

Kling Fanni, Papp Gábor, Rohács Dániel

## SZIMULÁCIÓS KÉPESSÉGEK A HUNGAROCNTROL-BAN

*Jelen cikk célja a HungaroControl – Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. szimulációs képességeinek részletes bemutatása. A légiforgalmi irányításban a szimuláció nélkülözhetetlen eszköz, egyrészt a képzések, másrészt az új koncepciók és rendszerek verifikációja és validációja miatt. A tanulmány egy rövid bevezetőt követően csoportosítja és kifejti az alapvető szimulációs eljárásokat. Az eljárásoknak megfelelő szimulációs infrastruktúra és módszertan ezután bemutatásra kerül, kiemelt hangsúlyt fektetve a szimulációs projektek általános életciklusára és a szakemberek feladataira egy sikeres szimuláció végrehajtásához. Végül a cikk betekintést nyújt konkrét szimulációs projektekbe, amelyek fókuszában új koncepciók validálása illetve az azokra való felkészítés álltak.*

*Kulcsszavak: Validáció, Valós idejű szimuláció, Gyorsított idejű szimuláció, Légiforgalmi irányítás, Szimulátor*

### BEVEZETÉS

A légiforgalmi irányításban a szimuláció Hopkins szerint nélkülözhetetlen eszköz [1], egyrészt a képzések, másrészt az új koncepciók verifikációja és validációja miatt. A szimulátorokat a legtöbb szolgáltató az új légiforgalmi irányító hallgatók gyakorlati képzésére használja, továbbá a szakaszolgalmi engedéllyel rendelkező irányítók felfrissítő, illetve kényszerhelyzeti szimulációira alkalmazza. Ehhez a felhasználási területhez nem feltétlenül szükséges nagy platform, ugyanakkor egyes központok kimondottan validációs szimulációra specifikálódtak, amelyben új koncepciókat, eljárásokat tudnak tesztelni [2].

A fent említett szimulációs eszközön végrehajtott valós-idejű szimuláció ugyanakkor Hopkins szerint amellet, hogy nélkülözhetetlen, túlhasznált módszer [1]. Leginkább azért, mert olyan célokra is alkalmazzák, amelyekre nem megfelelő, és léteznek egyéb, az adott célra jobban használható eszközök [3]. A különféle felhasználási terület miatt még az iparágban otthonosan mozgó szakemberek számára sem feltétlenül átlátható, hogy egyes problémákra milyen típusú szimulációs eljárás a legmegfelelőbb a megbízható eredmények, valamint a szimuláció igényeinek (pl. szimuláció időtartama, kidolgozottsága, költség- és humán erőforrás vonzata) kielégítése érdekében.

A jelen cikk célja a különböző szimulációs lehetőségek bemutatása, kifejezetten a HungaroControl – Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. szimulációs képességeinek részletes bemutatásán keresztül. Az átláthatóság érdekében a cikk számos hazai és nemzetközi projekt példáján keresztül taglalja a lehetőségeket.

### ALAPVETŐ SZIMULÁCIÓS ELJÁRÁSOK

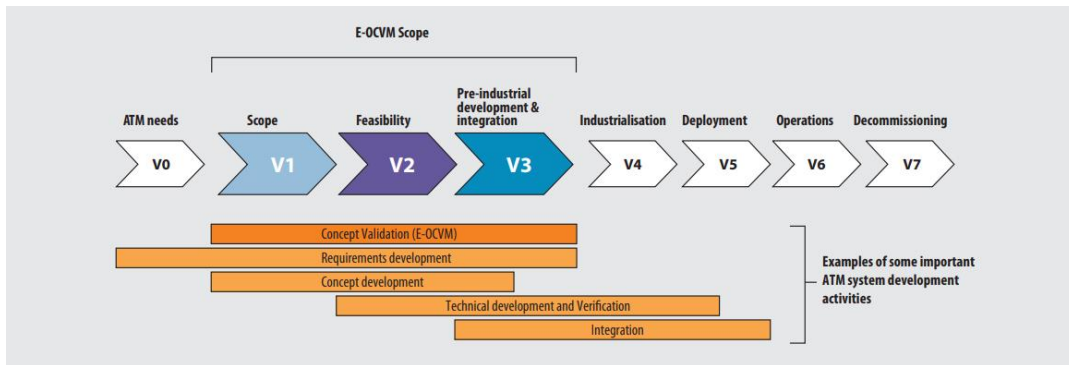
A szimulációs módszerek többféleképpen csoportosíthatók, amelyek közül az első legfontosabb és legkézenfekvőbb különbség a szimuláció sebessége, valamint az emberi interakció megléte. Ennek alapján elkülöníthető gyorsított idejű és valós idejű, humán operátor bevonásával alkalmazott szimuláció.

