



Kerülő Balázs - Dr. Szilágyi Dénes Ph.D.

TELJESÍTMÉNYELEMZŐ SZOFTVER ÉS DÖNTÉSTÁMOGATÓ INFORMÁCIÓS RENDSZER „B” TELJESÍTMÉNYOSZTÁLYÚ REPÜLŐGÉPEKRE

Az ég nem csak a légitársaságoké. A polgári légiforgalom másik szegmense, a kisépés repülés (*general aviation*) bár kevésbé látványosan, de mégis jelen van, sőt: a világ egyre sűrűbb gazdasági és politikai válságai az üzemeltetés alacsonyabb költségei miatt a kisépés iparágat kevésbé rázzák meg. Bár a reflektorfény haloványabb, a kisrepülőgépek üzemeltetői tudják: ha kereskedelmi tevékenységet (légitaxi, áru fuvarozás, vagy egyéb, megfizetett repülési feladat) végez a gépük, akkor a jogi felelősség szempontjából gyakorlatilag nem különbözik egy légitársaság nagy gépétől.

A nagygépes légi szállítmányozás világában kétmillió repült gépóra jut egy baleset – egy nyugalmazott légitársasági kapitány egész „életműve” jó, ha eléri a 20.000 repült órát. Ezzel szemben a kisépés (20 utasülés alatti befogadóképességű repülőgépeket üzemeltető) iparágban egy nagyságrenddel rosszabb ez az arány, pedig az utasszállítók jóval bonyolultabb, következtetésképp nagyobb műszaki meghibásodási kockázatot jelentő szerkezetek.

Ez az anomália meglatásunk szerint két fő okra vezethető vissza:

1. Egyrészt, a menetrendszerű járatokat bonyolító légitársaságokat nagy éves utasforgalmuk miatt jóval szigorúbban ellenőrzi az illetékes hatóság, mint a légitaxizásra, charterfuvarozásra, eseti megbízásokra szakosodott kisépés cégeket. A jogszerűtlen működés náluk sokkal hamarabb kiderül, így számukra létkérdés a repülés előkészítésével, végrehajtásával és dokumentálásával kapcsolatos minden előírás betartása. A repülés-előkészítési feladatok ellátásáért (azaz az egyes repülések biztonságos végrehajthatóságának elemzéséért) nemzeti légitársaságunknál például a mintegy ötvenfős navigációs osztály felel. A sokszor mindenestül legfeljebb tíz főt alkalmazó kisépés vállalkozások jóval szerényebb erőforrásokra támaszkodhatnak e téren – miközben rájuk lényegében ugyanazok a feladatok és előírások vonatkoznak a repülés-előkészítés terén, mint a légitársaságokra.
2. A másik fő ok, ami az iparág két szegletének biztonsági mutatóit a fentiek szerint befolyásolja, az utasszállítók és a többcélú kisépés műszaki felszereltségében mutatkozó szakadéknyi különbség. Míg a nagygépek tervezési irányelveit rögzítő világszabványok kötelezően előírják például a kormányrendszer, a hidraulika, a fontosabb fedélzeti műszerek, sőt a hajtóművek többszörözését, emellett a robotpilótát és a fedélzeti számítógépek sokaságát, addig a kisépés követelményrendszer – főleg a műszerezettség és az automatizáció terén – jóval kevesebb kötelező elemet tartalmaz.

A kiséges balesetek több, mint kétharmadában (!) [9] a feltárt okok közt szerepel az alábbi kettő közül legalább az egyik:

- A repülőgép személyzete nem volt megfelelően felkészülve az adott repülési feladat végrehajtására – azaz nem volt megfelelő a repülés előkészítése, ld. a fenti 1. pontot
- A repülőgép műszerezettség vagy teljesítmény szempontjából nem volt alkalmas az adott feladat végrehajtására (ld. a fenti 2. pontot).

Mivel az egy-egy repülés előkészítésekor figyelembe veendő tényezők nagy- és kiségek esetén nagyjából megegyeznek, egy kiséges feladat jogszerű előkészítése nagyjából ugyanolyan bonyolult tevékenység, mint nagyobb társaiké.

A XX. század végére az emberi hibák elkerülésének kézenfekvő lehetőségévé érett a számítástechnika és az automatizálás széleskörű alkalmazása, ahol az emberi tényező, ha az adatok bevitelének és kiértékelésének folyamatából nem is, de legalább az adatfeldolgozásból kiküszöbölhető. A repülés „veszélyes üzem”, ezért minden olyan automatizálásra irányuló törekvésnek, mely biztosítja az emberi ellenőrzés és felügyelet lehetőségét, kiemelt létjogosultsága van. 2008-ban a Nyíregyházi Főiskolán, egy szakdolgozat keretében megvizsgáltuk egy olyan számítógépes szoftver előállításának, és működésének lehetőségeit, amely elsősorban a kiséges repüléstervezés számításigényes, de jól tipizálható munkafázisai során segíti az üzemeltetőt a repülési feladatra való teljes körű, gyors és pontos felkészülésben úgy, hogy hűen – és legalább ilyen fontos, hogy a mindenkori jogi követelmények kötelező iránymutatásainak megfelelően – modellezi az adott géptípus teljesítmény-jellemzőit.

