

# Technológia transzfer lehet ségek a futópálya sértetlenségének el segítésére

## Technology Transfer Options for Improving Runway Integrity

**Meyer, D., Sághi B., Tarnai G.**

*Budapesti M szaki és Gazdaságtudományi Egyetem*

*Közlekedésautomatikai Tanszék*

*Cím: Budapest Bertalan Lajos u. 2., Magyarország, H-1111*

*Tel.: +36-1-463-10-44*

*Elektronikus levelezési cím: meyer.dora@mail.bme.hu*

**Absztrakt:** az el adási anyag technológiai transzfer lehet ségeket kínál a növekv légforgalom továbbra is biztonságos üzeme érdekében, a futópálya sértetlenségének elérésére fókuszálva. A cikk a tárgyalt rendszer és folyamatainak ismertetésén túlmen en, a vonatkozó problémák feltérképezését követ en a megoldásra kínált átültetési lehet ségekre is rámutat. A transzferre javasolt eljárások a vasúti közlekedés és a munkapszichológia területeir l származnak.

**Címszavak:** technológia transzfer, safety, futópálya sértetlensége, földi mozgások

### 1. BEVEZET

Az elkövetkez 20 évben a forgalmi értékek kétszerezése várható Európa légterében, és a növekedés koncentráltan Közép-Európa légterében dinamikusabb [1]. Egyre inkább sürget vé válik a biztonságkritikus gócpontok feltárása és azok oly módon – akár az eljárások megváltoztatásával – való biztonságspecifikus racionalizálása, hogy a rendszer aktuális biztonsági szintje (ALS, Actual Level of Safety) a megnövekedett terhelés mellett is maradéktalanul teljesítse a vonatkozó el írásokat, biztonsági határértékeket (TLS, Target Levels of Safety) [2]. A megkívánt biztonsági szint jövőbeni teljesítésének mikéntje további kérdés, aminek megoldására az Európai Unió is jelentős hangsúlyt fektet [3]. (L. pl. a légiirányítás infrastruktúrájának reformjára 2004-ben született a SESAR (Single European Sky ATM Research) programot [4]).

Jelen el adási anyag mintegy kapuként szolgálhat a különböző ágazatok közötti információcserére, technológiai transzferre a légiközlekedés légi oldali (air side) biztonsá-

ga, azon belül is a futópálya (RWY, runway) biztosítottóságának el segítése érdekében.

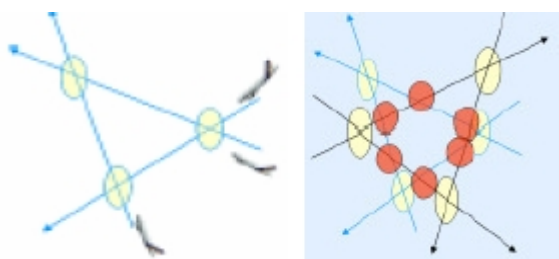
A feladat komplexitása a repül tér jellegéb l és a légiközlekedés sarkalatos jellemzib l adódik. A megoldás során a peremfeltételek sokasága és időben változó volta nagyfokú adaptivitást és rugalmasságot igényel. A cikk kísérletet tesz elvi megfontolások felvázolásával olyan párhuzamok megtalálására, amelyek el segíthetik a problémák proaktív megoldását. Ilyenek a vasúti közlekedési ágazatban már sikeresen alkalmazott eljárások, valamint az emberi tényező munkapszichológiai figyelembevételével, mérlegelve azt is, hogy a minél biztonságosabb közlekedés elérése érdekében ne növekedjen oly mértékben a forgalmi szabályozások száma, hogy a szakért rendszer szabálybázisa elfogadhatatlan mértékben lassítsa az eljárásokat.

### 2. A FUTÓPÁLYA MINT BIZTONSÁGKRITIKUS RENDSZER

Baleseti statisztikák alátámasztják, hogy az utazómagasságon történik a legkevesebb baleset, megközelít leg 11%, ugyanakkor a felszállás különböző fázisaiban mintegy

33%, és a leszállás különböző fázisaiban pedig körülbelül 56%, ami önmagában is a repül térre és környezetére irányítja a figyelmet [5]. A futópályával kapcsolatos események közül is speciális eset a pályasértés, melynek számos oka és okozata lehet. A már megtörtént esetek els sorban emberi hibákra vezethet k vissza, azon belül is dominánsan a hajózó személyzet hibájára, de a statisztikák szerint a légiirányítás személyzete is vétkes [1].