A gyorsított idejű szimulációk (un. Fast-Time Simulation: FTS) általában a valós idejű szimulációk előfutárai, ugyanakkor használhatóak teljesen önállóan is. Ebben az eljárásban gyorsított szimulációs idő, alacsonyabb kidolgozottság és részletesség alkalmazásával, valamint végfelhasználó (pl. légiforgalmi irányító) bevonásának mellőzésével történik szimuláció. Az eljárás lényege miatt legfontosabb előnyük, hogy viszonylag alacsony költséggel nagyszámú szcenárió futtatható le. Az adatok azonnal vizualizálhatók, a paraméterek az eredményeknek megfelelően módosíthatók. Az eredmények kiértékelése után kiválasztásra kerülhetnek a legkedvezőbbek, melyek végül jellemzően részletesebb, és valós szimulációs időben un. valós idejű szimulációs környezetben lehet tovább analizálni.

A valós idejű szimulációk (Real-Time Simulation, RTS) lényege, hogy valós szimulációs időben, részletesen, akár a valóságot teljes mértékben reprezentáló irányítói felülettel, és a légiforgalmat valós karakterisztikákkal (pl. pilóta-légiforgalmi irányító párbeszéd, légi jármű repülési jellemzők) szimulálva, légiforgalmi irányító és pilóta bevonása mellett vizsgálható és validálható egy-egy új koncepció [4] [5] [6] [7] [8]. A szimulációkban kritikus szempont a realizitáskusság, ezért érdemes hangsúlyt fektetni a légiforgalmi irányító munkahelyének bizonyos szintű replikálására [1]. Ebben segíthet az irányítói felület (Human Machine Interface- HMI) és a hangkommunikációs rendszer felületének lemásolása és integrálása a szimulátorba. A platform méretétől függően akár 20-30 légiforgalmi irányító egyszerre történő munkavégzése is vizsgálható [1]. A hangkommunikációnak köszönhetően az irányítók egymással és az álpilótákkal is interakcióban állhatnak. Az álpilóták tökéletesen ismerik a légiforgalmi szaknyelvet, az eljárásokat és a pilóta HMI felületet, így még életszerűbbé válhat a szimuláció. Míg a teljes szimuláció hossza projektől függően pár naptól 2 hétig is tarthat, addig egy-egy szimulációs gyakorlat általában 1-2 óráig tart, majd rövid szünet után folytatódik.

A szimuláció alatt objektív és szubjektív adatok is mérhetők, szakértők megfigyeléseket végezhetnek, majd csoportos interjúkat vehetnek fel, amelyek aztán kiértékelésre kerülnek, és a projekt céljától függően kerülnek dokumentálásra, bemutatásra. Egy új fejlesztés, eljárás vagy légtér módosítás tesztelése mellett ugyanakkor a platform alkalmas lehet irányítók kiválasztására és képzésére is, amelynek ütemterve hasonló logika mentén épül fel, ugyanakkor az adott szimulátor platform nem feltétlenül engedi meg a módosítható irányítói munkahelyeket.

