

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI KAR

Czövek László

**REPÜLÉSI ADATOK ALKALMAZÁSA VALÓS REPÜLÉSI
SZITUÁCIÓK ELEMZÉSÉBEN**

Ph.D. értekezés

T É Z I S F Ű Z E T

Témavezető:
Dr. Rohács József, tanszékvezető

BME
Repülőgépek és Hajók Tanszék

BUDAPEST
2005

I. BEVEZETÉS

A repülőgépekben rejlő technikai lehetőségek kihasználása, a repülőszemélyzet képzésének javítása és a leggazdaságosabb légi üzemeltetési feltételek kialakítása érdekében, minél több repülési jellemző és repülés közbeni műszaki adat összegyűjtésére és vizsgálatára van szükség. Ma már világosan körvonalazható, hogy a repülőeszközök korszerűsítésének és a repülésbiztonság növelésének egyik igen dinamikus fejlődő területe a fedélzeti adatrögzítő rendszerek széles körű alkalmazása.

A repülés történelmében az új fejlesztési eredmények nem elég körültekintő bevezetése sokszor okozott repülő eseményt, illetve nem ritkán katasztrófát, melyek megelőzésére tett erőfeszítések rávilágítottak a repülési adatok mind részletesebb gyűjtésének, és kiértékelésének fontosságára. A gyűjtött repülési paraméterek rendszeres kiértékeléséből meg lehet állapítani pl, hogy a repülőgéppel történt-e olyan esemény a repülés során, amely a repülés biztonságát veszélyeztette.

A fentiek alapján a repülési paramétereket többféle szempont alapján, más-más mélységben célszerű vizsgálni. A leszállás után a következő feladatra való engedés esetén a legfontosabb, hogy történt-e olyan műszaki esemény a repülés során, amelyik a repülés biztonságát veszélyezteti. Ezt az igen-nem választ lehetőleg gyorsan, a repülő mellett kell megkapni, ez a „gyors kiértékelés” feladata. A repülés biztonságának másik eleme a pilóta, tevékenységének minőségét szintén elemezni kell, ez a „részletes kiértékelés” feladata. A fentiekén túl az üzemeltetőnek figyelemmel kell kísérni a repülőgép különböző egységeinek ledolgozott üzemidejét, hogy a szükséges karbantartásokat a meghatározott időben és mélységben végre tudja hajtani.

A kutatási terület meghatározása

Az értekezésem tárgya, egy új típusú adatkiolvasó és feldolgozó rendszer, amelynek alkalmazásával az üzemeltető állomány részére biztosíthatók az állapot szerinti üzemeltetéshez szükséges adathalmazok. A rendszer lehetőséget biztosít a fedélzeti vezérlő rendszerek szabályozási rendellenességeinek vizsgálatához, illetve a repülési szituációk, repülés utáni analizálásához. Az objektív adatok alapján elvégzett elemzések eredményei hozzájárulnak a repülőgép-vezetők felkészítéséhez, és a repülőtechnika gazdaságosabb üzemeltetéséhez.

A fejlesztés és kísérleti üzemeltetés befejezését követően, a megszerzett kutatási eredményekre alapozva, dolgozatom elkészítésének motivációja a következőkben foglalható össze:

- elősegíteni az alkalmazott diagnosztikai módszerek gyakorlati alkalmazását a repülőtechnika műszaki üzemeltetésében,
- kialakítani és megteremteni a technika állapotának meghatározásához, az állapot szerinti üzemeltetés feltételeinek megteremtéséhez szükséges objektív módszereket,

- elméleti és szakmai ismereteket biztosítani a műszaki kiszolgáló személyzet felkészültségének fejlesztéséhez,
- a repülőhajózó állomány számára felhasználói ismereteket biztosítani az új kiértékelő, megjelenítő rendszer alkalmazásáról, a végrehajtott repülési feladat elemezhetőségéről.

A kutatás célja

Témaválasztásom egyrészt hazánk jelenlegi gazdasági helyzete indokolja, melynek közvetlen hatása van a Magyar Honvédség költségvetésére és a működési kiadások nagyságára: az üzemeltetéshez kapcsolt források csökkentése miatt a repülőcsapatok mérnök-műszaki szolgálatainál célul tűzték ki a repülőtechnika intenzív üzemeltetését, azaz a meglévő gépparkkal a kiképzési repülések gazdaságosabb végrehajtását, és műszaki kiszolgálását a repülésbiztonság elsődlegessége mellett.

Másrészt a bemutatásra kerülő adatrögzítő rendszer (maga nemében egyedülálló fejlesztés) olyan lehetőségeket nyújt a földi kiszolgáló (repülő esemény kivizsgáló) és hajózó-oktató személyzet részére, amely alapján a repülőgép repülési rendellenessége, valamint a repülőgép-vezető tevékenysége objektív adatok alapján, gyorsan és pontosan behatárolható. Az eltérések kis ráfordítással feltárhatók és kiküszöbölhetők, ezzel csökkenthető a javítások időigénye, illetve a berepülések száma, ami elősegítheti a repülésbiztonság növelését.