A TELJESÍTMÉNYELEMZŐ SZOFTVER ELVE

Követelmények

A szakdolgozat témájául szolgáló projekt során egy olyan számítógépes szoftver fejlesztését és tesztelését végeztük el, amely az alábbi tulajdonságokkal rendelkezik:

- Bármilyen ismertebb operációs rendszert futtató személyi számítógépre feltelepíthető;
- Lehetőséget biztosít a felhasználónak az üzemeltetett EU-OPS 1 szerinti „B” teljesítményosztályú géptípusok teljesítményadatainak egyértelmű, hibamentes és ellenőrizhető bevitelére a gyártó által a Repülőgép Üzemeltetési Kézikönyvben (a továbbiakban Aircraft Operating Manual, AOM) megadott teljesítménydiagramok és táblázatok alapján;
- A rögzített gépadatok, illetve a végrehajtandó repülési feladat paraméterei (időjárás, futópályák, útvonal magassága, kereskedelmi terhelés, stb.) alapján elvégzi az EU OPS 1 szerinti teljesítményanalízist (üzemeltetési minimumok, korlátok, szükséges tüzelőanyag-mennyiség, fel- és leszállási úthossz, útvonali paraméterek, stb.)

- Az elvégzett számításokat képes elmenteni, illetve a felhasználó igényei szerinti részletességgel megjeleníteni képernyőn és nyomtatásban;
- A szoftver által alkalmazott számítási logika a felhasználó által módosítható és bővíthető (gondolva arra az esetre, ha az üzemeltető az EU OPS 1-nél szigorúbb normákkal kívánna dolgozni, vagy az FAA, illetve más hatóság területén kíván üzemelni).

Jelenleg létező megoldások

A projekttel kapcsolatos munka során erős motivációt jelent számunkra az a tény, hogy a fenti feladatokat elvégezni képes általános, azaz géptípus-független, az üzemeltetők által testre szabható szoftver nincs a *general aviation* piacon forgalomban. A gyártók az új típusokhoz esetenként már adnak teljesítményszámítást végző szoftvert, sőt az integrált számítógépes fedélzeti rendszerekkel szállított komolyabb új kisgépek a teljesítményszámítást megkönnyítő beépített logikával kerülnek forgalomba. E programok azonban az adott géptípust szolgálják, felhasználói felületük és kialakításuk gyártónként változik, illetve nem kevés plusz pénzbe, konkrétan kb. 60.000 dollárba kerül, mondjuk egy Piper Meridian-t Flight Data Computer-rel rendelni, igaz, ebben a felárban már a hagyományos műszereket helyettesítő folyadékkristályos képernyőkkel felszerelt, ún. *glass cockpit* műszerfal ára is benne van.

A Jeppesen által forgalmazott FliteStar repülés tervező program újabb változatai feltölthetőek ugyan alapszintű teljesítményadatokkal, de ezek csak arra elegendők, hogy néhány útvonali paramétert automatikusan kalkuláljon a program - amelynek a fő profilja tulajdonképpen az útvonal-tervezés, nem pedig a teljesítményelemzés, így nem is róhatjuk fel azt hiányosságának, ha a kereskedelmi repülésekre OPS 1 szerint megkövetelt szintű teljesítmény-dokumentáció előállítására nem alkalmas.

Működési alapelv

Mivel a cél egy általános, az üzemeltető által is feltölthető teljesítmény-adatbázissal rendelkező szoftver, különös gondot kellett arra fordítani, hogy a gyártó által az AOM-ben megadott adatok feltöltése egyszerű, gyors, zökkenőmentes, egyértelmű, és felhasználóbarát legyen. A gyártók a berepülési programból mérésrel nyert, vagy számított teljesítmény-összefüggéseket elsősorban adattáblázatok, illetve görbeseregek (ún. nomogramok) formájában teszik közzé. A táblázatos forma esetében a táblázat első sora és oszlopa a teljesítményt befolyásoló környezeti paraméterek értékeit tartalmazza bizonyos lépésközzel, a megfelelő sorok és oszlopok metszéspontjában pedig a kérdéses teljesítményjellemzőnek az adott paraméterek együttállásakor mért vagy számított értéke olvasható le. Ahol az aktuális környezeti paraméterek két gyárilag megadott érték közé esnek, ott a teljesítményjellemző valós értéke lineáris interpolációval rendszerint elégséges mértékben megközelíthető.

POWER		75%				65%				55%						45%					
FUEL FLOW		29.0 GPH				23.3 GPH				18.7 GPH						16.0 GPH					
RPM		2,500	2,600	2,400	2,500	2,600	2,100	2,200	2,300	2,400	2,500	2,600	2,100	2,200	2,300	2,400	2,500	2,600			
PRESS ALT (ft)	ISA °C	MANIFOLD ABSOLUTE PRESSURE (Hg in) (MAP)																			
0	15	34.0	33.0	33.8	32.0	31.0	31.2	30.3	29.4	28.2	27.2	26.3	27.1	26.4	25.5	24.3	23.3	22.5			
2,000	11	33.8	32.7	33.2	31.7	30.7	30.5	29.7	28.8	27.8	26.8	26.0	26.4	25.8	24.6	23.7	22.8	22.1			
4,000	7	33.6	32.4	32.8	31.5	30.5	30.0	29.2	28.3	27.4	26.4	25.6	25.8	25.0	24.0	23.2	22.3	21.8			
6,000	3	33.4	32.2	32.5	31.2	30.3	29.7	28.8	28.0	27.0	26.2	25.3	25.3	24.5	23.5	22.8	21.9	21.5			
8,000	-1	33.1	32.0	32.3	31.0	30.1	29.4	28.4	27.7	26.8	25.7	25.0	24.8	24.0	23.0	22.4	21.6	21.2			
10,000	-5	33.0	31.9	32.0	30.9	30.0	-	28.3	27.5	26.5	25.5	24.7	24.4	23.7	22.8	22.0	21.4	21.0			
12,000	-9	32.5	31.8	31.8	30.7	29.8	-	28.3	27.2	26.3	25.3	24.6	24.0	23.3	22.5	21.7	21.2	20.9			
14,000	-13	-	31.7	-	30.5	29.7	-	-	27.1	26.1	25.2	24.4	-	23.0	22.3	21.4	21.1	20.8			
16,000	-17	-	31.6	-	30.4	29.5	-	-	-	25.9	25.0	24.3	-	-	22.0	21.3	21.0	20.6			
18,000	-21	-	-	-	-	29.4	-	-	-	-	25.0	24.2	-	-	-	21.2	20.9	20.5			
20,000	-25	-	-	-	-	29.3	-	-	-	-	-	24.2	-	-	-	21.2	20.8	20.4			
22,000	-28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.1	-	-	-	-	-	20.4			
MAX EGT		1,525°F				1,650°F															
24,000	-33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.4			
25,000	-34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.4			

