

Veszély- és kockázatbecslés alapú eljárás-befolyásolás a polgári légiközlekedésben

Meyer D.*, Tarnai G.**

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék Budapest, Bertalan Lajos u. 2., Magyarország, H-1111 (Tel.: +36-1-463-10-44, meyer.dora@mail.bme.hu)

** Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésautomatikai Tanszék Budapest, Bertalan Lajos u. 2., Magyarország, H-1111 (Tel.: +36-1-463-10-13, tarnai.geza@mail.bme.hu)

Absztrakt: Az írásban bemutatott veszély- és kockázatelemzés alapú eljárás-befolyásoló rendszer a polgári légiközlekedés futópályát illető repülésbiztonságának integrált, pre-online, prediktív, járat-specifikus megközelítésén alapul. A repülésbiztonság egzakt, számszerű értékének meghatározását is eredményező integrált rendszer hibafa-elemzésén, valamint annak szcenárió-analízisének alapuló eljárás-befolyásoló modell működését ismerteti az írás. Kitekintésként a modellezés, szimulációs folyamat további lépései kerülnek bemutatásra.

1. BEVEZETŐ

A repülésbiztonság növelését célzó, informatikai alapú új eljárások kidolgozása, azok hatásvizsgálata európai szinten és a hazai gyakorlatban is kiemelten fontos eleme a légiközlekedési ágazat aktuális fejlesztési irányának, azon belül is a polgári légiközlekedés irányításának. [EUC], [SES], [SMM]. A polgári légiközlekedés esetében a repülés szakaszai közül a futópályán és annak környezetében történő folyamatok kritikussága szignifikáns. Az említett folyamatcsoport esetében statisztikai mutatószámok alapján ugyanis jelentős a légiközlekedési esemény bekövetkezési valószínűsége, valamint a későbbi fázisokra való kihatás valószínűsége, inaktív vagy látens hiba okán [MUD09], [MEY10]. A futópálya és környezete tehát kiemelten fontos területét kell, hogy képezze a repülésbiztonsági fejlesztéseknek.

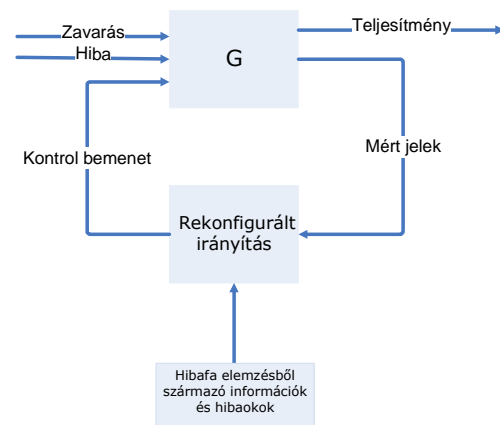
A cikkben egy olyan munkafolyamat szegmensét ismertetjük, amely munkában a polgári légiközlekedés futópálya-biztonságát elősegítendő, annak teljeskörű, integrált, prediktív, pre-online, járat-specifikus veszély- és kockázatbecslését kívánjuk megvalósítani. Ezzel azt a célt szolgálva, hogy a futópálya és környezete, mint biztonságkritikus rendszer, folyamatos, komplex monitorozás által, állandó veszély- és kockázatbecsléssel, folyamatosan az ALARP (olyan alacsony, amely ésszerűen megvalósítható) sávban mozogjon úgy, hogy a légiközlekedési eljárásrendet ennek érdekében a megfelelő beavatkozási pontokon és időpillanatokban befolyásoljuk [TAR09].

A működő modell bármely irányú kilengés esetén a megfelelő pontokon a megfelelő beavatkozást indikálja. A modell elvi felépítése az 1. ábrán látható.

A futópályán és környezetén jelen tárgyalásban egy olyan integrált rendszert értünk, amely újszerűen egy egységben kezeli és modellbe képezi a biztonságkritikus rendszer minden szereplőjét, elemét, azok kölcsönhatását, valamint a mindezeket potenciálisan befolyásoló és figyelembe vehető külső tényezőket. Így a légi járművel kapcsolatos airside műveletek, az azokat végzők és az alkalmazott eszközök is vizsgálat alá esnek a vonatkozó

meteorológiai, repülőtéri infrastrukturális sajátosságok figyelembe vétele mellett.

