információt csatoljon. Ennek a felismerése vezetett oda, hogy a térbeli jelenségek leírásában a térkép (hagyományos vagy digitális) szerepe másodlagossá vált, a primér szerepet a térbeli információs rendszerek vették át.

A térbeli információs rendszerek grafikus (térképi) és attributív adatait különböző adatbázis kezelő rendszerek kezelik és külön modul kapcsolja össze ezeket a bázisokat. Egyértelmű a trend, hogy az attributív adatokat relációs adatbázisokba helyezték el. A legújabb törekvések arra irányulnak, hogy a térbeli információs rendszer interfész programok segítségével összekapcsolható legyen esetleg korábban, függetlenül létrehozott, területfüggő attributív adatokat tartalmazó relációs adatbázisokkal.

Növekszik az előre elkészített úgynevezett archív adatbázisok jelentősége, megjelennek a térbeli adatok meta adatbázisai, melyek hálózatról érhetőek el, s melyekből a felhasználó megtudhatja, hogy hol, milyen térbeli adatok találhatóak.

A térbeli információs rendszerek korábbi osztályozása, mely nagyfelbontású műveletszegény LIS-eket és kisfelbontású műveletgazdag GIS-eket különböztetett meg napjainkban már nem állja meg a helyét. Mind a nagyfelbontású városi rendszereknél, mind a kisebb felbontású regionális rendszereknél ma már elsődleges szerepet nyer a bonyolult térbeli művelet komplexumon nyugvó analízis és modellezés, mely az objektív optimális döntéshozatal legfontosabb műszaki eszköze. Ezért joggal nevezhetjük a felbontástól (méretarány orientáltságtól) függetlenül a valóban korszerű térbeli információs rendszer szoftvereket GIS szoftvernek. Ugyanakkor megfigyelhető, hogy a rendszerek szakterületenként specializálódnak ily módon lehetővé téve a szoftverek állandó növekedésének megállítását.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] DR. PASKÓ József, ALABÉR László, PASKÓ Attila: Térképészeti biztosítás. Egyetemi jegyzet, ZMNE, Budapest, 2000.
- [2] SZABÓNÉ DR. SZALÁNCZI Erika: Digitális kartográfia. Egyetemi jegyzet, ZMNE, Bp., 2001.
- [3] DR. GÓCZE István: Térinformatika a katonaföldrajz szolgálatában. Egyetemi jegyzet, Budapest, 1999.
- [4] STEFANCSIK Ferenc: Katonaföldrajzi és térinformatikai adatszolgáltatás. Új Honvédségi szemle 2002/8 (70. old.-80. old.)
- [5] ZENTAI László: Számítógépes térképészet. Egyetemi Tankönyv, ELTE Eötvös kiadó, Budapest.
- [6] BUDAI Attila: A Számítógépes grafika. LSI Oktatóközpont, Budapest, 1999.

INTERNETES FORRÁSOK

- [1] http://bme-geod.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t37.htm
- [2] http://bme-geod.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t38.htm
- [3] http://bme-geod.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t43.htm
- [4] http://bme-geod.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t11.htm
- [5] http://bme-geod.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t11a.htm
- [6] http://bme-geod.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t11b.htm
- [7] http://bme-geod.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t11c.htm
- [8] http://bme-geod.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t12.htm
- [9] <http://gisserver1.date.hu/jegyzet/frame.html>

ÖNJÁRÓ ROBOTOK FEDÉLZETI HELYZET-MEGHATÁROZÓ ESZKÖZEI

Az ember és a legtöbb állat számára létfontosságú a saját, illetve a környezetében lévő más élőlények, tárgyak térbeli helyzetének meghatározása. Ez a képesség nem csak az élő szervezetek, hanem az olyan autonóm szabályozási rendszerek számára is nélkülözhetetlen, mint a robotok. A használatban lévő robotok többsége rögzített helyzetű gyártósor része. Már az ilyen alkalmazásoknál is érzékelők sokaságára van szükség a biztonságos és megfelelő pontosságú mozgások végrehajtásához. Biztosra vehető azonban, hogy a közeljövőben egyre több területen jelennek meg olyan önjáró robotrendszerek, amelyek munkaterületükön szabadon mozognak, így képesek az útjukba kerülő akadályok kikerülésével tetszőleges pályát bejárni a célállomások között. Ehhez azonban olyan érzékelőkre van szükség, amelyek képesek biztosítani a navigációhoz szükséges megbízható, pontos pozícióadatokat. Az ipari alkalmazásoktól eltérően, ahol a munkakörnyezet általában ismert, a katonai, kutató, katasztrófavédelmi és egyéb kültéri alkalmazásoknál nincs pontos térkép a terepről, akadályokról, illetve sok esetben éppen ennek elkészítése a robot feladata. [1]

A fentebb felsorolt területeken dolgozó önjáró robotoknak, főleg a katonai alkalmazásokban, ahol emberi életek kerülhetnek komoly veszélybe, különlegesen magas minőségi és megbízhatósági követelményeknek kell megfelelniük. Ez azt jelenti, hogy a fedélzeti helyzet-meghatározó berendezéseknek és érzékelőknek is teljesíteniük kell ezen elvárásokat. Ilyen eszközök tervezése, fejlesztése során a megbízhatóság növelése érdekében egyszerűsége, ugyanakkor kellő mechanikai szilárdságra kell törekednünk.