1. ábra. Példa a táblázatos adatmegadásra. Piper Seneca ajánlott szívótérnyomás-értékei a nyomásmagasság és a teljesítmény-beállítás függvényében. (Forrás: [5])

A táblázatok értelmezésénél és a sorok-oszlopok diszkrét értékei közötti interpolációnál érdekesebb matematikai probléma az AOM-ben nomogramok formájában közzétett gyári teljesítményjellemzők számítógépre alkalmazása. A nomogramok ugyanis általában többváltozós, nemlineáris függvényeket határoznak meg, amelyek különböző fokszerű polinomok szuperponálásával megközelíthetők ugyan, de az eljárás egyrészt magas szintű matematikán alapul (ld. [3]: Fourier-transzformációk), másrészt szinte minden nomogram függvényrendszerének meghatározása más és más módszert igényel.

A 2. ábrán látható nomogramot például az $f(x_1, x_2, x_3, x_4)$ függvény határozza meg, ahol a nyomásmagasság, a külső levegő hőmérséklete, a felszállótömeg és a szél a paraméterek. Amellett, hogy a függvény négydimenziós, explicit megadását tovább bonyolítja, hogy szembeszel illetve hátszel esetén más-más kifejezést kapunk.

ACCELERATE – GO – FLAPS 0%

ASSOCIATED CONDITION:

POWER . . . TAKE-OFF POWER SET
BEFORE BRAKE RELEASE
FLAPS . . . 0%
AUTOFEATHER . . . ARMED
LANDING GEAR . . . RETRACT AFTER LIFT-OFF
RUNWAY . . . PAVED, LEVEL, DRY SURFACE
OBSTACLE
HEIGHT . . . 35 FEET

WEIGHT ~ POUNDS	SPEED ~ KNOTS	
	V _R	V ₂
12,500	95	121
12,000	95	119
11,000	95	115
10,000	95	111
9,000	95	108

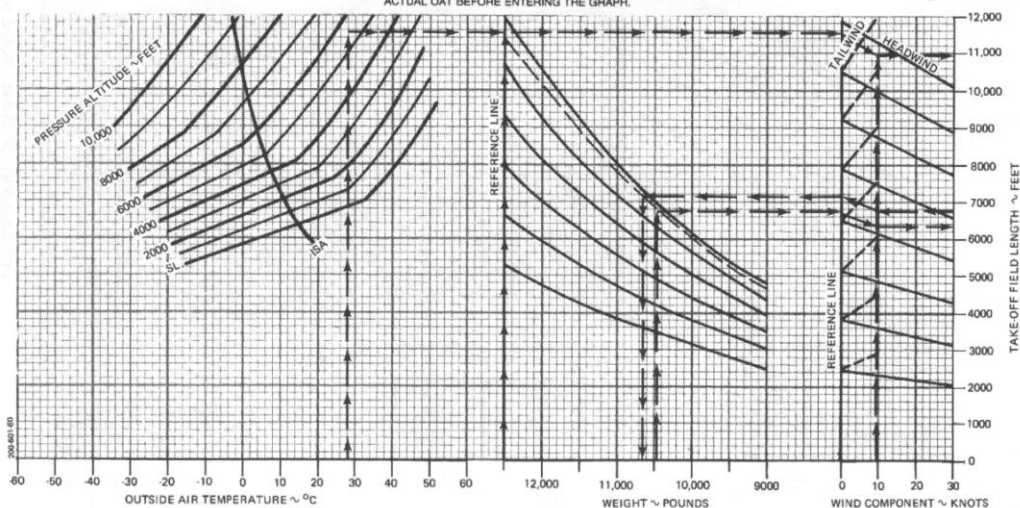
- NOTE: 1. AIR DISTANCE IS 50% OF TAKE-OFF FIELD LENGTH.
2. V₁ (ENGINE FAILURE SPEED) EQUALS V_R (ROTATION SPEED).
3. USABLE CLEAR WAY CANNOT EXCEED 25% OF THE RUNWAY LENGTH.
4. FOR OPERATION WITH ICE VANES EXTENDED, ADD 8°C TO THE ACTUAL OAT BEFORE ENTERING THE GRAPH.

EXAMPLE:

OAT . . . 28°C
PRESSURE ALTITUDE . . . 5430 FT
HEADWIND COMPONENT . . . 9.5 KTS

TAKE-OFF WEIGHT ~ POUNDS	TAKE-OFF FIELD LENGTH ~ FEET
12,500	10,950
10,650	6786
10,470	6370

SPEEDS (10,470 POUNDS): V_R . . . 95 KTS
V₂ . . . 113 KTS



5-35

Section V
Performance

2. ábra. Példa a nomogramos adatmegadásra. A B200 King-Air típus gyorsítási úthosszának (Accelerate-Go Distance) számítása a nyomásmagasság, külső hőmérséklet, a felszállótömeg és a szél függvényében. (forrás: [2])

Egy komolyabb típus, mondjuk a Beech 200-as King Air nomogramjait tanulmányozva belátható, hogy a görbeseregek sokfélesége túlzottan megnehezíti az általuk leírt függvények analitikus módszerrel történő visszafejtését.