A légiforgalmi irányítók a toronykörzeti légterben (TMA, Terminal Movement Area) a be- és kivezet eljárásokkal, ezzel összefüggésben az elkülönítési távolságokkal gyakorolhatnak befolyást a futópályára, s ezáltal a repül tér kapacitására és biztonságára, melyek szoros kapcsolatban állnak a környezeti és időjárási viszonyokkal, a futópályára szerzettségével [6]. Az utóbbi években egyre n azon légi járm vek száma, amelyek már egy kifinomultabb, területi navigációs rendszerrel rendelkeznek (RNAV Area Navigation Equipment), így jobb légtérkihasználtság, az optimalizált eljárások miatt jobb légtér szerkezet, a kedvez bb útvonalhasználat miatt növekv irányítói kapacitás és nem utolsó sorban az el bb említettek eredményeképpen növekv futópályakapacitás érhet el [7]. A földi mozgások biztosítása tekintetében a gurítóradarok vonatkozásában tett fejlesztések jelentenek el relépést (ASMGCS, Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems). A növekv kapacitással ugyanakkor a potenciális konfliktuspontok száma négyzetesen növekszik, amit az 1. ábra szemléltet [8].



1. ábra: Konfliktuspontok három és hat járat esetén

Fig. 1 : Conflict points in case of three and six flights

Egyre inkább teret kapnak olyan nézetek, amelyek biztonsági szempontból szorgalmazzák az állóhelytől állóhelyig való vizsgáldást, teljes folyamattervezést és elemzést (gate to gate koncepció) [9], [10]. A futópályára való, gurulóutakról történ behaladást, valamint a leszállás m veleteit, a légiközlekedés biztonságos üzemét megközelít leg 150 optikai-, fénytechnikai-, rádió navigációs és radarberendezés, felfestés biztosítja [10], [11]. Mindezek tehát befolyást gyakorolnak az ott végzett m veletekre.

## 2.1. A futópályára való belépést megelőző m veletekről – légi járm esetére

A nemzetközi el írásokon, ajánlott gyakorlatokon túlmen en nemzeti törvényi szabályozás, a repül tereken repül térrend, továbbá a földi személyzet részére munkatechnológiai leírás rendelkezik a szolgálatok m ködéséről [12], [13].

A meteorológiai, látási viszonyoktól függ en az alkalmazott navigációs eszközök használata változik fel- és leszállásnál. A csökkentett látási viszonyoknak megfelelő en az eljárásrend is alakul, mind a megközelítés, mind a földi mozgás során. Ez esetben a repül tér kapacitása jelent sen csökken, például a m szeres leszállító rendszer (ILS, Instrument Landing System) érzékenységi terület miatt külön kategóriás várópontok vannak kijelölve.

A meteorológiai körülményektől függ en tehát változik a navigációs berendezések alkalmazása, és az eljárásrend, ami a légi járm vezet it, a légiirányítás személyzetét és magát a légi járm vet egyaránt érinti, adott esetben korlátozza a jogosultságokat. Minél rosszabbak a látási viszonyok, annál több ellen rzési pontot tartalmaz a folyamat az állóhelytől való kigurulástól a futópályára lépésig. A döntések el készítése magas m szerzettségi fok mellett történik, de az egyes, konfliktusesélyes helyzetekben hozott döntések az irányítók, illetve a hajózó személyzet humán döntései (például

engedély a hajtóm indításra, pályára lépésre, pályakeresztre). A részletes folyamatleírásra, a folyamat teljes vizsgálatára jelen tárgyalásban nincsen mód, *részkonklúzió* gyanánt azonban megállapítható:

1. minden egyes járat esetében változó biztonsági paraméterekkel szükséges számolni;
2. az emberi mérlegelés és döntés (HD, Human Decision) több ponton domináns;
3. így az ember-gép felület (HMI, Human-Machine Interface) szerepe is igen jelentős.