Ha egy szabadon mozgó tárgy térbeli pozíciójának megállapítása a feladat, ismerni kell az adott tárgy elhelyezkedésének irányát két megfigyelési pontból, vagy négy megfigyelési ponttól való távolságát. Az első módszert az élőlények szemei, valamint a képfeldolgozó videokamerás rendszerek használják. Az utóbbi elv a nem képfeldolgozási elven működő helymeghatározó rendszerek alapja, és egyben ezen cikk témája is, különös tekintettel az ultrahangos megoldásokra, amelyek egyszerűségükből és mechanikai szilárdságukból kifolyólag kiválóan alkalmazhatók nagy megbízhatóságú rendszerekben.

MATEMATIKAI ALAPOK

Koordinátageometriából ismert, hogy egy pont térbeli pozíciójának megállapításához négy másik ponttól való távolságának ismeretére van szükség, ugyanis egy távolsággal egy gömbfelületet, kettővel egy körvonalat, hárommal két pontot tudunk meghatározni. Mivel a távolság mérése általában digitálisan történik, ezért fontos szerepet játszik a mérés felbontásából adódó úgynevezett kvantálási hiba. Ennek köszönhető, hogy a mért értékek nem egy gömbfelületek által meghatározott pontot adnak meg, hanem egy gömbhéjak által kivágott térrészt, aminek térfogata a kvantálási hiba köbével arányos.

Matematikailag egy pont koordinátái a következőképpen határozhatók meg négy ismert koordinátájú ponttól való távolságaiból, ha $(u_i; v_i; o_i)$ az i -edik ismert helyzetű pont koordinátái, r_i az i -edik mért távolság, $(x; y; z)$ pedig az ismeretlen helyzetű pont keresett koordinátái:

$$\begin{cases} (x - u_1)^2 + (y - v_1)^2 + (z - o_1)^2 = r_1^2 \\ (x - u_2)^2 + (y - v_2)^2 + (z - o_2)^2 = r_2^2 \\ (x - u_3)^2 + (y - v_3)^2 + (z - o_3)^2 = r_3^2 \\ (x - u_4)^2 + (y - v_4)^2 + (z - o_4)^2 = r_4^2 \end{cases}$$

A számítást jelentős mértékben leegyszerűsíthetjük azzal, hogy a fix pontok helyét úgy választjuk meg, hogy az egyik a koordináta-rendszer origójában, a többi pedig egy-egy tengelyen legyen. Mivel esetünkben ennek semmi akadálya, érdemes ezzel az esettel számolni. Legyenek $(u; v; o)$ az ismert helyzetű pontok koordinátái az adott tengelyen:

$$\begin{cases} x^2 + y^2 + z^2 = r_1^2 \\ (x - u)^2 + y^2 + z^2 = r_2^2 \\ x^2 + (y - v)^2 + z^2 = r_3^2 \\ x^2 + y^2 + (z - o)^2 = r_4^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x^2 + y^2 + z^2 = r_1^2 \\ x^2 + y^2 + z^2 = r_2^2 + 2ux - u^2 \\ x^2 + y^2 + z^2 = r_3^2 + 2vy - v^2 \\ x^2 + y^2 + z^2 = r_4^2 + 2oz - o^2 \end{cases}$$

Ebből az egyenletrendszerből nagyon egyszerűen kifejezhetőek a keresett koordináták:

$$\underline{\underline{x = \frac{r_1^2 - r_2^2 + u^2}{2u}}} \quad \underline{\underline{y = \frac{r_1^2 - r_3^2 + v^2}{2v}}} \quad \underline{\underline{z = \frac{r_1^2 - r_4^2 + o^2}{2o}}}$$

HELYZETMEGHATÁROZÁS A GYAKORLATBAN

Technikailag egyszerűbb távolságot mérni, mint szögeket, ezért a ma használatos pozíció-meghatározó eszközök, például a műholdas GPS rendszer, általában a fent említett módszert használják. A GPS (Global Positioning System) 24 db, földkörüli pályán, 20,240 km-es magasságban keringő műhold segítségével működő rendszer. Azért van 24 szatellitre szükség, mert így teljesül az a követelmény, hogy bármely időpontban, a föld bármely pontján vehető legalább négy műhold által sugárzott jel. Ez a jel egy digitális információcsomag, amely tartalmazza az adott műholdon lévő atomóra időadatait, a műhold pályadatait, az esetleges korrekciókat és egyéb adatokat. A vevőbe, vagyis a felhasználó által használt GPS készülékbe érkező időadat, és a készülék saját órája által mért időadat különbsége egyenesen arányos a vevő és az adott műhold távolságával. Az időadatok különbsége abból adódik, hogy a műhold által kibocsátott információcsomag, elektromágneses hullám lévén fénysebességgel terjed, tehát idő kell ahhoz, hogy a vevőbe érkezzon. A távolságokból a már megismert egyenletrendszer alapján könnyen kiszámolhatók a vevő koordinátái:

$$\begin{aligned}P_1 &= \sqrt{(X - X_1)^2 + (Y - Y_1)^2 + (Z - Z_1)^2} + c\delta t \\P_2 &= \sqrt{(X - X_2)^2 + (Y - Y_2)^2 + (Z - Z_2)^2} + c\delta t \\P_3 &= \sqrt{(X - X_3)^2 + (Y - Y_3)^2 + (Z - Z_3)^2} + c\delta t \\P_4 &= \sqrt{(X - X_4)^2 + (Y - Y_4)^2 + (Z - Z_4)^2} + c\delta t\end{aligned}$$

ahol: P_i — az adott műhold mért távolsága a vevőtől;
 X_i, Y_i, Z_i — a műhold ismert koordinátái;
 X, Y, Z — a vevő keresett koordinátái;
 δt — az órahiba;
 c — a fénysebesség.