Célom volt továbbá, a kísérleti üzemeltetés ideje alatt kapott eredmények és az elméleti számítások vizsgálatával bebizonyítani, hogy az általam tesztelt új adatkiolvasó berendezés és a földi kiértékelő rendszer által nyújtott információk biztosítják a repülőgépek felszállások közötti gyorskiértékelését (közvetlenül a repülőgép mellett). A harcászati repülők műszaki állapotának, illetve a repülőgép időarányos repülési helyzetének pontos meghatározását, valamint a rögzített információk alapján a repülőgép-vezető tevékenységének pontos behatárolását.

A kutatómunkám felértékelődött a Szuhaj és MiG típusú repülőgépek repülőeseményeit követően, kiképzési repülés közben egy MiG-23 kétüléses és egy SZU-22 harci repülőgép összeütközése (MiG-23 pilótái életüket veszítették), egy SZU-22 gyakorló repülőgép lezuhanása a felszállópályára, a felszállás második fázisában Taszáron (mindkét pilóta sikeresen katapultált), és egy MiG-29 repülőgép lezuhanása, bemutató repülés közben, Kecskeméten (a repülőgép-vezető életét veszítette).

II. A KUTATÁS MÓDSZERTANA

Tudományos előzmények

Értekezésem I. fejezetében az adatrögzítést, az üzemeltetést és a diagnosztika kérdéseit vizsgálom a repülőgépeket üzemeltetők szemszögéből [18, 20, 43]. (az idézett források számozása az értekezésre utal). Az üzemeltetés rendszerének vizsgálatához szükséges alapfogalmakat a [35, 43, 54, 61], gyakorlati példát az üzemeltetési, illetve a valószínűség elméleti módszerek alkalmazására a [28, 29, 41, 56, 57, 68] irodalmakban találtam.

A repüléstechnika üzemijellemző-változás vizsgálatának feladatát és módszereit tanulmányoztam, [20, 57, 71, 74, 142] és a következő megállapításra jutottam: a repülőgépek (fedélzeti rendszerek) üzemi paraméter jellemzői az egyedi tulajdonságok és a ledolgozott üzemidő alapján változnak. Esetenként paramétermérési anomáliát definiáltam.

Áttekintettem a Magyar Honvédségnél folyó diagnosztikai kutatásfejlesztés [28, 54] eredményeit. Megállapítottam, hogy az MH repülőcsapatainál fő feladat a technikai ellenőrzési módszerek keresése és új diagnosztikai eljárások bevezetése, melyek segítségével a repülőgép fedélzeti rendszerek műszaki állapota, lehetőleg automatizálható formában jól ellenőrizhető legyen.

Az értekezés tárgyát képező ellenőrző berendezés a legbonyolultabb fedélzeti rendszer az automatikus vezérlő rendszer állapot (SZAU) diagnosztizálására is szolgálhat, de hasonlóan vizsgálható más fedélzeti rendszer is. Az [57, 61, 74] üzemi jellemzők és a diagnosztikai jellemzők közötti kapcsolatok megteremtésének lehetőségeit tanulmányoztam modellek segítségével. A [63, 70] folyamat-modellek közé sorolható paramétermodellek jellegzetessége, hogy a rendszer viselkedését leíró összefüggések paramétereinek megváltozása a diagnosztika alapja.

A fedélzeti adatrögzítőkkal kapcsolatos irodalom rendkívül nagyszámú. A hazai és külföldi könyvek, illetve cikkek közül több is foglalkozik az adatrögzítő-, illetve diagnosztikai rendszerekkel. Ezek inkább csak a jelenleg üzemeltetett adatrögzítő rendszerek működési leírásával, valamint az újabb fejlesztések irányával ismertetik meg az olvasót.

Ezekből kiderül, hogy az adatrögzítő és diagnosztikai rendszerek általában a repülőszerkezetek általános technikai állapotát meghatározó paramétereket rögzítik, és a rögzített információkat különböző módszerekkel elemzik. A repülőtechnikán alkalmazott adatrögzítő rendszerekkel többek között az [1, 2, 12, 45, 50], az adatfeldolgozási módszerekkel, pedig a [40, 47, 49, 104] irodalmak foglalkoznak.

Különbféle rendszerek, berendezések matematikai modelljeinek felállítási módszereit írja le a [70, 63, 59, 55, 33] irodalom. Az általam felállított matematikai modellhez (III. Fejezet) olyan jelölést alkalmaztam, ami megkönnyíti az automatikus vezérlő rendszer vizsgálatát. A [97, 99,] irodalmak bemutatják a matematikai modellek alkalmazását a valós rendszerek számítógépes szimulációjára. Az automatikus vezérlő rendszer

teljes matematikai modelljének felírásával, és szimulációs alkalmazásával foglalkozik az [55, 70, 94] irodalom. A térbeli repülés modellezésének megkönnyítésére a hossz-, és kereszt irányokra szétválasztott vizsgálati modell oldja meg a problémát. A modell felállításához szükséges útmutatást a [70, 99] irodalmakban találtam. A nevezett munkák bemutatják a repülőgép térbeli mozgását leíró matematikai modellek felállításának módszereit, illetve ismertetik ezek alkalmazhatóságát a statikus és dinamikus diagnosztikai elemzésekben.