## 2.2. A futópályasértés mint a légiközlekedési rendszer egyik biztonságkritikus, komplex fókuszpontja

A futópályasértés minden olyan futópályára való behatolás eseményére vonatkozó fogalom, amely a futópálya környezetében történik. Ebbe beleértend a légi jármű, bármely más jármű, egyéb tárgy, gyalogos vagy állat jelenléte a futópályán, amelyek az összeütközés veszélyét eredményezhetik, vagy egy felszálló/leszálló légi jármű vonatkozásában nincsen meg a megfelelő elkülönítési minimum érték.

Az okok megkeresésében és feloldásában döntő szerepet játszik a már megtörtént események kivizsgálása, amivel az európai reakcióterv is foglalkozik [14]. A futópályasértések számát és a hiba természetét az utóbbi évekre és az európai légtérre vonatkozóan az 1. táblázat foglalja össze [1]:

1. táblázat: futópályasértések száma  
Table 1: number of RWY incursions

Év	Futópályasértések száma			Összesen
	Hiba természete			
	pilótahiba	operatív hiba	jármű / gyalogos hibája	
2001	233	91	83	407
2002	191	75	73	339
2003	174	89	60	323
2004	173	97	56	326
2005	169	105	53	327
2006	190	39	51	280

Az 1. táblázat is igazolja, hogy a hibás humán döntés vizsgálata kikerülhetetlen a fo-

lyamat-optimalizálás során. A vizsgálat vonzata lehet:

1. az eljárások megváltoztatása;
2. a szolgálatot teljesítő személyek mostaninál hatékonyabb szerepe és felkészítése;
3. új eszközök bevezetése, melyeket a 3. fejezet ismertet.

## 3. PÁRHUZAMOK EGYÉB ÁGAZATOKKAL

A párhuzamokra, technológiai transzferre a nagyobb forgalmi értékekre tervezett rendszer biztonsága érdekében van szükség. Az egyes interfészeket (HMI), azok környezetét biztonságkritikus rendszerként lehatárolva az adott elterjedt veszélyességi rátákhoz viszonyítva szükséges elemezni. Az egyes elterjedt veszélyességi ráták (THR, Tolerable Hazard Rates) figyelembevételével, amit például az ESSAR4 (Eurocontrol Safety Regulatory Requirement 4) deklarálnak, meghatározható lehet az interfész biztonságintegritási szintje (SIL, Safety Integrity Level), amiből a futópálya, mint komplex rendszer biztonsága közvetetten számítható.

A technológiai transzfer-lehetőségeket csak a megfelelő átültetésekkel lehet hatékonyan alkalmazni. A transzfer során jelen tárgyalásban a HMI interfészek helyett gépi-gépi interfész (MMI, Machine-Machine Interface) kialakítása és a veszély- és kockázatértékelési vizsgálok kivitelezéséhez a maradék humán döntések számszerűsítése célzott.

Interfész lehet a vasúti közlekedés pályabiztonsági gyakorlati elvi bázisának maradéktalan átültetése, illetve az aktuális munkapszichológiai kutatások eredményeinek alkalmazása. Mindezekhez azonban elengedhetetlenül szükséges, hogy a transzferre szánt megfontolások elvi háttere és gyakorlata is ismeretes legyen.

### 3.1 A pályabiztonság alapelmélete a vasúti közlekedésben

A közlekedési ágazatok közül a vasúti közlekedés és a légi közlekedés, mint biztonságkritikus rendszerek rokon természetűek. Több cikk foglalkozik a két ágazat vonatkozó veszély- és kockázatelemzési eljárásainak, el írásainak összehasonlításával, ágazatközi transzferrel [15], [16], [17]. A veszély- és kockázatelemzési és értékelési eljárások mindkét ágazat esetén közel azonos THR határértékeket állapítanak meg. Emellett fellelhetőek olyan különbségek is, amelyek esetleges átvételének segítségével fejlődhetne az egyes ágazatok biztonsági kultúrája.