Az emberi interakciótól eltekintve további fontos szempont, hogy a szimuláció milyen érettségű projekt teszteléséhez szükséges. A(z) European Operational Concept Validation Methodology (E-OCVM [9]) különböző érettségi fázisokat definiál a projekt életciklusára nézve (lásd 1. ábra); kezdve a koncepció kezdeti megfogalmazásától (V1 szint) a fejlesztés megvalósíthatósági tesztelésén át (V2) a pre-indusztriális fejlesztésig és integrációig (V3). Míg a korábbi V fázisoknál érdemes lehet FTS felhasználásával koncepciót validálni a költséghatékonysága miatt, addig egy nagy volumenű RTS komoly előnyt nyújthat bevezetéshez közeli érettségi fázisnál, ahol irányítók bevonásával tesztelhető a koncepció emberi tényezőkre és biztonságra vetett hatása. Ugyanakkor érdemes hangsúlyozni, hogy a kisméretű, irányítók bevonásával felvett („human in-the-loop”) szimulációk V fázistól függetlenül is felbecsülhetetlen előnyt jelentenek, hiszen már a fejlesztés elején hasznos visszajelzések nyerhetők a felhasználói felület és működési módszer adekvátságával kapcsolatban.



1. ábra Projekt életciklusainak V fázisai [9]

## SZIMULÁCIÓS INFRASTRUKTÚRA A HUNGAROCONTROL – MAGYAR LÉGIFORGALMI SZOLGÁLAT ZRT. VÁLLALATNÁL

A fent említett szimulációs módszerek mindegyike kiemelt jelentőségű a HungaroControlnál. A szimulációs infrastruktúra gyorsított- és valós idejű szimulációs lehetőséget nyújt mind külsős megrendelők mind a HungaroControl belsős fejlesztéseivel és képzéseivel foglalkozó szakértői számára.

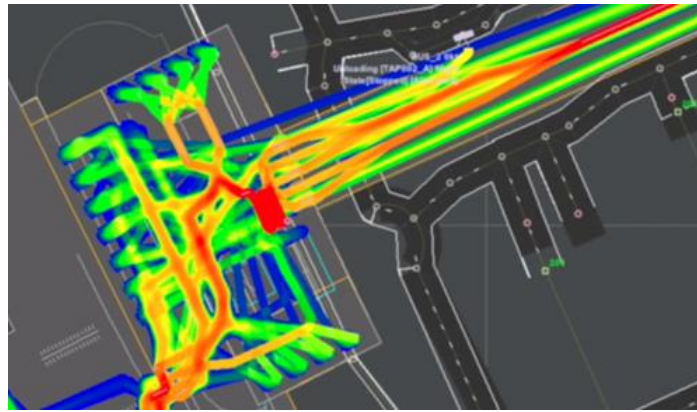
### Gyorsított idejű szimulációk

FTS segítségével egy új koncepció vagy helyzet (pl. vulkáni hamufelhő kerülése [10], korlátozott légterek [11], pilóta nélküli légi járművek [12], optimalizált szektorizáció [13], érkezési eljárások [14] és földi mozgások [15]) kapacitásra [16], hatékonyságra, környezetre, biztonságra és munkaterhelésre való hatása vizsgálható. Különböző szoftverek állnak rendelkezésre, amelyek között lényegi különbségek vannak akár a beépített algoritmusok típusaiban, akár modulok kezelésében és a grafikus felhasználófelületben is [17]. A HungaroControl által használt AirTop szoftver alkalmas távolkörzet, közeli körzet és toronykörnyezet szimulálásra is, nagymértékű flexibilitást biztosítva a módosítások hatásának tesztelésére [18].

Egy szimulációs projekt – akár FTS akár RTS – mindig igényfelméréssel kezdődik, amely során a célkitűzések definiálásra kerülnek. A célkitűzések az E-OCVM módszertant követve konkrét, mérhető hipotézisek formájában lebontásra kerülnek. A hipotézisek teszteléséhez a környezetre vonatkozó adatok (légtér, terminál, forgalom) bevitelét komoly ATM tudással rendelkező szakértők végzik. A munkafolyamat a szimuláció tárgyát képező szimulációs környezet és forgalom komplexitásától, az adatok elérhetőségétől és minőségétől függően akár 1,5–2 hónapig is eltarthat.