Problémát okoz azonban, hogy míg a műholdak atomórái tökéletesen szinkronizáltak működnek, addig a vevőben lévő óra nem. Ez az időeltérés, az úgynevezett órahiba mind a négy egyenletben azonos módon jelenik meg, ezt kiejtve a koordináták pontosan számíthatók [2].

Távolság, és ezáltal térbeli pozíció meghatározására lézer fényt is használhatunk. Egyik lehetőség hogy a lézernyalábbal irányt jelölünk ki, a lézerforráshoz képest eltolt érzékelővel, pedig tulajdonképpen iránymérést valósítunk meg. Másik módszer a fényt, mint elektromágneses hullámot használja. Lényege, hogy lézerimpulzust vagy szinuszosan modulált fényerejű lézerfényt bocsátunk ki, amely a vizsgált felületről visszaverődve jut az érzékelőbe. Impulzusnál az

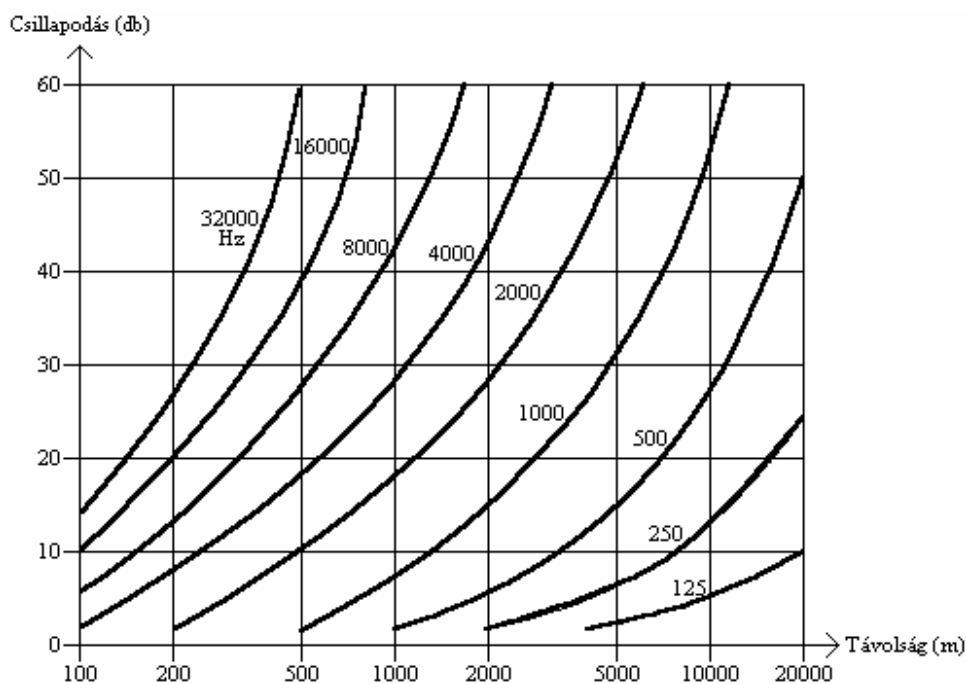
impulzus modulált jelnél, pedig a jel fázisának terjedési ideje lesz a távolsággal arányos mennyiség. A gyakorlatban pontosabb mérésekhez főként az utóbbi megoldások valamelyikét használják

Tárgyak térben elfoglalt helyzetének meghatározására használt megoldás még a gyorsulásmérés is (pl. 3D sisakok). Ekkor a kiinduló helyzettől való eltérést állapítják meg, de a módszer nagy hátránya a pontatlanság, hiszen a gyorsulás-pozíció átalakításhoz integrálásokra van szükség, ezért az időbeli kvantáltságból eredő hibák folyamatosan összeadódnak.

TÁVOLSÁGMÉRÉS ULTRAHANG SEGÍTSÉGÉVEL

A már említett műholdas helymeghatározó rendszerben fénysebességgel haladó elektromágneses jelek segítségével állapítják meg a bemérendő készülék, és a műhold távolságát. Ez a megoldás kisebb méretek esetén ma még nem használható. Levegőben a hang terjedési sebessége hat nagyságrenddel kisebb, mint a fényé, így kitűnően alkalmazható kis méretek esetén is. A hang sebessége szobahőmérsékletű levegőben körülbelül 344 m másodpercenként. Ha megmérjük a hanghullám terjedéséhez szükséges időt, akkor könnyen kiszámíthatjuk a megtett távolságot, így már 10 MHz-es mintavételi frekvenciával is nagyjából $3,44 \cdot 10^{-5}$ m-es felbontást kapunk. Ez azt jelenti, hogy egyszerű és nagy felbontású ultrahangos távolságmérő készíthető.