A folyamat alapú, járat-specifikus, integrált rendszer alapelve, hogy a teljes folyamatot a maga komplexitásában kezeli, amelynek középpontjában a vélhetően minden egyes esetben különböző sajátosságokkal rendelkező járat áll. [MEY09]



1. ábra: A veszély- és kockázatelemzés alapú eljárás-befolyásoló rendszer elvi felépítése

2. VESZÉLY- ÉS KOCKÁZATBECSLÉS

A megfelelően működő modell elengedhetetlen egysége a rendszerbiztonság numerikus definiálására szolgáló modul és a biztonságkritikus rendszer gyenge pontjainak, valamint azok rendszer-összefüggéseinek azonosítása és elemzése, amely adatokat egy, a biztonságkritikus rendszerek esetében használatos analízissel állítjuk elő. Az 1. ábrán látható modell „Hibafa elemzésből származó információk és hibaok” doboza ezt a folyamatot jelképezi.

Az elemzés eszköze a valószínűségi biztonságelemzés (PSA - Probabilistic Safety Analysis), amelyet a Risc Spectrum PSA Professional - Version 2.10.04 – FTA moduljának segítségével, hibafa elemzéssel végeztünk el. A numerikus eredmények és a logikai elemzések alapján kijelenthető, hogy a futópálya és környezetének kalkulált

biztonsági szintje az ismertett paraméterekkel felépített hibafa alapján a nagybiztonságú rendszerek osztályozásának megfelelő kategóriákhoz illesztve a legmagasabb biztonságintegritási osztályba sorolható [TAR09].

Az elemi események és azok paramétereinek fontossági elemzése alapján megállapítottuk, hogy a futópálya-baleset bekövetkezési valószínűségét befolyásoló tényezők közül az emberi hibás cselekvés abszolút szignifikáns.

Az elemi események fontossági elemzése és a minimális vágatok kiértékelése alapján továbbá látható, hogy az emberi cselekvések közül kiemelkedő a légijármű parancsnok hibarelevanciája. Az elsőtiszt, ramp officer (járatkiszolgálási felügyelő) és a forgalmi kiszolgáló eszközök vezetőinek hibajelentősége megközelíti a légijármű parancsnokának hibarelevanciáját.

Alsóbbrendűek, de továbbra is kiemelt jelentőségűek a repülőtér folyamataiban azok a hibák, ahol az emberi cselekvés tetten érhető. Ez utóbbi eredmények alapján kijelenthető, hogy az indirekt vagy látens hibák különösen kiemelt jelentőségűek, hiszen a repülőtéri környezetben általánosan is, de a járatelőkészítés során különös tekintettel számos emberi beavatkozás történik, majd a légijármű fékoldásától számítva a repülőtéri mozgások koordinálása, elvégzése is az emberi döntés-beavatkozással realizálódik.

A légiforgalmi irányítás emberi hibájának befolyását megelőzi a légiforgalmi irányítás döntését segítő eszközök meghibásodása: többek mellett az A-SMGCS (Földfelszíni Mozgások Ellenőrző és Irányító Fejlesztett Rendszere) hiba, a MATIAS (Automatizált Légiforgalmi Irányítási Rendszer) rendszerhiba.

A repülőtéri infrastruktúra meghibásodásának jelentősége – mint például a PAPI (Precíziós Megközelítési Pályajelző) meghibásodása – szintén domináns. Megközelíti ugyanis a légijármű vezetőinek hibás döntésének jelentőségét.

A futópálya-baleset valószínűségét befolyásoló tényezők közül az emberi döntést segítő eszközök – beleértve a repülőtér infrastruktúráját és annak állapotát is – szignifikáns.

A futópálya-baleset bekövetkezési valószínűségét befolyásoló tényezők alapján a légijármű meghibásodása

kisebb jelentőségű, mint a légijármű vezetőinek vagy a légiforgalmi irányításnak döntését segítő eszközök meghibásodása. [MEY10a]