Munkám témájához legközelebb az [55, 61, 70, 96] irodalmak állnak. A [98] az automatikus vezérlő rendszer szabályzási köreinek analízisével, ezen belül a különböző csatornák diagnosztikai modelljének felállításával foglalkozik. A szerző bemutatja a modell felállításának jelentőségét, de rámutat a modell kezelhetőségének nehézségeire is. Elemzi a nyerhető eredmények felhasználási körét, és bonyolultabb modellek által nyújtott lehetőségeket. Az irodalom alapján megállapítottam, hogy egy egyszerűsített modell is képes hasznosítható eredményeket nyújtani, ha figyelembe vesszük alkalmazhatóságának határait. A modellalkotás legtöbb megfontolást igénylő feladata -írja a szerző- az egyszerűsítések meghatározása. Ugyanis, ha ezeket nem használjuk ki maradéktalanul, a modell a szükségesnél bonyolultabbá válik. Ha túllépjük a jogos egyszerűsítések határait, a kapott eredmények használhatatlanná válnak.

A korszerű matematikai eljárások alkalmazása már elengedhetetlen napjainkban a szabályzások minőségi vizsgálata során [83, 84, 85, 87, 88, 91, 92, 94, 95, 126-129]. Így a szabályozástechnikai feladatok megoldása során egyre elterjedtebben alkalmazzák a MATLAB programcsomagot [92, 94]. Az értéktartó és követő szabályozási rendszerek tervezését és az analízist manapság már csak a MATLAB programcsomag, valamint a Control System Toolbox segítségével hajtják végre.

A [91] cikk szerzője példákon keresztül mutatja be, a MATLAB programcsomag alkalmazhatóságát az értéktartó szabályozási rendszerek számítógépes tervezésénél. A [94] irodalom szerzője által bemutatott eljárás nagy segítséget nyújtott a szabályzási eltérések analíziséhez.

A fenti irodalom áttekintéséből is látszik, hogy értekezésem készítéséhez a más részterületeken alkalmazott matematikai, és diagnosztikai modellalkotások és felhasználások tapasztalatait, saját feladatomra alkalmazva, átültetve tudtam hasznosítani.

A kutatás eszközei és az alkalmazott eljárások

A dolgozat alap gondolata, hogy általánosan használt fedélzeti adatíró, és kiértékelő berendezésekkel rögzített adatokat szimuláció segítségével feldolgozva következtetni lehessen összetettebb repülési, és aerodinamikai jellemzőkre. Ezek kellő pontosságú megállapítása elősegítheti a repülőgépek gazdaságosabb üzemeltetését és a repülés biztonságának növelését.

A kutatómunka egyik irányvonalának célja egy modern adatrögzítő rendszer (kiolvasó-, tároló és feldolgozó egység) kifejlesztése. A kifejlesztett *kiolvasó és adattároló berendezés* alkalmas a repülést követően a repülőgép mellett az adatok kiolvasására és

repülőgép üzemképességi állapotának gyorskiértékelésére (az általam javasolt 59 repülési paraméter szerint), illetve az adatok tárolására. A *feldolgozó rendszer* alkalmas az adatok beolvasására, konvertálására és a repülési adatok fizikai érték szerinti megjelenítésére, valamint a feldolgozott adatok archiválására.

A kutatás másik irányvonalának célja a rögzített adatok felhasználása valós repülési helyzetek elemzésére illetve az üzemeltetés módszereinek javítására, a veszélyes repülési helyzetek, valamint esetleges katasztrófák kivizsgálására. A rendszer által biztosított információhalmaz segítségével kapcsolatot lehet teremteni a valós repülési adatok és az elméleti számítások között, felhasználva a matematikai modelleket, illetve a MATLAB programcsomag alkalmazásával előállított optimális szabályozók paramétereit. A rögzített paraméterek típusra vonatkozó általános értékállandóinak kiegészítése az egyedi oldalszám szerinti mért-, rögzített paraméter eltérésekkel lehetőség nyílik a repülőtechnika műszaki állapotának prognosztizálására, illetve a repülőgép-vezető tevékenységének részletes elemzésére.

III. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Munkám elkészítése során és azt megelőzően a következő kutatási tevékenységet végeztem, melyekről publikációim jelentek meg.