A ma használatos ultrahangos berendezések szinte kizárólag a visszhangjelenséget, vagyis a felületről visszaverődő hangjelet használják ki. Az adó és a vevő általában egy helyen van, leggyakrabban a két funkciót ugyanaz az egység látja el. Így az adóból kibocsátott jel a készülék-felület távolságot kétszer megtéve érkezik vissza a vevőbe. Ezek az eszközök általában az emberi fül számára nem hallható tartományba tartozó, 20 kHz fölötti hanghullámokat alkalmazzák. Ennek legfontosabb előnye éppen az, hogy nem hallható, tehát nem zavaró. Hátránya viszont a hang terjedése során fellépő csillapodás, melynek mértéke a frekvenciával nő. Ennek a csillapodásnak az oka a disszipáció, melynek során a hang energiája hővé alakul. A csillapodás frekvenciától való függését az 1. ábra mutatja [3].



1. ábra. Különböző frekvenciájú hangok csillapodása levegőben való terjedés során [2]

Ultrahang felhasználásával működő berendezések

Mivel jelen cikknek nem célja az alkalmazási területek mindenre kiterjedő ismertetése, itt csak néhány fontosabb felhasználási példa kerül bemutatásra. Talán a legismertebb ultrahang felhasználási terület az orvosi képalkotás, ami a hanghullám különböző közegek határain való visszaverődésének és elhajlásának érzékelésén alapul.

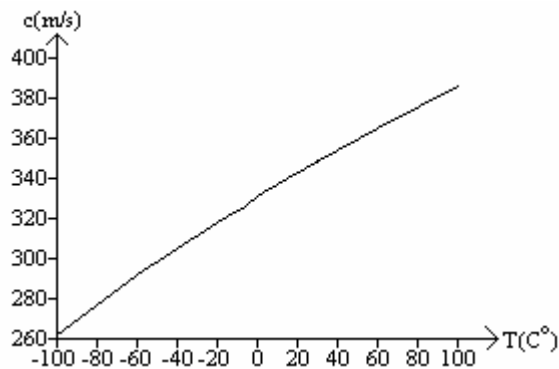
A hajózásban alkalmazott mélységmérési módszerek is a visszhangjelenséget, vagyis a folyó- vagy tengerfenékről visszaverődő hanghullámokat használják. Vízben a hang sebessége jóval nagyobb, körülbelül 1500 m másodpercenként, a csillapodása viszont sokkal kisebb mértékű, mint gázokban, így akár 12 000 m-es mélységig is mérhetünk vele. Másik hajózásban, főként a haditengerészetben használt eszköz a szonár, amely a távoli hajók vagy tengeralattjárók által kibocsátott hanghullámokat felfogva érzékeli azok jelenlétét és irányát [4].

Az iparban gyakran alkalmaznak ultrahangos távolságmérőket tartályokban lévő anyagok érintésmentes szintméréséhez. Másik fontos ipari felhasználási terület a roncsolásmentes anyagvizsgálat, ahol a vizsgálandó anyagban ultrahang hullámokat keltenek, és a repedésről vagy más szerkezeti hibáról visszaverődő

hanghullámokat érzékelik. Ezzel a módszerrel nem csak felismerhető, hanem lokalizálható is az anyaghiba.

A hangsebesség-változás és az offszethiba hatásának kiküszöbölése

Mint láthattuk sokféle készülék használ ultrahangot távolság méréshez. Ezek általában a „bemérendő” tárgy felületéről visszaverődő jel késleltetési idejét mérik. Minden ilyen esetben problémát okoz, hogy a hang sebessége nem állandó, hanem függ a közeg, tulajdonságaitól, hőmérsékletétől, összetételétől, valamint a hang frekvenciájától. Mivel a frekvencia általában állandó, ez utóbbi nem jelent megoldandó problémát, de a levegő hőmérsékletének változásai jelentősen befolyásolják az ilyen mérések pontosságát. Az olyan esetekben, amikor nagyobb pontosságot követelnek meg, ezeket a tényezőket is ellenőrizni, vagyis mérni kell, ami tovább bonyolítja a feladatot. A hangsebesség hőmérséklettől való függését a 2. ábrán látható grafikon mutatja.



2. ábra. A hang terjedési sebességének hőmérséklettől való függése [5]

Az összefüggést jól közelíti a következő képlet:

$$c = \frac{1087\sqrt{273+T}}{54,15}$$

ahol: c — a hangsebesség m/s-ban;

T — a hőmérséklet °C-ban megadva [6].