Az elemzés szempontjából szükséges mérések a szoftverbe már a szimuláció előtt beépítésre kerülnek, így a szimuláció futtatása alatt a paraméterek kiszámolásra kerülnek, majd exportálhatók statisztikai elemző szoftverekbe további feldolgozásra. Egyes mérések a szimuláció lefutása után azonnal vizualizálhatók (lásd 2. ábra).

Az adatok elemzése a projekt összetettségétől függően 3–4 hetet vesz igénybe. A kielemezett adatok eredményei és értelmezése a jelentésben kerül dokumentációra. Egy kizárólag Fast-Time szimulációra épülő jelentés elkészítése az elemzésen túl további 2 hétig tart, amelyet a szimulációs adatelemző végez.



2. ábra Az AirTOP gyorsított idejű szimuláció által generált hő térkép az utasmozgásról a terminálon belül [18]

### Valós idejű szimulációk

A különböző ATC környezet szimulálása érdekében, a HungaroControl több valós-idejű szimulációs platformot is üzemeltet, melyek a következő 4 alfejezetben kerülnek részletes bemutatásra.

#### CRDS

A CRDS (Centre of Research, Development and Simulation) 2011-ben került a HungaroControl tulajdonába, előtte az EUROCONTROL magyarországi ATC szimulációs központja volt, szintén CRDS névvel, de más jelentéssel (CEATS Research, Development and Simulation). Jelenleg a HungaroControl székházában, a tudásközpontban található, mintegy 360 m<sup>2</sup>-en (lásd 3. ábra).

A nagy kapacitású, valós idejű szimulátor egyaránt alkalmas távolkörzet (Area Control Centre - ACC) és közeli körzet (Approach Control Centre - APP) környezet szimulációjára. A CRDS platform 34 irányítói pozícióból (CWP – Controller Working Position) és 27 álpilóta munkahelyből (PWP – Pilot Working Position) áll. A két tevékenység különálló helyiségben zajlik, így biztosítva a zavartalan szimulációt.

Az irányítói pultok (konzolok) fizikai kialakítása hasonló a valós irányító központban használtakhoz: a főképernyő egy 2K×2K-s (2048×2048 felbontású) légiforgalmi irányítói kijelző, melyet egy másodlagos monitor egészít ki. A pultba integrált nagyméretű érintőképernyő a kommunikációs rendszer kezelőfelülete, melyhez PTT (Push-To-Talk) nyomógombok és pedálok, headsetek, kézibeszélő egységek csatlakoznak. A konzolok és hardverek is újak: 2016 januárjában fejeződött be a teljes platform felújítása. Minden egyes irányítói és álpilóta pozíciót 1–1 számítógép szolgál ki. A szimulátor szoftvere az EUROCONTROL által is használt ESCAPE platform [2]. A rendszer minden komponense Linux alapú operációs rendszeren működik.

Egy adott RTS projekt munkafolyamata jól elkülöníthető részekre oszlik, amelyek részben átfednek az FTS folyamattal, ugyanakkor ki is bővítik azt. A szimuláció megtervezésében, lebonyolításában és elemzésében a különböző szakterületek képviselői jelen vannak, ugyanakkor nem folyamatosan; néha átfedően, de gyakran egymást váltva.

Valós idejű szimulációt érintő validációs projekt során a CRDS szimulációs csapata humán faktor elemző közreműködésével dolgozik. A legfontosabb feladata a tesztelt koncepció emberi munkaterhelésre és helyzettudatosságra vonatkozó kihívásainak vizsgálata az E-OCVM módszertant követve. Már a szimuláció tervezésénél fontos szerepet játszik, mivel a megrendelővel

vagy a projektmenedzserrel közösen definiálják a célkitűzéseket és hipotéziseket, majd a legfontosabb változókat figyelembe véve alakítja ki a szimulációs elrendezést, felhasználva a kísérleti pszichológia módszereit. Az erre dedikált workshopon természetesen operatív igények is megfogalmazásra kerülhetnek.