- 1) Számítógépes Integrált Repülési paramétereket rögzítő és kiértékelő Objektív Mérőrendszer (SZIROM), a MiG-21 típusú vadászrepülőgép eredeti orosz SZARP típusú elektro-optikai adatrögzítőjének lecserélésére kifejlesztett fedélzeti adatrögzítő rendszer. A fejlesztés 1989-1993 között folyt, Taszáron a 31. Harcászati Repülőezrednél. A kifejlesztett rendszer típus módosítása után alkalmazásra került a Mi-24 típusú harci helikoptereken és a L-39, JAK-52 típusú kiképző repülőgépeken a Magyar Légierőnél.
- 2) Robotpilóta Adatgyűjtő és Számítógépes kiértékelő rendszer (ROBAR). Ez egy speciális adatrögzítő berendezés, amely a fedélzeti automatikus vezérlő rendszer ki-, és bemeneti paramétereit repülés, illetve földi szabályozás közben rögzíti. A fejlesztés 1991-1994 között folyt Taszáron. Speciálisan a MiG-21 típusú repülőgéphez lett kifejlesztve a robotpilóta földi beszabályozásának megkönnyítésére. (1994. BME Dr. Univ. Fokozat)
- 3) TESZTER-rel rögzített repülési jellemzők Integrált Számítógépes Analízise (TISZA), a rendszer fejlesztésének a célja a SZU-22 típusú csatarepülőgépek LUCS-71 adatfeldolgozó rendszerének lecserélése volt. Az új rendszer már biztosította a repülési jellemzők gyors és pontos analizálhatóságát. A fejlesztés 1990-1993 között folyt Taszáron.
- 4) TESZTER-rel rögzített repülési jellemzők Műszeres megjelenítése és elemzése (TEMES). A TISZA adatfeldolgozó rendszer adatbázisán jött létre egy teljesen új típusú vizuális megjelenítő rendszer. A repülés alatt rögzített adatokból, a program

grafikus formában fizikai értékekkel megjelenítette a repülés egészét a térben-, idő függvényében, valamint a repülési pályát. A repülőgép-vezetőnek és oktatóknak a feladat-végrehajtása után, lehetősége volt a repülőgép-vezető tevékenységének objektív ellenőrzésére a megjelenített műszerfal és a háromdimenziós repülés szimulációjával. A fejlesztés 1991-1993 között folyt Taszáron.

- 5) TESZTER Adatok Vétele és Analízise Számítógépen (TAVASZ-22) rendszer a SZU-22 típusú repülőgép fedélzeten rögzített adatait kiolvasta-, a műszaki állapotot expressz kiértékelte és a repülési információkat archiválta, a repülőgép mellett. A fejlesztés 1993-1996 között folyt Taszáron.
- 6) Fedélzeti Orvos-biológiai Adatrögzítő (MEDICINA) rendszer a repülőgép-vezető, repülés közbeni pszichofizikai jellemzőit méri-, rögzíti és tárolja egy speciális adattárolóban. Repülőorvosi vizsgálatokhoz a rendszer által rögzített paraméterek jól használhatók voltak. E fejlesztés után jelentős nemzetközi érdeklődés volt.
- 7) TAVASZ-29, és a Repülési Adatfeldolgozó Rendszer (RAR) fejlesztése 1997-2001 között folt Kecskeméten, az 59. Harcászati Repülőezrednél. Ezt a kutatómunkát mutatom be jelen értekezésemben.

A kutatómunkám eredményeit négy tézisben foglaltam össze.

- I. A szimulációs vizsgálatok eredményei alapján kidolgoztam egy repülési információk rögzítésére szolgáló szilárdtest-memóriás adatrögzítő rendszer specifikációját: az első fejezetben található, CD-mellékletek / 1. sz. Melléklet).
 1. A specifikáció első lépésében meghatároztam a mérendő paraméterek körét, majd megvizsgáltam a rendelkezésre álló 256 rögzítési csatornát melyből 116 vált alkalmassá a kifejlesztendő adatrögzítő berendezéshez és végezetül kialakítottam a csatornánkénti mérési frekvenciát a mérendő paraméterek fizikai információ tartalmának függvényében.
 2. Az általános érvényű repülésdinamikai egyenleteket felhasználás-orientált alakra hoztam, hogy a szimulációs vizsgálatok egyszerűbben elvégezhetőek legyenek;
 3. A szimulációs vizsgálatok során behatároltam azon repülési jellemzők körét amelyeket:
 - Repülő esemény kivizsgálásokhoz;
 - Diagnosztikai célú elemzésekhez;
 - Repülőtechnikai repülés dinamikai-, kormányozhatósági illetve műszaki állapot minősítéséhez;
 - Üzemeltetési folyamat optimalizálásához, a mért paraméter eltérések értékeléséhez illetve prognosztizáláshoz mérni szükséges.