3. A BEAVATKOZÁSI PONTOK KIVÁLASZTÁSA

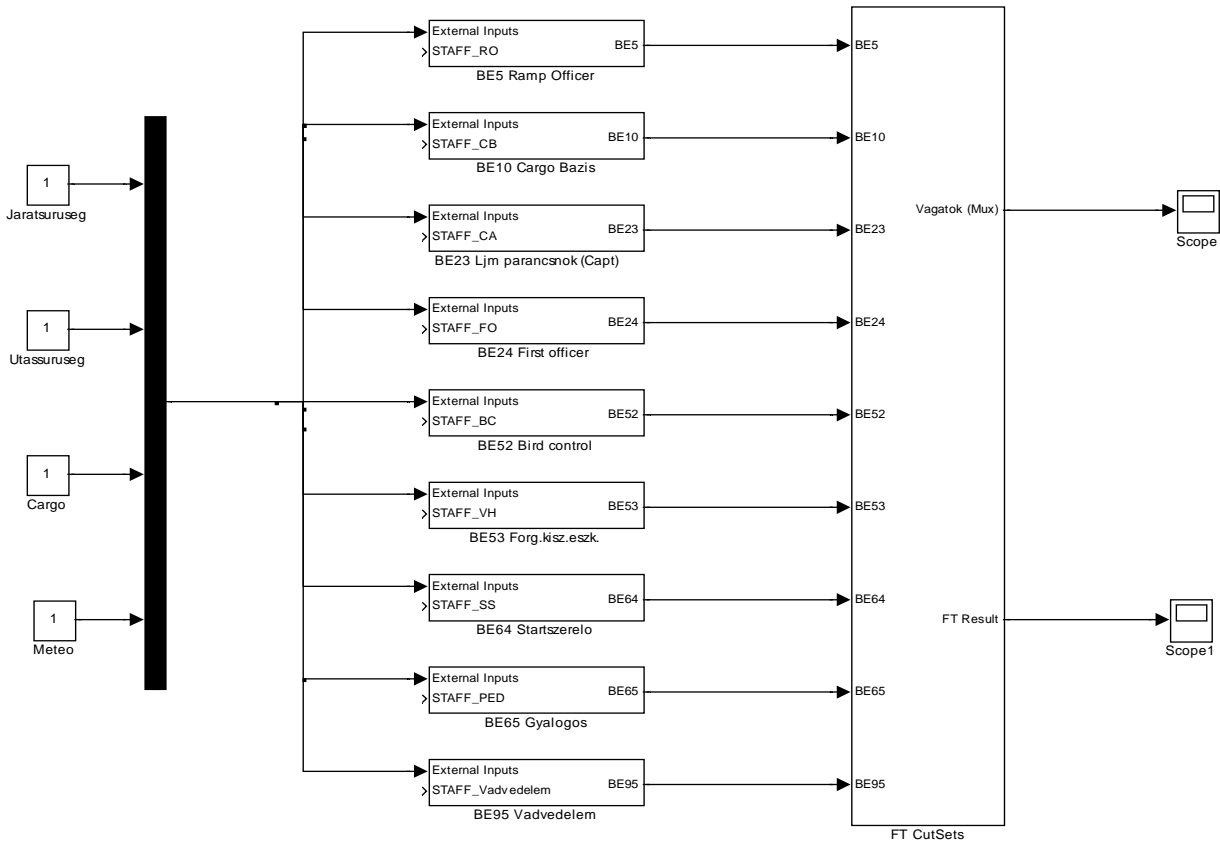
A hibafa elemzést a hibafa szcenárió analízisével folytattuk, annak érdekében, hogy a domináns elemi események relevanciáját megállapítsuk, valamint a biztonságkritikus rendszer viselkedését vizsgálhassuk. Az elsőrendű domináns elemi események a rendszer beavatkozási pontjait képezik.

A hibafa elemzés és a szcenárió-analízisek alapján a műszaki karakterisztikai változtatások szcenáriócsoport eredményeit tekintettük mérvadónak. Ezen belül 12 szcenárió vizsgálatát végeztük el. Az egyes szcenáriókban a biztonságkritikus rendszer hibafa elemzéséből kapott gyenge pontjait gyengítettük tovább, jellemzően elemi eseményenként két nagyságrendű gyengítést alkalmazva, továbbá különböző kombinációcsoportokban vizsgáltuk ezek együttes fellépését is. A 12 szcenárió analízise összesen 20 különböző domináns minimális vágatot eredményezett. A kívánt biztonsági szint megtartása a fenti szcenáriókban nagyságrendileg teljesül. Az egyes szcenáriók analízisének kiértékelésével látható, hogy a hibafa már egy-egy elemi esemény bekövetkezési valószínűségének növelése esetén is rendszerszintű deformitást szenved, hiszen a minimális vágatok elemi eseménykombinációinak láncolatában fellelhető elemkészlet eltér az alap hibafa elemzésekor felállított eseménykombinációk elemkészletétől. Mindemellett kijelenthető, hogy a szcenárió analízis során kapott minimális vágatok elemkészletében az alap hibafa elemi eseményei rendre megjelennek, ami a domináns elemi események jelentőségét tovább erősíti, egyúttal igazolja azokat. [MEY10b]

Következtetéseink alapján hoztuk létre az eljárás-befolyásolás modelljét.