3. ábra Valós-idejű szimulátor a HungaroControlnál. A platform 34 irányítói és 27 álpilóta munkahelyből áll, fejlett ATM eszközökkel, SYSCO (rendszerek közötti koordináció) and Data-Link környezettel felszerelve

A szimulációs adatok bevitelét az operatív, ATM tapasztalattal és tudással rendelkező munkatárs végzi. A szimulációs adatok előkészítő szoftvere szintén a(z) EUROCONTROL által került kifejlesztésre, melynek használata szigorú szabályok és konvenciók betartását igényli. A munkafolyamat a szimuláció tárgyát képező légtér és forgalom komplexitásától, az adatok elérhetőségétől és minőségétől függően akár 1,5–2 hónapig is eltarthat.

Az HMI testre szabása egy nagyon fontos elem a szimulációk felhasználói élményét és validálhatóságát illetően. A szimuláció valóságűségét egyértelműen fokozza, ha az irányítók a megszokott rendszerhez hasonló módon tudják kezelni a szimulátort. Az HMI fejlesztési folyamata is többlépcsős, szoftverfejlesztői és ATM ismeretekkel rendelkező szakértő felelőssége. A reprodukálható rendszer összetettségétől, a funkciók számától és megvalósíthatóságától függően egy teljesen új HMI leprogramozása 2-3 hónapot igényel.

Az irányítók és az álpilóták közötti kommunikációt a hangkommunikációs rendszer teszi lehetővé. A CRDS egy házon belül fejlesztett rendszert, a CAST nevű szoftvert használja. A szimuláció méretétől és egyéb paraméterektől függően egy új szimulációs konfiguráció elkészítése néhány nap, maximum 1-1,5 hét.

A platform előkészítése és a szimuláció telepítése konfigurációfüggő, de egy hét alatt általában megoldható. A szimuláció hossza attól függ, mennyire komplex környezetben hány scenario-t érdemes tesztelni a validációhoz, de általában 1,5–2 hétig tart a megfelelő adatmennyiség összegyűjtéséhez.

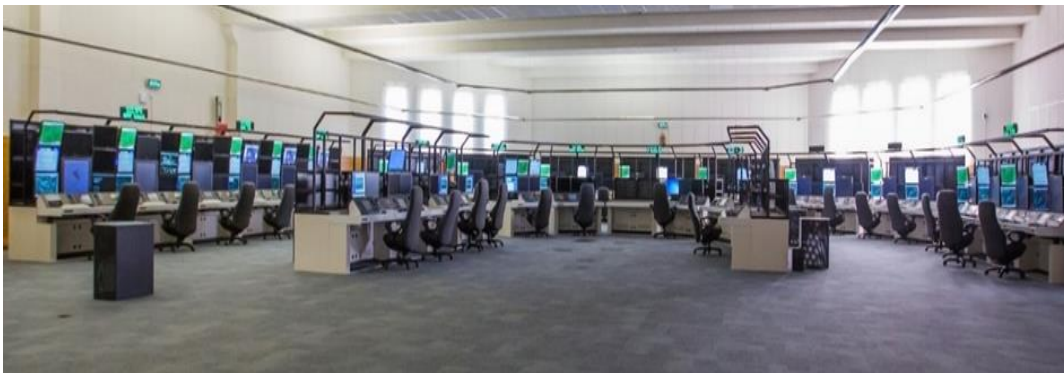
Utolsó lépésként a szimulációs adatok elemzése és a végső jelentés elkészítése történik. A projekt összetettsége hatással van erre a folyamatra is. Egy megfelelően igényes, részletes jelentés

elkészítése 2 hónapot vesz igénybe. Az adatok kiértékeléséért, dokumentációjáért és prezentációjáért a humán faktor elemző felel.