4. Szimulációs vizsgálatot végeztem a repülési jellemzők értékeinek információ felhasználhatóságának szempontjából. Megállapítottam, hogy a jellemző repülési értékek tartománya nemcsak típusonként, mint például vadász, vadászelffogó, csatarepülő, de a típuson belül egyedi, katonai szleng szerint „oldalszám” paraméter eltéréseket mutatnak.
 5. Meghatároztam a vadászrepülőgépek repüléstechnika jellemzőinek és műszaki állapotának becslésére, értékelésére szolgáló repülési jellemzők körét, amely alapján a MAKI berendezés gyorskiértékelés elvégzésére képes a fedélzeti adatok kiolvasását követően a repülőgép mellett.
- II. A szimulációs vizsgálati eredmények és kísérleti repülések (107 óra) gyakorlati tapasztalatainak felhasználásával elvégeztem a prototípus szerkezeti véglegesítését (MAKI, MAKI-H) és az ezt követő rendszer-berepülési tematikát.
1. Egybevettem a szimulációs és mérési eljárásokat és új hitelesítési technológiát dolgoztam ki. MAKI-H kialakításánál figyelembe vettem a mérendő fizikai jellemzőt, érzékelő típusát, a rögzítés-, megjelenítés formáját és módját, az adott repülőgép típus modifikációját, a gép egyedi sajátosságát.
 2. A fentiek alapján egyedi „oldalszám” szerinti hitelesítést vezettem be. A hitelesítés folyamata a IV. fejezetben található.
 - Feldolgoztam a kísérleti repülések és földi mérések információit;
 - Optimalizáltam a különböző jellemzők csatornánkénti mérési technológiáját;
 - Ezek alapján egyes paraméterek mérését, rögzítését javaslatomra több csatornán végzik (mintavételezési idő, mérési tartomány, érzékenység);
 3. A berepülések és a kísérleti vizsgálatok eredményei alapján továbbfejlesztettem a földi és légi üzemeltetési rendszert.
 - Javaslatomra módosított műszaki kiszolgálási, karbantartási és javítási technológia került bevezetésre 2001-től a MiG-29 repülőgépet üzemeltető szervezeteknél.
 - A prototípus rendszerbe állítását követően, elkészíttem az új adatfeldolgozó rendszer berendezésének műszaki üzemeltetési és karbantartási szakutasítási dokumentumait.

III. A rögzített adatok széleskörű felhasználhatósága érdekében konvertáló segédprogramot, hoztam létre.(CD-melléletek / Konverter)

1. Feldolgoztam és könnyen megérthető formára alakítottam a repülési információkat (nyers .RAW- a fedélzetről kiolvasott adatforma, előkezelt .TXT- a konverter állítja elő, az unka.exe konvertált .DAT- megjeleníthető jól kezelhető forma)
 - A rendszer pontossága a korábbi eljárásokhoz képest egy nagyságrenddel javult, balesetek esetén a kivizsgálásra fordított idő számot tevően csökkent.
 - Ezek alapján a repülőgép térbeli mozgásának rekonstrukciója, a szimulációs modellek kidolgozása, és a mozgás egyenletek levezetése a rögzített adatokra alapozva könnyen elvégezhető.
2. Kidolgoztam az ismételt bevethetőség, és idegen repülőterről történő hadműveleti alkalmazhatóság feltételrendszerét.
 - A berendezés az általam meghatározott kiértékelési szempont-rendszer (59 kiválasztott paraméter) alapján ellenőrzi, és kijelzi az eredményt a repülőgép mellett, a kiolvasást követően.
 - A berendezés jelentős számú repülési feladat adatainak tárolására képes, így azonnali bevetések során alkalmazásba vételének nincs technikai akadálya. Részleteket a CD-melléletek / 2. sz. melléklet tartalmaz.
 - Paraméter vizsgálatot végeztem a repülési jellemzők kiválasztásánál, ahol a repülés, kormányozhatóság és a hajtóművezérlés üzemállapotára vonatkozó jellemzőket vizsgáltam a rögzítési és megjelenítési hiba tartomány függvényében.
 - Szimulációs vizsgálatot végeztem MATLAB környezetben az eltérő feladatra tervezett repülőgépeken rögzítésre kerülő típus jellemzők kiválasztására.

IV. A repülés közben rögzített adatok felhasználásával vizsgáltam, a matematikai modellek és az átviteli függvények diagnosztikai célokra történő alkalmazhatóságát.

1. Elvégeztem az automatikus vezérlő rendszer vezérlési törvényeinek vizsgálatát, és az áttételi viszonyszám eltérések okait.
 - Meghatároztam az automatikus vezérlő rendszer adaptációját a repülőgép típus és egyedi (oldalszám szerinti, katona terminológia) repülési tartományban.
 - Elvégeztem a matematikai modell segítségével felállított szabályozási modell elemzését a rögzített paraméterek figyelembevételével *(mely az értekezés harmadik fejezetében található)*.