A hangsebesség hőmérsékletfüggéséből adódó probléma megoldását nagyon megkönnyítené, ha az ismeretlen távolság késleltetési ideje mellett ismert, rögzített távolságok adatai is rendelkezésre állnának. Legyenek a, b az ismert, rögzített távolságok, t_a, t_b az ezen távolságokon mért idők, x az ismeretlen és keresett tá-

volság, t_x az ehhez tartozó mért idő, v a pillanatnyi hangsebesség, h pedig az elektronika késéséből adódó offszethiba (például az erősítés fázistolása). A két utóbbi mennyiséget joggal vehetjük azonosnak a három mérés esetére. Így a következő összefüggések írhatók fel:

$$\begin{cases} x = v(t_x - h) \\ a = v(t_a - h) \\ b = v(t_b - h) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = vt_x - vh \\ a = vt_a - vh \\ b = vt_b - vh \end{cases}$$

A jobb oldali egyenletrendszer második és harmadik egyenletéből az elsőt kivonva a következőket kapjuk:

$$\begin{cases} a - x = v(t_a - t_x) \\ b - x = v(t_b - t_x) \end{cases}$$

Az első egyenletet a másodikkal elosztva, levezethető a keresett távolság:

$$\frac{t_a - t_x}{t_b - t_x} = \frac{a - x}{b - x} \Rightarrow (t_a - t_x)(b - x) = (t_b - t_x)(a - x)$$

$$x = \frac{b(t_a - t_x) - a(t_b - t_x)}{t_a - t_b}$$

Az eredményből látszik, hogy kiesik mind a sebesség, mind az offszethiba. További előnye még a módszernek, hogy az így kapott eredmény dimenziója megegyezik azzal, amiben a rögzített távolságokat megadjuk. Az is látszik, hogy a megoldás kiküszöböli még a számlálási frekvencia esetleges ingadozásából adódó hibákat is, azzal a jóság feltételezéssel, hogy legalább a három mérés alatt az nem változik.

Háromdimenziós ultrahangos pozíció meghatározó készülék

Ahogy azt a fentiekben láttuk, ahhoz, hogy távolságmérés segítségével háromdimenziós pozíciót lehessen meghatározni, a keresett pont legalább négy fix ponttól való távolságát kell megmérni. Sok esetben azonban elég, ha csak a fél teret képezzük le. Ekkor azt lehet megállapítani, hogy a három fix pont síkjának egyik oldalán hol helyezkedik el az ismeretlen helyzetű pont.

Szükség lehet rá, hogy mindkét típusú végpontból, tehát rögzített helyzetűből, és mozgóból is többet használjunk. Erre a hangsebesség-változás, és az offszethiba kiküszöböléséhez szükséges fix távolságok mérése miatt kerülhet

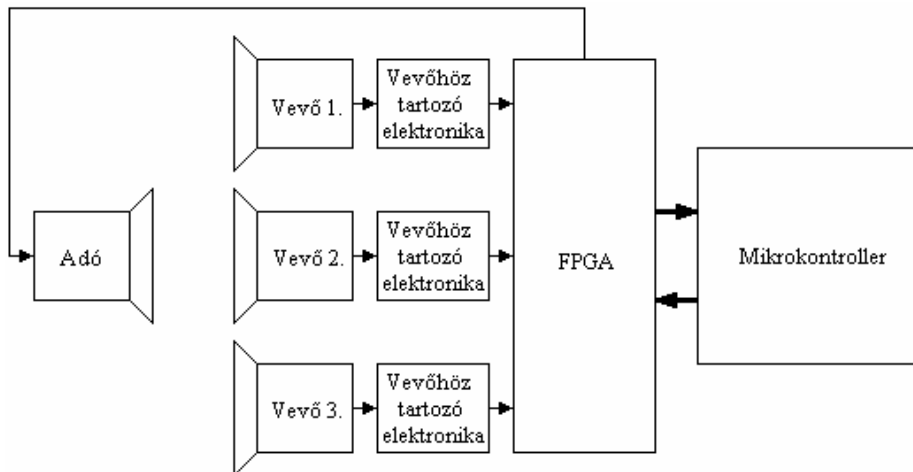
sor, valamint azért, mert egy tárgy térbeli elhelyezkedésének megállapításához több pontjának pozícióját is meg kell határozni.

Mivel a távolságmérések végpontjai esetünkben ultrahang adók illetve vevők, először azt kell eldönteni, hogy melyek legyenek rögzítettek és melyek szabadon mozgóak. Ha kevesebb adóra van szükség, mint vevőre, akkor célszerű azt a megoldást választani, hogy a vevők legyenek rögzítve, mert egy adó jelét egyszerre több, különböző helyen lévő vevő képes feldolgozni, míg több adó nem működhet egyszerre, hiszen nem lehetne megkülönböztetni a belőlük jövő ultrahang jeleket.

A vevők számát tehát csak a rendelkezésre álló hardver eszközök korlátozzák. Ezzel szemben több adó használata problémát jelent, amire kétféle megoldás létezik. Az egyik, hogy a különböző adók különböző jeleket bocsátanak ki, amelyeket meg lehet egymástól különböztetni. Erre a legegyszerűbb példa, különböző frekvenciájú jelek alkalmazása, hiszen ekkor elméletileg sávszűrők segítségével külön lehet választani a különböző adókból jövő jeleket. Azonban ilyen megoldás esetén nehezen megoldható gondot jelent a vevők megvalósítása, hiszen ezek általában csak a saját rezonanciafrekvenciájuk közvetlen környezetébe eső hangokat képesek fogni [7]. Ezért egyszerűbb a másik megoldást választani, amely időosztáson alapul. Ez annyit jelent, hogy az adók nem egyszerre adják le ultrahang jelüket, hanem először az egyik, majd miután ezt feldolgoztuk, a másik, és így tovább. Ez egyszerű megoldás ugyan, de hátránya, hogy minél több adót használunk, annál jobban csökken az időbeli felbontás, vagyis egy pozíció mérése időegységenként annál kevesebbszer történhet meg [8].