Szembeötlő különbség a térközök biztosításának kérdése a földi mozgások relációjában. *Míg a vasúti közlekedés szigorúan gépi úton záródó információs hurkok alkalmazását engedélyezi a pályabiztonság érdekében, addig a légi közlekedés földi mozgásait illetően több, emberi döntéssel végződő információs lánc aktív.* A légi közlekedési folyamat biztonsági szintjének megfelelően az eljárásokba iktatott redundanciákkal és keresztellenrzésekkel biztosított. Felmerül azonban a kérdés, hogy a magasabb forgalom okozta konstellációkban kialakuló feszültség esetén is képes lesz-e tartani az eljárásrendszer a jelenlegi statisztikai értékeket? A vasúti közlekedés vonatkozó gyakorlatában fizikailag gátolt egy foglalt pályaszakaszra való behatolás. A biztosító, illetve vonatbefolyásoló berendezések nemcsak jeleznek, hanem be is avatkoznak, hogyha szükséges. A légi közlekedés földi mozgásainak biztonságát felügyelő rendszerek és az irányító személyzet azonban fizikailag nem képes akadályozó állapotba vinni a rendszert.

*Szükséges lehet tehát egy még inkább automatizált, jelz és beavatkozó irányítási rendszer a légi közlekedés földi mozgásait illetően is.*

### 3.2 Munkapszichológiai tényezők a humán faktor figyelembe vételéhez

A nagygépes személyi hibás esetek jellemzője, hogy visszatérő okok, jelenségek találhatóak meg bennük, és jelentős hányadukban több szakterületen tevékenykedő személyek érintettek (hajózó és más szakágaként). Az információáramlás hiányossága, például szinte minden esetben döntő tényező, valamint észlelhetőségi viszonyok is szerepet játszanak, illetve a gyakorlatlanság – nagy gyakorlat (rutin) látszólagos ellentmondása figyelhető meg. A fáradtságnak a repülésben mindezidáig nincs számszerűen kifejezhető formája. A maximálisan repülhető időket azonban szigorúan korlátozzák [18], [19].

A humán faktorok, elsősorban a pilótákra és az irányítókra vonatkozóan, de a közvetlen kiszolgálásban érintett személyek esetében is mérvadóak [20]. Ez érvényes a felfedezett és a látens veszélyeztetés, valamint a potenciális hibák tekintetében egyaránt.

A humán hibákkal, teljesítményt befolyásoló tudati feltételekkel, fáradtsági szinttel elterjedt személyzetrotációs kérdésekkel, reakcióidővel kapcsolatban több kutatás bizonyítja, hogy rendkívül hangsúlyos a folyamat dinamizmusának, ugyanakkor biztonságának vonatkozásában az emberi tényező és a HMI [21], [22], [23], [24].

Érdekes módon azonban a biztonságos üzemelést kizáró orvosi/élettani feltételek tekintetében kevésbé szigorú az eljárásrend. Közforgalmú repülőgépparancsnok, első tiszt oldalról például a repülés megkezdése előtt orvosi vizsgálatra nincsen hatósági elírás, a légitársaság dönthet a szükségességéről. Amennyiben a járat kapitánya bármely munkatársát illetően szemmel látható egészségügyi problémát észlel, megtilthatja munkába állását, illetve a hajózószemélyzet mindegyik tagjára vonatkozik, hogy nem kezdheti meg a repülést, ha egészségügyi alkalmasságának korlátozottságát észleli [25].

Légiforgalmi irányítók esetében az alkohol-szonda az egyetlen m szeres ellen rzési pont. A supervisor, ha bármely okból indokoltnak találja, mentesítheti az irányítót a szolgálat alól.

*A repülésbiztonsági vonatkozású folyamat-optimalizálás terén radikális el relépést jelenthetne, ha a humán hibafaktorra vonatkozóan is folyamatosan rendelkezésre állnának ALS értékek, melyek folyamatos összehasonlítások és a megfelel beavatkozások által számszer en is a TLS alatt tartatnák a HMI rendszerek hibaviselkedését.*