- Megállapítottam, hogy amennyiben a diagnosztikai mátrix be- és kimeneti paraméterei objektíven rögzítésre kerülnek a mátrixok kezelhetősége javul, egyszerűsödik;
 - Végrehajtottam az üzemeltetési módszerek vizsgálatát az MH repülő alakulatainál, és arra a megállapításra jutottam, hogy állapot-szerinti üzemeltetést csak a fejlett diagnosztikai módszerek alkalmazásával lehet megvalósítani. A kifejlesztett berendezés által nyújtott információ halmaz elegendő lenne az említett üzemeltetési eljárás folyamatos fenntartásához, ha az üzemeltető állomány felkészültsége ezt lehetővé teszi.
2. Tovább fejlesztettem és pontosítottam a repülési információ különböző feladat-orientált alkalmazásához szükséges matematikai modelleket és szimulációs eljárásokat.
- Vizsgálataim során igazoltam, hogy a repülőgép mozgásának matematikai modellje kapcsolatot teremt a repülőgép helyzetét és mozgását jellemző paraméterek között, valamint lehetőséget biztosít szabályzók vizsgálatához és tervezéséhez is.
3. Az új repülőgép fedélzeti adatíró berendezése rögzíti a mátrixban található paramétereket és a kormányservek kitéréseit.
- A hossz-, és oldalirányú mozgás linearizált differenciálegyenlet rendszerét mátrix alakban felírva az általános formájú vektor-differenciálegyenleteket kapjuk [94], melyeket állapotegyenletek szokás nevezni. Amennyiben külső zavarástól eltekintünk, úgy a repülőgép állapotegyenlete és segédegyenlete a következő lesz [96, 112, 113, 142]:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A} \mathbf{x} + \mathbf{B} \mathbf{u}$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{C} \mathbf{x} + \mathbf{D} \mathbf{u}$$

ahol $\mathbf{A} = \mathbf{A0} + \Delta\mathbf{A}$ eltérés, amely a gép egyedi sajátosságából adódik.

$$\mathbf{B} = \mathbf{B0} + \Delta\mathbf{B}$$

4. Légi mérések alapján identifikáltam a mátrix elemeit a kijelölt repülési jelrendszer szerint.

A tézisfüzetben hivatkozott irodalmak megtalálhatók a CD-mellékletek / Tézisgyűjtemény irodalomjegyzék listában.

III. AZ EREDMÉNYEK HASZNOSÍTÁSA

Létrehoztunk egy modern, szilárdtest-memóriás adatkiolvasó, adatrögzítő és adatfeldolgozó rendszert, amely képes a MiG-29 típusú repülőgépek fedélzeti adatgyűjtőjének (TESZTER U3-L), valamint a LUCS-71 földi adatkiolvasó magnójának (ABZOR-MNSZ) kiváltására.

A Magyar Honvédség a fejlesztés alatt álló rendszerrel szemben a következő követelményeket határozta meg:

1. A repülésbiztonság vonatkozásában:

- a repülőgép ismételt felszállás előtti ellenőrzése műszaki és repülőgép-vezetői szempontok alapján;
- a repülési feladat részletes elemzése, a paraméterek szélsőértékeinek keresése, a korlátozásokkal való összevetése, a repülésveszélyes helyzetek feltárása;
- a repülőesemények és műszaki meghibásodások kivizsgálásának támogatása.

2. A repülőgép-vezetők felkészítése területén:

- a végrehajtott repülések minőségi elemzése és a repülőgép-vezető statisztikai adatainak naplózása;
- a hajózó-oktató személyzet részére objektív adathalmaz a végrehajtott repülési feladat és a repülőgép-vezető tevékenységének elemzéséhez.

3. Az üzemeltetés területén:

- a repülőgép és rendszerei által ledolgozott repült idők, alkalmazott üzemmódok, leszállások száma, terhelési ciklusok kigyűjtése, naplózása;
- a repülőgép, a hajtóművek és fő rendszerek állapot-szerinti üzemeltetéséhez szükséges elemzések végrehajtása, a trendek kialakulásának vizsgálata, utasítások kiadása az üzemben tartás számára;
- a teljes adatmennyiség archiválása, mind a bázis-, mind az idegen repülőtéren.

IV. PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

A tézisek témakörében a következő publikációim születtek:

Könyv:

Czövek László: A TESZTER-U3-L fedélzeti adatrögzítő rendszer új típusú gyorskiolvasó és földi kiértékelő rendszereinek fejlesztése. Budapest, AVIATRONIC kft. Kiadásában, 2004. 113 p.

Könyvfejezet:

Hadtudományi Lexikon I-II. Czövek László: Repülőtechnika, objektív ellenőrzés eszközei, fekete doboz. Budapest, Magyar Hadtudományi Társaság 1995. 4-7; 993-994; 1161-1162, 1165-1168, 1174-1177; 1186; 1191 p.

Folyóiratcikk:

Lektorált-magyarnyelvű

[1] Czövek László: ROBAR, fedélzeti robotpilóták adatrögzítő és számítógépes kiértékelő rendszere, Haditechnika, Bp. 1993. 2 szám, pp.16-22.

[2] Czövek László: A TESZTER adatrögzítő és hazai gyártású kiegészítő berendezései, Haditechnika, Bp. 1994. 3 szám, pp. 32-38.