Egy egyszerű ultrahangos helyzet-meghatározó berendezés lehetséges felépítését a 3. ábra szemlélteti. Az ábrán látható elrendezésben három rögzített helyzetű vevő van. Az adót felszerelhetjük közvetlenül arra a tárgyra, amelynek térbeli helyzetét vizsgálni szeretnénk, de elképzelhető olyan összeállítás is, amikor az adó által kibocsátott jel a vizsgálandó tárgyról visszaverődve jut a vevőkbe (így tájékozódnak a denevérek is). Az első esetben könnyű dolgunk van, mivel az adót pontszerű sugárzónak tekinthetjük. A második esetben nehezebb pontos koordinátákat meghatározni ugyanis nagyobb kiterjedésű tárgyaknál nem csak egyetlen pontról verődnek vissza hanghullámok.

A mérés kezdetén az adó egy rövid ultrahang hullámot bocsát ki, ezzel egy időben pedig elindul egy gyors számláló, ami az impulzus kibocsátása és vevőkbe érkezése között eltelt időt méri. A számlálót és a méréshez szükséges egyéb digitális áramköröket célszerű programozható logikai áramkörben (FPGA) megvalósítani. Az adatok feldolgozását, az analóg áramkörök szabályozását, valamint a külvilággal való kapcsolattartást egy mikrokontroller végzi. Léteznek olyan integrált áramkörök, amelyekben e két egységet, az FPGA-t (Field Programmable Gate Array) és a mikrokontrollert egy tokban helyezték el, így egy kevés alkatrészt tartalmazó, ezáltal kis méretű eszközt készíthetünk.



3. ábra. Háromdimenziós ultrahangos helyzet-meghatározó blokkvázlata

Robotok ultrahangos navigációs eszközei

A GPS alapú rendszerek a koordinátákon kívül a tengerszint feletti magasságot is meg tudják határozni. Léteznek azonban olyan alkalmazások, amelyekben a felszín feletti magasság GPS-el elérhetőnél nagyobb pontosságú és időbeli felbontású meghatározására van szükség. A hajózásban használt mélységmérési módszerekhez hasonló elvet alkalmazva olyan ultrahangos magasságmérőt készíthetünk, amely civil vagy katonai alkalmazású robotrepülőgépek automatikus fel- és leszállását segíti. 5–10 m-ig megfelelő pontosságú magasságadatokat lehet biztosítani az irányító automatikának tizedmásodperces frissítési idővel, így kis magasságokban biztonságosabban manőverezhet a robotrepülő.

Az olyan önjáró szárazföldi robotoknál, még azoknál is, amelyek fel vannak szerelve képfeldolgozó navigációs elektronikával, szükség lehet ultrahangos radarra. Előfordulhat, hogy a robotnak olyan terepen kell dolgoznia, ahol a különleges fényviszonyok miatt nem lehet biztonságosan felismerni a tárgyakat és kikerülni az esetleges akadályokat. Ultrahang alkalmazásával az előbbi probléma megoldható.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az ultrahang elektromágneses hullámokhoz képest nagyságrendekkel kisebb sebessége lehetővé teszi, hogy segítségével kis távolságok mellett (néhányszor 10 m), egyszerűen, nagy pontossággal, lehessen térbeli pozíciót meghatározni.

Önjáró (guruló, lépegető, repülő stb.) robotok egyéb fedélzeti helyzetmeghatározó eszközeit, pl. a GPS-t kiválóan kiegészíti az ultrahangos radar. Ennek segítségével a repülő robotok fel- és leszállása biztonságosabbá tehető, a szárazföldi robotok, pedig érzékelhetik, kikerülhetik az útjukba kerülő tárgyakat, akadályokat. Pontossága és egyszerű felépítése miatt az ultrahangos távolságmérés katonai, kutató, katasztrófavédelmi és egyéb nagy megbízhatóságot igénylő kültéri alkalmazásoknál is jól használható.

Egy megbízhatóan működő, olcsó pozíció-meghatározó készülék használata egyéb területen is hasznos lehet. Ilyen eszköz sok esetben kiválthatja a bonyolult és drága, képfeldolgozáson alapuló rendszereket. A fent említett egyszerű háromdimenziós berendezéssel meg lehet valósítani számítógépekhez használható háromdimenziós pointer eszközöket, melyekről a PC pontosan „tudja”, hogy a felhasználó mit csinál velük. Ez az eszköz alkalmas lehet különböző háromdimenziós alkalmazások vezérléséhez (pl. virtuális valóság, szimuláció).