Egy másik, elméletileg lehetséges megoldás a nomogram által meghatározott függvény igazságtáblázattal történő megadása. Ha a bemeneti paraméterek összes lehetséges kombinációjára megoldjuk a nomogramot, akkor egy egyszerű adattáblát kapunk, melyet már könnyen be lehet gépelni a számítógépbe. Tegyük fel, hogy a 2. ábrán látható nomogram igazságtáblázatát szeretnénk elkészíteni úgy, hogy -40 és +40 °C közt 10 °C-onként, 0 és 10.000 láb nyomásmagasságok közt 2000 lábanként, 9.000 és 13.000 font felszállótömegek között 1.000 fontonként, illetve -5 és +15 csomós szembeszélkomponensek közt 5 csomónként számoljuk ki a gyorsítási úthossz értékét. A paraméterek ez esetben egyenként az alábbi értékeket vehetik fel:

Paraméter	Adható értékek									Értékek száma
Hőmérséklet [°C]	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	9
Nyomásmagasság [ft]	0	2000	4000	6000	8000	10000				6
Tömeg [lb]	9000	10000	11000	12000	13000					5
Szembeszél [kts]	-5	0	5	10	15					5

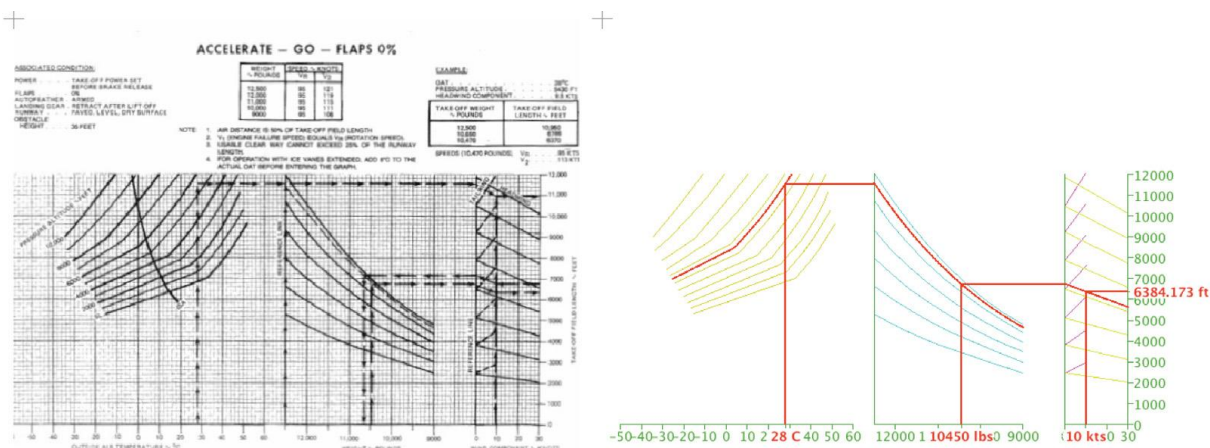
1. táblázat: Igazságtábla bemenő paraméterei

Belátható, hogy egy ilyen, viszonylag kis felbontású igazságtáblázathoz is $9 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 5 = 1350$ alkalommal kell megoldanunk a nomogramot, hogy a paraméterértékek minden kombinációjára legyen egy-egy megoldásunk, és a köztes értékeket még így is interpolálni kell. Bonyolultabb nomogramoknál, vagy sűrűbb mintavételnél ez a szám a sokszorosára nő, így az igazságtáblázatos megadás gyakorlati lehetőségét elvetettük.

Végül is mi a nomogram? Geometriai görbék összessége, melyek alakja és egymáshoz viszonyított elhelyezkedése egyértelműen meghatároz egy paraméteres egyenletet, amit a felhasználók egy ceruza és egy vonalzó segítségével percek alatt megoldanak. A ceruza elindul valamelyik skálázott tengely adott pontjáról egy meghatározott irányba, egyenesen halad egy megadott referencia-vonalig, ott irányt változtat, más tengelyekről húzott vonalakkal metszéspontokat alkot, melyek új vonalak kiinduló pontjai lesznek, stb. A felhasználó által húzott vonal végül valahol eléri azt a tengelyt, amely a keresett paraméter lehetséges értékei szerint van skálázva. A tengely skálájáról leolvasva a metszéspont koordinátáját, megkapjuk azt az értéket, amelyre szükségünk van.

Bár néhány bekezdéssel korábban beláttuk, hogy analitikus módszerrel nem kifizetődő visszafejteni a nomogramokba bújtatott többdimenziós függvényt, a görbeseregek görbéi egyenként viszont lényegesen könnyebben felírhatóak egydimenziós, maximum harmadfokú függvényekkel, illetve törtvonalak esetén azok egymás után illesztésével, amint azt később részletesen tárgyaljuk. A görbék egymáshoz viszonyított helyzete is regisztrálható, ha a nomogram síkját egy derékszögű koordináta-rendszerként fogjuk fel, adott origóval. Ha egyenként megkerestük a nomogramokat alkotó görbéket leíró függvényeket ebben a koordináta-rendszerben, és megadjuk a gépnek azt a logikát, amely szerint vonalakat húzzon ezen görbék közé a megoldáshoz vezető metszéspontokat keresve, akkor az egész probléma koordináta-geometriai feladatként megoldható.

Lényegében: Rajzoljuk meg a nomogramot pontról-pontra számítógéppel, és tanítsuk meg a „megoldóceruza” használatára. Ha ez egyszer megvan, a gép már bármilyen paraméter-kombinációval meg tudja oldani a feladatot, ugyanazzal a módszerrel, amivel az ember, csak hibák nélkül és jóval gyorsabban.