#### 4. ÖSSZEFOGLALÁS, KITEKINTÉS

A repülés biztonságának igazolása is, mint jellemz en a biztonságkritikus rendszerek általában, rendkívül összetett, hiszen maga a vizsgált rendszer igen sok egymástól fizikai, térbeli, technológiai, egyéb határokkal elkülönített alegység messzemen kig precíz összjátékát igényli. Egy légitársaság cselekmény sematikusan alapvet en három szerepl összehangolt munkájának eredménye: az irányítás, a repül tér és maga a repül gép. Mindezek szerves része az ember, aki m szeres támogatással bár, de jellemz en döntéshozó. A további kiszolgáló egységek ezek alrendszerei, és a közlekedést, mint produktumot az összes szerepl termékeként kell tekinteni. Tekintettel a humán faktorok dominanciájára és a növekv forgalmi értékekre, új eljárások alkalmazása válhat szükségessé, aminek ésszer els lépése lehet a már máshol kipróbált, hasonló jelleg stratégiák alkalmazhatóságának felülvizsgálata.

A megcélzott, a vasúti és a légitársaság közötti technológiai transzfer elvi megfontolásokat tartalmaz, továbbá a humán faktor munkapszichológiai természet figyelembe vételének kérdéseit is tárgyalja.

#### 5. FORRÁSJEGYZÉK

- [1] [www.eurocontrol.int/statfor](http://www.eurocontrol.int/statfor)
- [2] P. Brooker: Air Traffic Management accident risk  
Part 1: The limits of realistic modelling  
Safety Science 44 (2006) pp. 419–450
- [3] [http://ec.europa.eu/transport/air\\_portal/](http://ec.europa.eu/transport/air_portal/)
- [4] [http://ec.europa.eu/transport/air\\_portal/sesame/](http://ec.europa.eu/transport/air_portal/sesame/)
- [5] <http://www.nlr.nl/documents/flyers/>
- [6] <http://www.yorkaviation.co.uk/>
- [7] Nagy, Á.: A Budapest Ferihegy Nemzetközi Repül tér kapacitásának fejlesztése; Diplomatervezés, BME Közlekedésmérnöki Kar, Budapest, 2006
- [8] Debels, P.: EUROCONTROL CRDS HUNGARIAN AERONAUTICAL RESEARCH WORKSHOP, Budapest, 2006
- [9] Ale B.J.M., et al: Towards a causal model for air transport safety — an ongoing research project, Safety Science (06) 44/2006 pp. 657–673
- [10] Meyer, D.: A polgári légitársaság nemzetközi repül tereinek biztonság-igazolása, BME Közlekedésmérnöki Kar, Budapest, 2006
- [11] ICAO ANNEX 14 (Aerodrome Design and Operations)
- [12] A légiforgalom irányításának szabályairól szóló 16/2000. (XI. 22.) KöViM rendelet
- [13] <http://www.gkm.gov.hu/>
- [14] European Action Plan for Runway Incursion, EUROCONTROL, Group of Aerodrome Safety Regulators, IATA, ACI, BAA, NATS, DFS, 2003
- [15] Braband, J., H. J. Reder: Sicherheitstechnische Vorgehensweisen in Eisenbahnsignaltechnik und Luftfahrt, Signal+ Draht (95) 1+2/2003, pp. 12-14

- [16] Milius, B., J. T. Gayen: Functional Hazard Assessment der Luftfahrt im Vergleich zu Risikoanalysen der Eisenbahn, Signal+ Draht (96) 10/2004 pp. 23-31
- [17] Drogoul, F. et al: Safety in design – Can one industry learn from another? Safety Science (07) 45/2007 pp. 129–153
- [18] <http://www.caa.hu/jogszabalyok/jogszabuj/szakszem/3.htm>
- [19] <http://www.icao.int/>
- [20] A Magyar Köztársaság légterében és repül terein történ repülések végrehajtásának szabályairól szóló 14/2000. (XI. 14.) KöViM rendelet
- [21] Desmond P. A., T. W. Hoyes: Workload Variation, Intrinsic Risk and Utility in a Simulated Air Traffic Control Task: Evidence for Compensatory Effects Safety Science (96) 22/1996 pp. 87-101
- [22] Teodorovi D., P. Lu i : A Fuzzy Set Theory Approach to the Aircrew Rostering Problem Fuzzy Sets and Systems 95 (1998) pp. 261-271
- [23] <http://www.parliament.uk/>
- [24] <http://www.erg.bme.hu/>
- [25] <http://www.caa.hu/jogszabalyok/jogszabuj/szakszem/1.htm>