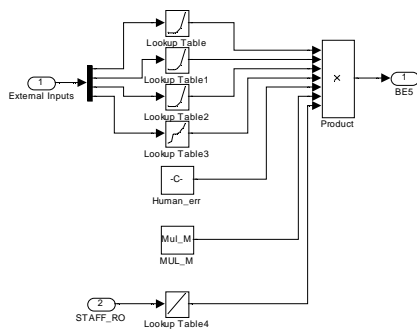
4. ELJÁRÁS-BEFOLYÁSOLÁS

Az eljárás-befolyásolás modellje, amely az 1. ábrán látható modell „Rekonfigurált irányítás” részegységének feleltethető meg, a 2. ábrán látható.



2. ábra A rekonfigurált irányítás kockázatszámítást végző és kijelző modulja

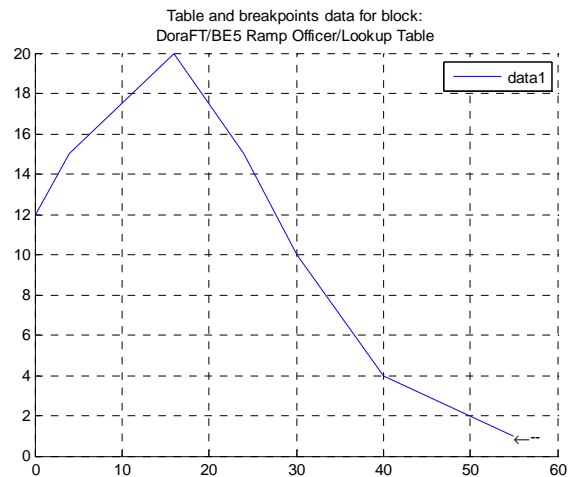
A modell MATLAB R2006a programmal készült. Balról jobbra haladva a következőkben olvasható jelentéssel értelmezzük. A rendszert normál üzemben közvetlenül befolyásoló releváns járatteherlési tényezőket négy csoportba foglaltuk: járatsűrűség, utassűrűség, cargo, meteorológia. A járatspecifikum részeként a négy járatteherlési tényező változtatható paraméterekkel rendelkezik, azaz különböző terhelés mellett különböző paraméterértéket rendelünk hozzájuk. Továbbhaladva, a modell a domináns elemi események parametrizált egységeit tartalmazza.



3. ábra Ramp officer modul

A 3. ábrán, a ramp officer egység látható. Ebben az emberi tényező karakterisztikája a 4. ábrának megfelelően

jelenik meg, amelyet az emberi teljesítőképesség stressz hatására összefüggésből képeztünk le [IZSO08]. Humán faktor esetén általánosan a 4. ábrán látható karakterisztikát alkalmazzuk, ahol az emberi teljesítőképesség jelenik meg a terhelés, stressz-szint függvényében.