3. ábra. A korábbi gyorsítási úthossz nomogram formája az AOM-ben, illetve az időközben elkészült Nomogramszerkesztő modullal modellezve. A piros vonalak a számítógép által adott megoldást jelölik arra a példára, melyet az eredeti nomogram is megad.

Mint a nagyfokú tesztre szabhatóságot biztosító számítógépes alkalmazások általában, a projekt keretében megvalósított a szoftver is önmagában csak egy keretrendszer, amelyet használatba vétel előtt fel kell tölteni a felhasználói adatokkal, amely esetünkben az üzemeltetett géptípus(ok) gyári teljesítmény-adatait jelenti legalább olyan részletességgel, mely az OPS 1 szerinti teljesítményanalízis-hez szükséges. A Nyíregyházi Főiskolán üzemelő King Air szimulátor AOM-jét lapozgatva nyilvánvalóvá vált számunkra, hogy ez egy komolyabb típus esetében akár száznál több nomogramot és táblázatot is jelenthet. A program használatba vételének alapfeltételét jelentő adatbázis előállítását tehát komoly feladat, ennél fogva komoly eszközöket igényel, különösen azért, mert az adatbázis előállításakor elkövetett esetleges hibák észrevétlen maradván minden teljesítményszámítási feladat eredményét meghamisíthatják. Jelentősége miatt a géptípusok teljesítmény-adatainak bevitele, mint ember-gép kommunikáció külön elemzést igényelt, amelyben igyekeztünk a minden szempontból lehető leghatékonyabb módszert megtalálni.

Az adatbevitel elve

A kommunikáció-elmélet egyik alaptétele az, hogy az információáramlás hatékonyságának letéteményese az adó és a vevő közötti egyezményes átviteli protokoll. Ennek biztosítása még két ember közt is nehézkes, hiszen a szavak és a metakommunikáció értelmezése erősen kultúra- és egyénfüggő. Az ember-számítógép közti kommunikációs problémák létezését pedig mi sem bizonyítja jobban, mint az a sok repülőgépes baleset, amely az egyre „okosabb” repülőgépek és pilótáik együttműködésének anomáliáira vezethető vissza.

A kérdéskörrel foglalkozó kutatók egyetértenek abban, hogy ahol a hibamentesség és a hatékonyság a cél az ember-gép párbeszédben, ott az emberi gondolkodásmódot nem tanácsos befolyásolni. Inkább olyan intuitív, ergonomikus és antropocentrikus protokollt kell a számítógépre

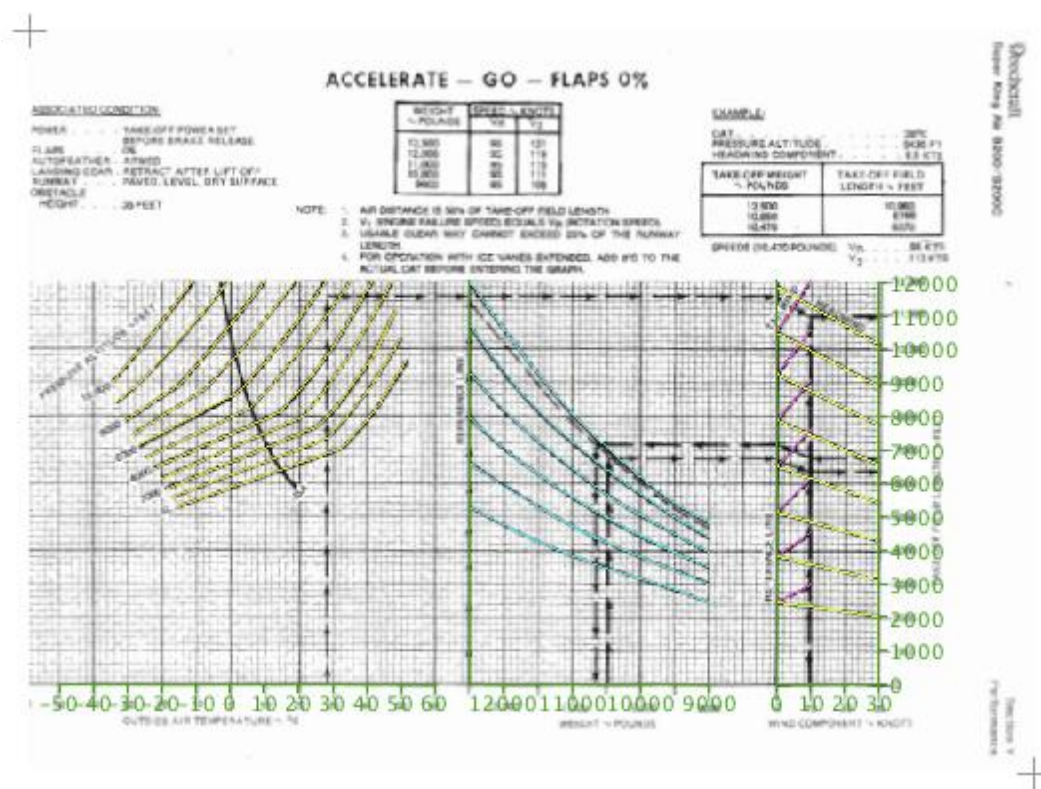
„rákényszeríteni”, amely a lehető leginkább megközelíti az emberi logikát. Ha az ember a „saját nyelvén” kommunikálhat a géppel, az információátvitel gyorsabb, pontosabb, hatékonyabb lesz. [3]

Az üzemeltetett típusok adatainak feltöltését biztosító felhasználói felülettel szemben támasztott követelményeket az alábbiak szerint fogalmaztuk meg:

- Pontos adatbevitel biztosítása a grafikus formában adott adatoknál is;
- Áttekinthető, az eredetivel a munka során folyamatosan egyeztethető, gyorsan javítható és módosítható adatbeviteli metódus;
- Könnyen tanulható és megszokható, ergonomikus kialakítás;
- A gyári adatok gyors feldolgozása a lehetőségekhez képest.