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] VOGEL MIKLÓS: Ipari robotjárművek helymeghatározó eszközei. Műszerügyi és mérés technikai közlemények, 2001. 37. évfolyam, 68. szám.
- [2] HUSTI GYÖRGY: Globális helymeghatározó rendszer. 2000.
- [3] KURUTZ IMRE–SZENTMÁRTONY TIBOR: A műszaki akusztika alapjai. 2001.
- [4] SOMKUTI EMIL: Hírközlés, mélységmérés és radar alkalmazása a hajózásnál. 1956.
- [5] SÁLYI ISTVÁN: Pattantyús 2. kötet, Alaptudományok és anyagismeret, 1961.
- [6] http://arts.ucsc.edu/ems/music/tech_background/te-01/soundspeed.html
- [7] GÉMESI JÓZSEF: Piezoelektromos anyagok. 1964.
- [8] <http://www.channelindustries.com>
- [9] http://www.micropilot.com/resources/manuals/Manual-MP2000_11_07_02.pdf

REZÜMÉ

Dr. Hadnagy Imre József

Ikarosz fiai a nagykunságban III. rész

A cikk a kunmadarasi repülőtér és az ottani magyar katonai repülés történetének egy részét tartalmazza (1953–1955-ig). A szerző bemutatja a kunmadarasi repülőtér újrakezdését és a hőskor időszakát.

Orosz Zoltán

A merevszárnyú légi szállítás-felértékelődő képessége

A NATO országok légi szállító kapacitása nemzetenként eltérő nagyságú, függ az adott ország haderejének, a jelentkező szállítási igénynek a nagyságától. Mivel a harcászati mélységű légi szállító kapacitás szövetségi keretek között nem elégséges, így a tagországoknak ezt a feladatot nemzeti keretek között kell első-sorban megoldani. Cikkemben meg kívánom vizsgálni a NATO légi szállító képességgel kapcsolatos elgondolásokat és alkalmazási elveket, valamint a magyar légi-szállító kapacitás helyzetét, szükségességét, jövőbeni feladatait.

Bencsik András

Gondolatok a múlt század második felének magyar katonai repülésbiztonságáról, a tények és a számok tükrében

A szerző megkísérli felvázolni az 1948-tól a 2000. évig terjedő időszak repülésbiztonságának alapvető problémáit. A legégetőbb gondokra tapintva jellemzi az adott időszakot. Statisztikai adatokra támaszkodva emeli ki a legjellemzőbb veszélytényezőket, melyek hatást gyakoroltak a magyar katonai repülés biztonságára.

Bunkóczi Sándor–Dudás Zoltán

Pilóta nélküli repülőeszközök a hadviselésben I.

A szerzők egy cikksorozat keretében megkísérlik felvázolni a pilóta nélküli repülőeszközök szerepét a hadviselésben. Elsőként röviden bemutatják a pilóta nélküli repülőeszközök történetét. Mindezek mellett megpróbálják tisztázni a manapság oly sokat emlegetett UAV ésUCAV fogalmát.

Simon Károly–Plopp Zsolt

A légi harc fejlődése a kezdetektől a második világháború végéig

A légi harc fejlődése a repülés kezdeteitől a mai napig töretlen folyamat. A változást egyrészt a technikai fejlődés, másrészt a folyton alakuló alkalmazási elvek befolyásolták. Mindennek ellenére egy adott korszak légi harcainak tapasztalatai sokat mondhatnak a jelen számára is, hiszen a fejlődés csak a múlt ismeretével érthető meg. A szerzők megkísérik végigkísérni a légi harc alakulását, a korai harci repülésektől a modern repülőerők légvédelmi tevékenységéig.

Dr. Szekeres István

A légierő repülőcsapatai harci alkalmazásának fejlődése II. rész (1917–18)

A levegő meghódításának gondolata bizonyára egyidős az emberiség történelmével. Az ember, mint gondolkodó lény, mindig vágyott arra, hogy a föld, a vizek meghódítása után a légtér leghatalmasabb, legerősebb birtokosa legyen. A szerző a légierő repülőcsapatai harci alkalmazásának fejlődését mutatja be az 1917–1918 időszakban.

Koncz Miklós Tamás

A Mistral légvédelmi rakéta célrepülőgépeinek robotizálása

Magyarországon az 5. Légvédelmi Rakétaezrednél rendszeresítették a francia Matra Mistral (Hideg szél) kishatótávú, infravörös önirányítású rakétarendszert, melynek fő feladata az MH gépesített lövészdandárjának légvédelme. A szerző bemutatja a fenti eszköz megsemmisíthető célpontjaként szolgáló az AERO-TARGET Bt. által gyártott Meteor-3 típusú rádió távirányítású, speciális eszközökkel felszerelt repülőgépet.

Füleky András

Repülőesemények, tények és elemzések

A repülőgép sugárhajtóművek instabil üzemmódja számos okra vezethető vissza. Az alábbi gyűjtésben össze szeretném foglalni azokat a repülőeseményeket, amelyek kialakult pompázs jelenség következményei voltak, illetve olyan eseteket, amikor a hajtómű instabil üzemmódja ugyan nem lépett fel vagy kis mértékben mutatkozott, de a hajtómű pompázst előidéző okok fennálltak.

Kis Andrea

A Szojka-III típusú pilóta nélküli repülőeszköz sztochasztikus analízise

A cikkben törekedtem arra, hogy bemutassam a sztochasztikus analízishez szükséges elméleti ismeretek és ezen ismeretekre alapozva elkészítettem a SZOJKA

típusú pilóta nélküli repülőgép sztochasztikus analízisét. Az analízishez a MATLAB program Control System Toolbox-át használtam. A számítógépes szimuláció előnyei: az egyszerű kezelhetőség és rugalmasság, az adatok eltárolhatók későbbi feldolgozás illetve újra felhasználásra.