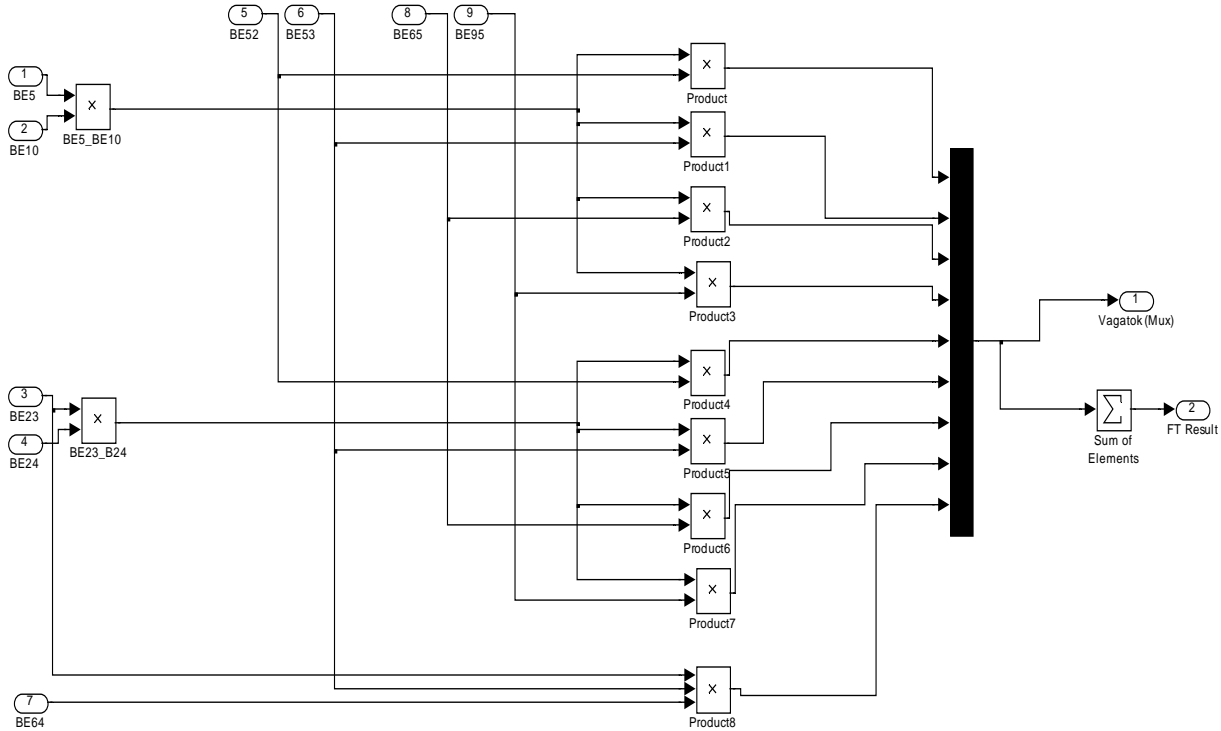


4. ábra Az emberi teljesítőképesség a stressz – szint függvényében

A 2. ábra következő egysége, a hibafa minimális vágatait végigszámoló egysége, kibontva az 5. ábrán látható, végül pedig a kijelzőket szimbolizáló egységek jelennek meg a 2. ábrán. A modell kalibrálása folyamatban van, így a

szimulációt demonstráló kijelzők jelenleg inaktívak. Működésük esetén az egyik kijelzőn az ALARP sávot mutatja, illetve a kalkulált esemény-bekövetkezési valószínűségi értéket. A másik kijelző pedig azokat a minimális vágatokat, illetve ezáltal azokat a pontokat – elemi

eseményeket – jelöli meg, ahol a kívánt biztonsági szint elérése érdekében beavatkozás szükséges. Bármely paraméterérték megváltozása esetén újraszámítást végez a rendszer.



5. ábra Hibafa-elemző modul

A teljes modellben (1. ábra) látható, hogy abnormális üzem esetén az abnormalitások (hiba vagy zavarás) figyelembe vétele is megtörténik. Ezek például olyan fizikai kondíciók megváltozásai, mint egy lezárt gurulóút, vagy bármely más zavaró tényező.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A működő modell alkalmas lesz olyan szimulációk elvégzésére, amelyeknél látható lesz az éles üzem. A modell akkor engedélyezi adott fázisban a légiközlekedési cselekmény lefolytatását, ha a rendszer aktuális biztonsági szintje az ALARP sávban mozog, egy előre definiált időablakot, illetve cselekményhalmazt figyelembe véve, ciklikus újraértékelést végezve. Az ALARP sávon kívül eső területek vonatkozásában az előre láthatóan kiugró érték irányultságától függően vagy a folyamatban érintett rendszerszegmens megbízhatóságának enyhítését, vagy annak megszigorítását irányozza elő. Annak teljesülése esetén újraértékelést végez.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunka egyes területeinek kidolgozásában nagymértékű segítséget nyújtott *Dr. Bécsi Tamás (Ph. D.)*, a BME Közlekedésautomatikai Tanszékének adjunktusa, amiért hálás köszönetünket fejezzük ki felé.

FORRÁSJEGYZÉK

[EUC]	http://www.eurocontrol.int/
[IZSO08]	http://www.erg.bme.hu/
[MEY09]	Meyer D., Tarnai G.,: Integrált, dinamikus, járatspecifikus veszély- és kockázatelemzés koncepciója a polgári légiközlekedésben, Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia, Budapest, 2009. szeptember 3-5.
[MEY10a]	Meyer D., Tarnai G.,: Futópálya-baleset hibafa elemzése a polgári légiközlekedésben, Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia, Budapest, 2010. szeptember 2-4.
[MEY10b]	Meyer D., Tarnai G.,: Integrált, prediktív, pre-online futópálya-biztonsági modell alapjai - FTA szcenárió-analízis -, XVII. Magyar Repüléstudományi Napok, Budapest, 2010. november 11 – 12.

[MUD09]	Mudra I.: A futópálya-biztonság, runway safety, jegyzet, Hungarocontrol Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt., Repülésoktatási és Dokumentációs Osztály Budapest, 2009
[SES]	http://ec.europa.eu/transport/air/sesar/
[SMM]	ICAO Doc 9859, Safety Management Manual (SMM)
[TAR09]	Tarnai G.: Közlekedési automatika előadási vázlat 2009; http://www.kka.bme.hu