A repülőgéptípusok nomogram formájában közölt teljesítményadatainak bevitelekor arra jutottunk, hogy a fenti elvárást az alábbi folyamatmodell közelíti meg leginkább:

- Nomogram beolvasása képfájlba szkennel segítségével;
- Nomogram képének elhelyezése a virtuális rajzasztalon;
- A képen látható görbék „átrajzolása” geometriai elemekké;
- A nomogram megoldási algoritmusának közlése a számítógéppel.



4. ábra. Egy digitalizált nomogram, ahogy a Nomogramszerkesztő szoftvermodulban látható

A felhasználótól tehát az optimális teljesítmény érdekében csak egy egyszerű és magától értetődő, különösebb gondolkodást nem igénylő „másolás” adatbeviteli metódust szabad elvárni. Ha egy fehér

papírra nyomtatott ábrát kézi módszerrel duplikálni szeretnénk, a legegyszerűbb, ha pauszt borítunk rá és átrajzoljuk. A másolandó ábra esetünkben a szkennerral digitalizált teljesítmény-nomogram, a pausz egy virtuális rajzasztal, a ceruza pedig a Nomogramszerkesztő programrészt egyenesekből és görbékkel álló rajzi eszköztára. Ha a szkennelt ábrán látható összes görbére és a változókat jelképező tengelyekre is azokkal pontosan megegyező hosszúságú és alakú számítógépes alakzatokat illesztünk, akkor egy koordinátákban értelmezhető ábrát kapunk, amiben a rajzelemek végpontjait koordinátapárok jelentik, alakjukat matematikai függvények írják le, egymáshoz viszonyított helyzetük pedig egyértelműen definiálja a nomogramot, legalábbis formai szempontból.

Az adatbevitel ellenőrzésének egyszerűsége nyilvánvaló: ha a felrajzolt görbesereg pontosan fedi a szkennelt ábrát, akkor jól dolgoztunk. Itt nem kell elfelejtkezni arról, hogy a kézi szerkesztéskor elérhető pontosság a gyártók és a hatóságok részéről elfogadható. A felhasználói interfész feladata, hogy a vizuális formában megadott adatok értelmezésével kapcsolatos munkát a számítógépre hárítsa.

Ugyanezt az elvet igyekeztünk alkalmazni a berajzolt nomogramok megoldási logikáját definiáló metódus kialakításakor. Mivel ez a logika nomogramonként változik, ehhez létre kellett hozni egy egyszerű programnyelvet, amely nyelvtanilag hasonlít az írott szövegre, így könnyen elsajátítható, és a segítségével úgy "magyarázhatjuk el" a számítógépnek a nomogram megoldásának menetét, mint ahogy azt egy pilótanövendék oktatásakor tennénk. Egy-egy nomogramnak általában több megoldási módszere is van attól függően, hogy mely bemeneti változókat keressük, és melyeket ismerjük. Az eddigi példákban szereplő gyorsítási úthossz-számításnál kereshetjük a felszálláshoz szükséges pályahosszt adott tömeg esetén, de kiindulhatunk az adott pályahosszból is, a maximális megengedhető tömeget keresve. Ezért egy nomogramhoz több megoldási logikát kell csatolnunk, hogy majdan a teljesítményszámítást végző végfelhasználó dönthesse el, hogy épp mire használja azt.

```
ASK "Outside Air Temperature" AS °C OFFERING 15!
ASK "Pressure Altitude" AS ft OFFERING 0!
ASK "Takeoff Weight" AS lb!
ASK "Headwind Component" AS kts OFFERING 0!
DRAW Line1 THROUGH "Pressure Altitude" OF PressAltLevelField!
DRAW Line2 STARTING ON OATaxis AT "Outside Air Temperature" GOING VERTICAL TO Line1!
SET EndPointOfLine2 AS END OF Line2!
DRAW Line3 STARTING AT EndPointOfLine2 GOING HORIZONTAL TO WeightReferenceLine!
SET EndPointOfLine3 AS END OF Line3!...
```

Kérdezd meg a külső levegő hőmérsékletét °C-ban, felajánlva a 15 °C alapértelmezett értéket!
Kérdezd meg a nyomásmagasságot lábban, felajánlva a 0 láb alapértelmezett értéket!
Kérdezd meg a felszálló súlyt fontban!
Kérdezd meg a szembeszélkomponens értéket csomóban, felajánlva a 0 csomós alapértelmezett értéket!
Rajzolj görbét Line1 néven a PressAltLevelField névre hallgató szintvonalcsoporttal párhuzamosan a nyomásmagasság változó által megszabott értéken!
Rajzolj egyenest Line2 néven, amely az OATaxis nevű tengelyen kezdődik a külső levegő hőmérséklet értékénél és függőlegesen halad a Line1 vonalig, majd ennek az egyenesnek a végpontját nevezd el EndPointOfLine2-nek!
Rajzolj egyenest Line3 néven EndPointOfLine2 kezdőponttal, vízszintesen a WeightReferenceLine vonalig, majd ennek az egyenesnek a végpontját nevezd el EndPointOfLine3-nak!...

5. ábra. A gyorsítási úthossz számítására használt nomogram egyik programjának részlete, illetve a sorok jelentése tükörfordításban (félkövér szedésben a nyelv kulcsszavai láthatók)

Az 5. ábra példája a nomogramok programozásához, azaz a megoldási logika megadásához fejlesztett egyszerű programnyelv szintaxisát szemlélteti. A nyelv kulcsszavai angol szavak, mert az angol nyelvben nincs szóvégi ragozás, így a viszonylag kötött szórenddel is megvalósítható, hogy a kész

program nyelvtanilag helyes felszólító mondatok egymásutánjaként is olvasható és értelmezhető legyen.