### *MATIAS-BEST*

A MATIAS-BEST szimulátor tulajdonképpen a valós irányítóközpont kényszerhelyzeti központja a HungaroControl tudásközpontjában. Az irányítópultok teljes mértékben, funkcionalitásban és felhasználásukban is megegyeznek az ANS III-ban található berendezésekkel. A rendszer négy teljesen elkülönített, de összességében mégis egy rendszert képező területből áll. Jelenleg 28 db CWP és 34 db PWP munkahely áll rendelkezésre. Egy időben párhuzamosan 8 db gyakorlat futtatható, ha van elég rendelkezésre álló irányító és álpilóta munkahely.

A szimulátor rendszer alkalmas a magyar légtérben szolgálatot teljesítő ACC, APP, MIL és FIC (Flight Information Centre) területek és a Kosovo légtér KFOR szimulációira. Az infrastruktúra három főbb célra alkalmas. Egyrészt, a kezdő légiforgalmi irányítók képzése zajlik a platformon, másrészt a szakszolgálati engedéllyel rendelkező magyar légiforgalmi irányítók kezdő, kényszerhelyzeti, felfrissítő, szezonális és kompetencia megtartó szimulátoros képzéseire is felhasználható. Végül a magyar légtérrel érintő változások, fejlesztések bevezetése kapcsán szükségessé váló szimulátoros validációk, képzések is ezen a platformon történnek. A leírásból is látszik, hogy a MATIAS-BEST platform az egyik leggyakrabban kihasznált szimulációs infrastruktúra a HungaroControlon belül.



4. ábra A MATIAS-BEST szimulációs infrastruktúra

A MATIAS-BEST több részből áll. A MATIAS Contingency rendszer a valós irányító rendszer éles backup-ja. A szimulációk során a rendszer úgy működik, mint egy éles irányító rendszer csak valós adatok helyett stimulált adatokkal hajtja meg a BEST rendszer. A BEST rendszer a MATIAS rendszert hajtja meg nem valós adatokkal, így lehetséges a szimulációs funkciók elérése. Ehhez a rendszerhez tartoznak az álpilóta munkahelyek, ahol a szimulált pilóta utasítások kerülnek végrehajtásra. A FREQUENTIS által fejlesztett hangkommunikációs rendszer teszi lehetővé az irányító- irányító és az irányító- álpilóták közötti kommunikációt. Legvégül a pilótatájékoztató rendszer teszi lehetővé, hogy az irányítók, pilóták, oktatók és a szimulátort használó személyzet naprakész információkat kapjanak a gyakorlatokról.

### *180°-os Toronyszimulátor*

A torony szimulátor 5 felső LCD projektorból álló, 180 fokos képi megjelenítéssel rendelkező, a valóságot látványilag és funkcionalitásában leképező szimulátor (lásd 5. ábra). A helyiségben 3 irányítói munkahely mellett 1 gyakorlatvezetői és 6 álpilóta munkahely áll rendelkezésre. A rendszerben minden, a magyar légtérben előforduló polgári és katonai légi jármű modellje, valamint földi kisegítő jármű megtalálható, teljes funkcionalitásában. A modellek szabadon módosíthatók, így lehetőség van új modellek és festések elkészítésére, valamint a már meglévő repülőtereken új épületek megrajzolására, modellezésére.



5. ábra A 180°-os torony szimulátor

A megfelelő munkatechnológia alkalmazásával lehetőség nyílik, polgári (Budapest, Sármellék, Debrecen) és katonai (Szolnok, Kecskemét, Pápa) irányítók kiképzésére és továbbképzésére is. A rendszer rendelkezik egy fiktív repülőterrel, aminek segítségével lehetőség nyílik alap irányítási feladatok gyakorlására is. A képzések során gyakorolhatók a vészhelyzetek (pl.: rádióhiba, beteg a fedélzeten, hajtómű- és futóműproblémák), speciális katonai és polgári feladatok, valamint lehetőség nyílik szakmai felfrissítő képzések megtartására is. A képzések folyamán bármilyen időjárási körülmény szimulálható (jég, szél, hó, eső) úgy, hogy az új körülmények hatással vannak mind a légi járművek, mind a repülőtér és környezete valós idejű tulajdonságaira. Az aktív toronyirányítók mindenkori képzésein túl a rendszer lehetőséget ad a Magyar Honvédség irányítói szakállományának felkészítésére, jártasságának fenntartására, illetve speciális repülésirányítói eljárások (pl. pilóta nélküli repülőgépek irányítása) gyakorlására.