[3] Czövek László: A SZU-„M3 vadászbombázó fedélzeti rendszerei
Haditechnika, Bp. 1998. 1 szám, pp. 9-12.

[4] Czövek László: Repülőgépek állapot szerinti üzemeltetéséhez szükséges információk biztosításának új formája
Budapest, Haditechnika 2003/1. 7 p.

Magyar nyelvű, kiadványban megjelent cikk és konferencia előadás

[1] Czövek László: Légi járművek automatikus vezérlő rendszereinek üzemeltetési tapasztalatai. Konferencia Kiadvány, Szolnok, 1992, pp. 19-43.

[2] Czövek László: Fedélzeti elektronikus adatrögzítő és számítógépe kiértékelő rendszer Tudományos Kiképzési Közlemények, Szolnok, 1992/2-3, pp. 76-90.

[3] Czövek László: A repülőgép automatikus vezérlőrendszer földi beszabályozhatósága. A XI. Magyar Repüléstudományi Napok kiadványa, Budapest, 1996, pp. 175-189.

[4] Czövek László: Objektív kontroll és a Repülésbiztonsága, Speciális adatrögzítők felhasználása légi üzemeltetés során. Szolnok, Repüléstudományi és Kiképzési közlemények, 1994. 2 szám.

[5] Czövek László: A „Kihívások a repüléstudományban a 3. Évezred küszöbén” Tudományos konferencia - TESZTER típusú adatrögzítő rendszer új típusú gyorskiértékelő berendezésének fejlesztése. Szolnok, Repüléstudományi Közlemények XI. évfolyam 26. szám 1999/1.

[6] Czövek László: Modern fedélzeti adatkiértékelő rendszerek fejlesztése a Magyar Honvédségnél. XV. Repüléstudományi Napok Konferencia kiadványa, Budapest, 2005. dec. 01-02

Nemzetközi részvételű konferencia kiadványban megjelent idegen nyelvű előadás
Lektorált

1. Czövek László-Dr. Rohács József: Application of solid state flight data recorders to flight operation analysis, *XIX. Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences*, California, U.S.A. 1994, pp. 2157-2161.
2. Czövek László-Dr. Szabolcsi Róbert: Analysis of crash of fighters during training flight. A case study. *First International Conference on Unconventional Flight*, Budapest, 1997. pp. 13-15.
3. Czövek László-Dr. Szabolcsi Róbert: The crash of the performance fighter of the Hungarian Air Force during flight. A case study. *6th Mini Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies*, Budapest, 1998. pp. 9-11.

Tudományos pályázatok – lektorált és díjazott művek

(A pályamunkák megtalálhatók, nyomtatott és elektronikus formában a MH LEP és a HM tudományos könyvtáraiban)

[1] Czövek László: Komplex adatgyűjtő és megjelenítő rendszerek, MH LEVK B/26 számú Tudományos pályázati munka, Veszprém, 1996, 73 p.

[2] Czövek László: Oktatást és kiképzést segítő eszközök, (Hazai fejlesztésű adatrögzítők-szimulátorok), MH LEVK B/25 sz. Tudományos pályázati munka, Veszprém, 1996, 71 p.

[3] Czövek László: A hazai repülőeszköz típus váltásának üzemeltetési és gazdasági elemzése, MH LEVK B/27 Tudományos pályázati munka, Veszprém, 1998, 54 p.

Egyéb publikációk:

A tudományos kutatásom során (1989-2004) többek között a következő Technikai utasításokat, Műszaki leírásokat készítettem el az engedélyezők,- jóváhagyók, illetve a repülőcsapatok üzemeltetői számára:

MiG-21 típusú repülőgéphez:

- 1) ROBAR Fedélzeti Robotpilóta Adatgyűjtő és Számítógépes Kiértékelő Rendszer GÉPKÖNYV – Beszerelési technológia (54 p.) Budapest, 1993. Aviatronic. kft

SZU-22 típusú repülőgéphez:

1. TEKI, TESZTER Kiolvasó berendezés, Felhasználói kézikönyv (30 p.), Budapest, 1993. Aviatronic. Kft
2. TAVASZ-22, TESZTER Kiolvasó berendezés, Felhasználói kézikönyv (40 p.), Budapest, 1994. Aviatronic. kft
3. JELSZER. EXE, Hitelesítő grafikonkezelő és szerkesztő segédprogram (9 p.) Budapest, 1994. Aviatronic. kft

MiG-29 típusú repülőgéphez:

1. TAVASZ-29 repülési adatfeldolgozó rendszer, PILLANGÓ – Tanulmány, Budapest, 1997. Aviatronic Kft.
2. TAVASZ-29 Adatfeldolgozó rendszer, Mobil Adatkiolvasó és kiértékelő berendezés kísérleti minta dokumentáció, Budapest, 1998. HM HTI.
3. TAVASZ-29 Adatfeldolgozó rendszer, MAKI kezelési utasítás (14 p.), Budapest, 1999. Aviatronic. Kft.
4. TAVASZ-29 Adatfeldolgozó rendszer, MAKI Működési leírás (9 p.), Budapest, 2000. Aviatronic. Kft.
5. TAVASZ-29 Adatfeldolgozó rendszer, Univerzális földi adatelemző (UFA), Műszaki leírás (8 p.), Budapest, 2000. Aviatronic. Kft.
6. TAVASZ-29 Adatfeldolgozó rendszer, Univerzális földi adatelemző (UFA), Szoftver műszaki leírás (32 p.), Budapest, 2000. Aviatronic. Kft.
7. TAVASZ-29 Adatfeldolgozó rendszer, Univerzális földi adatelemző (UFA), Kezelési utasítás (22 p.), Budapest, 2000. Aviatronic. Kft.
8. Mobil Adatkiolvasó és kiértékelő hitelesítő egység MAKI-H, Kezelési utasítás (23 p.), Budapest, 2001. Aviatronic. Kft.
9. MEDICINA fedélzeti orvos-biológiai adatrögzítő, Technikai leírás, alkalmazási tapasztalatok (10 p.), Budapest, 1996. Aviatronic. Kft.

10. TAGUAN orvos-biológiai adatfeldolgozó rendszer, Működési utasítás (29 p.), Kezelési utasítás (16 p.), Budapest, 2000. Aviatronic. Kft.

Technical Reports

- 1) SIROM, Solid State Flight Data Recorder (9 p.), Budapest, 1993. Aviatronic. Ltd.
- 2) ROBAR, Advanced Technology Data Recorder and Evaluating System for Autopilot Controlled Flights, Budapest, 1993. Aviatronic. Ltd.
- 3) TAVASZ, Quick Access Read-out and Evaluation System for TESTER Flight Data Recorder (MIG-29, SU-22), Budapest, 1995. Aviatronic. Ltd.
- 4) KLAUDIA, Tank Gunnery Training Simulator Family, Budapest, 1996. Aviatronic. Ltd.

Alkalmazott rövidítések jegyzéke

SIROM	Számítógépes I ntegrált R epülési paramétereket rögzítő és kiértékelő O bjektív M érőrendszer
TEMES	TESZTER adatok M űszeres E lemzése Sz ámítógépen
TISZA	TESZTER -rel rögzített repülési jellemzők I ntegrált Sz ámítógépes A nalízise
TEKI	TESZTER -rel rögzített adatok K iolvasása
TAVASZ	TESZTER Adatok V étele és A nalízise Sz ámítógéppel
MAKI	Mobil Adatkiolvasó és K iértékelő egység
MAKI-H	Mobil Adatkiolvasó és K iértékelő egység – Hitelesítő
RAR-29	Repülési Adatfeldolgozó R endszer
UFA	Univerzális F öldi A datelemző rendszer
UNKA	Univerzális repülési adat K iértékelő és A rchiváló program

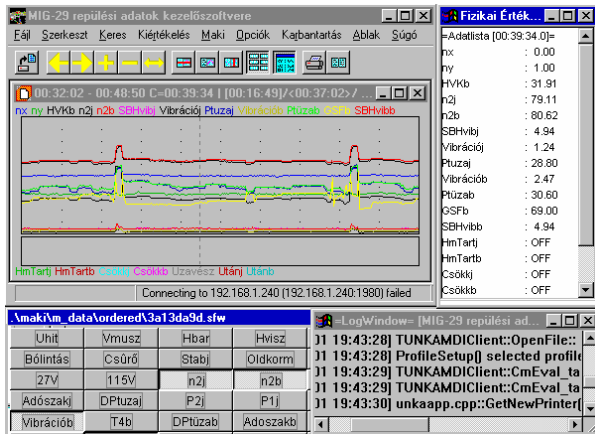
Illusztráció



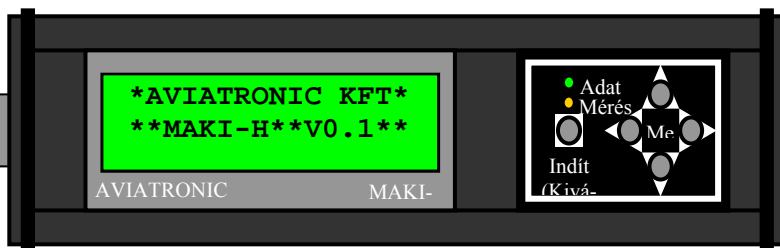
1. ábra: Mobil Adatkiolvasó és Kiértékelő berendezés – MAKI.



2. ábra: MAKI – Mobil Adatkiolvasó és gyorskiértékelő berendezés kezelőszerve csatlakoztatás módja – adatkiolvasás.



3. ábra: A földi kiértékelő rendszer által megjelenített adathalmaz (UNKA Univerzális Kiértékelő és Archiváló rendszer).



4. ábra: Mérési csatorna Hitelesítő-kezelő berendezése – MAKI-H.