Nomogramok egymásba ágyazása

Egy-egy komplex teljesítményszámítási feladat elvégzéséhez a legritkább esetben elegendő egyetlen nomogram, vagy táblázat kiértékelése. Már egy egyszerű útvonali fajlagos tüzelőanyag-fogyasztási számítás is legalább két nomogramot igényel, legalábbis, ha pontos, megfelelően kompenzált adatokra vagyunk kíváncsiak. Az útvonali fajlagos fogyasztás ugyanis egy állandó fordulatszámú légsavarral ellátott dugattyús repülőgépen minimum az alábbi állapotjellemzők függvénye [4]:

- A repülőgép aktuális tömege
- Beállított keverékarány
- Beállított szívótérnyomás-érték
- Beállított fordulatszám
- Külső levegő hőmérséklet (illetve annak eltérése a Nemzetközi Egyezményes Légkörtől)
- Nyomásmagasság
- Súlyponthelyzet

A repülés tervezésekor meghatározzuk a kívánt utazómagasságot, illetve rendelkezésünkre állnak a tömegre és az utazómagasságon uralkodó hőmérsékletre vonatkozó információk. Tudjuk azt is, hogy mennyire sietünk, azaz, hogy egy gazdaságosabb, vagy egy nagyobb utazósebességet biztosító üzemmódban kívánunk repülni. Mielőtt elővennénk a fajlagos fogyasztás nomogramot, a fentiek ismeretében meg kell határozzuk tehát a beállítandó szívótérnyomást, keverékarányt és fordulatszámot - azaz néhány olyan kérdést, melyre géptípustól függően egy vagy több táblázatból, esetleg más nomogramokból kapunk választ.

Ha azt akarjuk, hogy szoftverünk ezeket a lépéseket automatikusan elvégezze, biztosítanunk kell a nomogramok be- és kimenő adatainak elérését bármely más nomogram megoldóprogramjából. Ez programozói szinten egy sor logikai problémát vet fel, melyek kiküszöbölésének hatékony és a fejlesztők körében elfogadott módja a különböző változóterek (melyek jelen esetben a különböző nomogramok) alá- és fölérendeltségi hierarchiába szervezése. Adjuk meg a felhasználónak a lehetőséget arra, hogy egy nomogram rajzasztalára bármely más, korábban már elkészült nomogramot vagy táblázatot elhelyezhessen tetszőleges helyre, méretben és példányban, és biztosítsuk ezen beágyazott nomogramok/táblázatok megoldóprogramjainak elérését a főnomogram programjaiból! Ezzel megteremtjük a tetszőleges bonyolultságú számítások lehetőségét, akárhány nomogram vagy táblázat is szükséges azok elvégzéséhez.

A nomogramok összekapcsolásával, egymásba ágyazásával komplex, intelligens teljesítményelemző programokat írhatunk a repülőgépek teljesítmény-modelljéhez. A projekt során egy Piper PA-23 Aztec repülőgép útvonalaira végeztünk teljesítmény-teszteket. A projekt jelenlegi

állása szerint a megfelelő modell előállításával az alábbihoz hasonló komplex számítási eredményekhez juthatunk hozzá:

PERFORMANCE ANALYSIS											
Piper PA23 Aztec E				HA-YCD		© Kerülő Balázs 2008					
DOF:		09/04/2008		PIC:		KERÜLŐ Balázs					
DEP ARPT:		LHNY		DEST ARPT:		LRBM		ALTN:		LRSM	
AIRCRAFT WEIGHT DATA						ALTITUDE CONVERSIONS					
Departure TOM:		4689 lbs		Departure Dens. Alt:		393.584 ft					
Destination LM:		4603.856 lbs		Destination Dens. Alt:		719.656 ft					
Alternate LM:		4574.475 lbs		Alternate Dens. Alt:		643.892 ft					
AIRFIELD DATA											
RWY HDG	TODA TORA	ASDA	LDA	OAT	WIND	SLP	RWY COND	ELEV			
LHNY	357	3280 ft	3280 ft	59 F	90 deg 4.59 mph	0 %	Dry/Wet Concrete	338 ft			
LRBM	99		5905 ft	57.2 F	120 deg 4.47 mph	1 %	Cont.d/Wet Concr.	692 ft			
LRSM	19		8202 ft	59 F	90 deg 4.47 mph	0 %	Dry Concrete	536 ft			
OPS1 DEPARTURE										OK	
V1	88 mph	Headwind comp.		0 mph		ASD		OK			
Vy _{ME}	117 mph	Ground distance to 1500 ft QFE		1.7 NM		TOD		OK			
Vy _{SE}	95 mph					CLIMB		OK			
						V1		OK			
OPS1 LAND ON DESTINATION										OK	
Vy _{ME}	116 mph	Headwind comp.		2.087 mph		LD		OK			
Vy _{SE}	94 mph							CLIMB		OK	
OPS1 LAND ON ALTERNATE										OK	
Vy _{ME}	116 mph	Headwind comp.		0.728 mph		LD		OK			
Vy _{SE}	94 mph							CLIMB		OK	
OPS1 CONCLUSION										FLY!	
CAUTION! Pre-release version! Do not use for real flight planning!											