Szegedi Péter

A pilótánélküli repülőgépek irányíthatóságának és megfigyelhetőségének vizsgálata

A cikkben a Szojka-III pilótánélküli repülőgép — rendelkezésre álló matematikai modelljei alapján elvégzett — irányíthatósági és megfigyelhetőségi vizsgálatok eredményei kerülnek bemutatásra. A vizsgálatok MATLAB környezetben futtatott, előre megírt program segítségével történtek. Az eredmények kiértékeléséhez a Kalman által 1961-ben bevezetett irányíthatóság és a megfigyelhetőség fogalma nyújt segítséget.

Fülek András

Földi gázturbinák

Írásom célja a földi gázturbinák alapvető alkalmazásainak ismertetése. A hőmechanikai munkává alakítása a gőzgépekben kezdődött és azóta is a mérnöki tevékenység egyik központi kérdése: miként lehet jó hatásfokkal minél kisebb térfogat mellett minél nagyobb teljesítményt elérni. E szüntelenül végzett kutató, fejlesztő munka első eredménye a gázmotor, majd a Diesel-motor, amelynek megjelenése a nehézkes gőzgépet kívánta helyettesíteni.

A növekvő energiaszükségletet azonban sem a gőzgép, sem a Diesel-motor nem fedezte. A XIX. század gőzturbina kísérleteit hamarosan felváltották a gázturbinával foglalkozó kutatások.

Szegedi Péter

Automatizálás a térképezésben

A térbeli adatok tárolásának és megjelenítésének ősi eszköze a térkép. Sok évszázadnak kellett eltelnie ahhoz, hogy a térképek olyan rendszert, tartalmat és formát kapjanak, mint ami napjainkban megszokott. A XX. század végére kialakultak azok a legfontosabb térképtípusok, amelyekre támaszkodva fejlődtek és működnek a különböző katonai, mérnöki, közlekedési, építészeti, mezőgazdasági tervező szervezetek.

Turóczi Antal

Önjáró robotok fedélzeti helyzetmeghatározó eszközei

Az ember és a legtöbb állat számára létfontosságú a saját, illetve a környezetében lévő más élőlények, tárgyak térbeli helyzetének meghatározása. Ez a képesség nem

csak az élő szervezetek, hanem az olyan autonóm szabályozási rendszerek számára is nélkülözhetetlen, mint a robotok. A használatban lévő robotok többsége rögzített helyzetű gyártósor része. Már az ilyen alkalmazásoknál is érzékelők sokaságára van szükség a biztonságos és megfelelő pontosságú mozgások végrehajtásához. Biztosra vehető azonban, hogy a közeljövőben egyre több területen jelennek meg olyan önjáró robotrendszerek, amelyek munkaterületükön szabadon mozognak, így képesek az újukba kerülő akadályok kikerülésével tetszőleges pályát bejárni a célállomások között. Ehhez azonban olyan érzékelőkre van szükség, amelyek képesek biztosítani a navigációhoz szükséges megbízható, pontos pozícióadatokat. Az ipari alkalmazásoktól eltérően, ahol a munkakörnyezet általában ismert, a katonai, kutató, katasztrófavédelmi és egyéb kültéri alkalmazásoknál nincs pontos térkép a terepről, akadályokról, illetve sok esetben éppen ennek elkészítése a robot feladata. [1]

A fentebb felsorolt területeken dolgozó önjáró robotoknak, főleg a katonai alkalmazásokban, ahol emberi életek kerülhetnek komoly veszélybe, különlegesen magas minőségi és megbízhatósági követelményeknek kell megfelelniük. Ez azt jelenti, hogy a fedélzeti helyzet-meghatározó berendezéseknek és érzékelőknek is teljesíteniük kell ezen elvárásokat. Ilyen eszközök tervezése, fejlesztése során a megbízhatóság növelése érdekében egyszerűsége, ugyanakkor kellő mechanikai szilárdságra kell törekednünk.

SZERZŐK

Dr. Hadnagy Imre József alezredes	egyetemi docens, ZMNE Hadtudományi Kar, Repülő tanszék, tanszékvezető
Orosz Zoltán alezredes	MH 89. Szolnok Vegyes Szállítórepülő Ezred, parancsnok-helyettes
Bencsik András okl. mk. alezredes	MH Légierő Parancsnokság
Bunkóczi Sándor őrnagy	ZMNE Hadtudományi Kar, Légvédelmi tanszék, doktorandusz
Dudás Zoltán százados	egyetemi tanársegéd, ZMNE Hadtudományi Kar, Repülő tanszék, doktorandusz
Simon Károly őrnagy	MH Légierő Parancsnokság
Plopp Zsolt őrnagy	MH Légierő Parancsnokság
Dr. Szekeres István alezredes	egyetemi adjunktus, ZMNE Hadtudományi Kar, Repülő tanszék
Koncz Miklós Tamás	Antenna Hungária Rt.
Füleky András okl. mk. százados	ZMNE KMDI levelező doktorandusza
Kis Andrea	ZMNE BJKMFK Fedélzeti Rendszerek Tanszék végzett hallgatója
Szegedi Péter okl. mk. százados	egyetemi tanársegéd, ZMNE BJKMFK Repülőműszaki Intézet Fedélzeti rendszerek tanszék, doktorandusz
Turóczy Antal	Bizalom Rt.