Calculated by
Penaud's Powered Toys
in 17.2 seconds

Printed: 4/22/08 8:44 PM UTC
1 / 5

6. ábra. Komplex Repülőtéri teljesítményanalízis első, összefoglaló oldala
(forrás: a szoftver béta-verziója)

TOVÁBBFEJLESZTÉS – A CÉL EGY INTEGRÁLT RENDSZER

A szakdolgozattal kapcsolatos konzultációk során felszínre került az elképzelés diagnosztikai felhasználásának lehetősége is. A nagyjavítások, időszakos ápolások után előírt berepülések jelen formájukban nagyon kevés információt szolgáltatnak arra nézve, hogy a repülőgép aktuális teljesítményjellemzői hogyan viszonyulnak az AOM-ben közölt teljesítményadatokhoz, amelyek a gyártáskori állapotot tükrözik. Mivel a repülőgépek drága járművek, élettartamukat az üzemeltetők

igyekeznek a lehetőségek határáig kiaknázni, ezért nem ritka, hogy egy-egy időszakos berepülésre 20-30 évvel a gyártás után kerül sor. Ha a szoftvert felvértezzük arra, hogy mért adatokkal is képes legyen dolgozni, akkor egyrészt nagyot lépünk a ténylegesen valósághű teljesítményanalízis irányába, másrészt könnyebben regisztrálhatjuk repülőgépünk paramétereinek eltérését a gyári adatoktól. Így olyan diagnosztikai információk birtokába jutunk, amelyek sokat segíthetnek a kialakulás alatti stádiumban lévő hibák időbeni feltárásában.

Diagnosztika és valós adatok felhasználása

A repülési pályából számítható teljesítményjellemzők méréséhez elméletileg egy útvonalrögzítésre alkalmas GPS berendezés elegendő. Viszont, ha már repülés közben mérünk, akár mérhetjük a teljesítményt befolyásoló egyéb tényezőket is – többek közt a külső levegő hőmérsékletét és a pillanatnyi üzemanyag-fogyasztást is. Ezt ma már megtehetjük önálló műszerek segítségével, egy közepkategóriás repülő GPS és egy kompakt motordiagnosztikai rendszer alkalmas erre. A rögzített adatokat számítógépre letölthetjük, és az elkészült szoftver erre felkészített változatába importálhatjuk. Így egyrészt lehetőségünk nyílik a gyári paraméterek összevetésére a valós teljesítményjellemzőkkel, másrészt a szoftver a későbbi repüléselőkészítési számításoknál már a rendelkezésre álló legutóbbi mért adatokkal kalkulálhat, valósághű eredményeket produkálva „öreg” repülőgépek esetén is.

Integrált döntéstámogató rendszer

Tegyük fel, hogy a teljesítményt befolyásoló tényezőket (GPS-pozíció, külső léghőmérséklet, üzemanyag-fogyasztás, illetve a fel- és leszállási úthossz) folyamatosan mérjük egy integrált szenzorcsoporttal, amely egy GPS vevőt, hőmérséklet-jeladót, átfolyásmérő szenzort és a fel- és leszállás pillanatát regisztráló gyorsulásmérőket tartalmaz! A szenzorok jeleit egy mikroprocesszorral rendelkező fedélzeti számítógésszel folyamatosan feldolgozva még a leszállásig sem kell várnunk a teljesítményjellemzők aktualizálásával. Ha a korábban bemutatott szoftverrel készült digitális teljesítménymodellt a számítógésségbe másolva a fedélzetre visszük és felhasználói interfészként például egy kézisámítógépet, PDA-t alkalmazunk, akkor lehetségessé válik akár repülés közben is jogszerű, OPS 1-konform számítási elveken alapuló döntéstámogatást nyújtanunk a pilótának. Vajon az útvonalhoz közel eső, találmra kiválasztott repülőter itt és most, ezzel a repülőgéppel, az aktuális körülmények között alkalmas-e kitérőnek? Ilyen kérdések megválaszolására a rendszer pillanatok alatt képes lenne. Emellett, mivel folyamatosan tisztában van a repülési adatokkal, a berendezés alkalmas lehet, pl. az üzemtartó repülési terv előállítására mellett annak naprakész, automatikus kitöltésére is, beleértve az útvonali tüzelőanyag-számítás rendszeres és pontos elvégzését.

A projekt fejlesztése folyamatban van, pillanatnyilag a hardveroldal kiépítéséhez és az innovációs költségek társfinanszírozására keresünk támogatókat és az elgondolásban piaci lehetőséget látó befektetőt. Az időzítés gazdasági szempontból a válság miatt talán nem a legjobb, de a világpiac fejlődni fog – például Kína ma még katonai ellenőrzés alatt tartott légtere egy-két éven belül

megnyílik a *general aviation* számára is. A fejlesztés sikere nagy lépés lehet a kisgépes világban a jogszerű kereskedelmi üzemeltetés ideája felé.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 14/2000. (XI. 14.) KöViM rendelet a Magyar Köztársaság légterében és repülőterein történő repülések végrehajtásának szabályairól
- [2] Beechcraft Super King Air B200 & B200C Pilot's Operating Handbook and Airplane Flight Manual Hawker-Beechcraft, Wichita, KS, USA, 1991.
- [3] FÜZI János: 3D grafika és animáció PC-n ComputerBooks, Budapest, 1996.
- [4] JAA ATPL Theoretical Knowledge Manual Book 6-7. Oxford Aviation, London, 2004.
- [5] JAR-FCL CAP 697 Flight Planning Manual Civil Aviation Authority, London, 1996.
- [6] Piper PA23-250 Aztec E Pilot's Operating Handbook and Airplane Flight Manual Piper Aircraft Corp., Lock Haven, PA, USA, 1970.
- [7] Regulation (EC) No 1899/2006 of The European Parliament and of The Council of 12 December 2006 (EU OPS) Official Journal of the European Union, 2006.12.27. L337/1
- [8] DR. SZILÁGYI Dénes Ph.D.: Repülés előkészítés és tervezés I. – II. Főiskolai jegyzet, Nyíregyházi Főiskola, 2006.
- [9] Az International Civil Aviation Organization honlapja, Flight Safety Information Exchange <http://www.icao.int/fsix/>