A szimulátor a HungaroControl tulajdonában van, amely a Nemzeti Közszerződés keretében került elhelyezésre.

### *Cessna Cockpit Szimulátor*

A HungaroControl Zrt. rendelkezik Cessna C172-es repülőgép szimulátorral (lásd 6. ábra), amely a Tudásközpontban található. Ezt a szimulátort jelenleg kizárólag a kezdő légiforgalmi irányító képzésben használatos. A képzés során a leendő irányító kollegák képet kapnak arról, hogy a valóságban milyen hatással van a légi járművekre és azok személyzetére az irányítók által kiadott utasítás.

A rendszer a budapesti és a zürichi repülőtér teljes navigációs és 6 km-es körzetének vizuális elemeivel rendelkezik. Emellett európai repülőterekkel is fel van szerelve, de itt vizuális megjelenítés

nincs, csak a futópályák és gurulóutak helyzete és funkcionalitása felel meg a valóságnak. A képzések során gyakorolhatók a vészhelyzetek, polgári feladatok, valamint lehetőség nyílik szakmai felfrissítő képzések megtartására is. A képzések folyamán bármilyen időjárás körülmény szimulálható (jég, szél, hó, eső) úgy, hogy az új körülmények hatással vannak a légi járműre.



6. ábra A Cessna Cockpit szimulátor

## SZIMULÁCIÓS PROJEKTEK A HUNGAROCONTROLBAN

A szimulációs képességek hatékonyabb ismertetése érdekében, az alábbi fejezetek több szimulációs példán keresztül taglalják a különböző szimulációs kompetenciákat, képességeket.

### **Controller-Pilot Data-Link Communications**

A Controller-Pilot Data-Link Communications (CPDLC) technológia a jelenlegi élőszavas párbeszéd mellett olvasható üzenetek formájában történő adatcserét is alkalmaz a pilóták és a légiforgalmi irányítók között [19]. A fejlesztés célja a növekvő légi forgalom miatt egyre telítettebb rádiófrekvenciák használatának optimalizálásával a repülésbiztonság javítása és a légi navigáció kapacitásának növelése. Ugyanakkor a CPDLC repülésbiztonságra, emberi tényezőkre [20] és légtérkapacitásra gyakorolt hatásának megértésében a valós-idejű szimuláció hasznos módszer [19].

Így a CRDS-ben két szimuláció is zajlott a CPDLC témakörében. A DANUBE Functional Airspace Block (FAB) országainak – Románia és Bulgária – léginnavigációs szolgáltatói validációs szimuláción vettek részt 2014-ben, amelynek eredményei bizonyították, hogy a CPDLC technológia használata csökkenti a frekvencia terheltséget. A szimuláció azért is különleges volt, mert a román és bolgár szolgáltató irányító rendszere (HMI) is le lett másolva a szimuláció valóság-hűségének érdekében. A másik szimuláció a magyar CPDLC bevezetésének tesztelésére és az irányítók felkészítésére szolgált 2015-ben, amelyben a humánfaktor vizsgálat szintén kiemelt szerepet kapott.

### **Performance Based Navigation**

A BUD 2.0 keretein belül a HungaroControl új megközelítései és érkezési eljárásokat dolgozott ki. A változtatás célja az volt, hogy lehetővé váljon a „Performance Based Navigation (PBN) alapú eljárások alkalmazása, ezen felül olyan T-Bar alapú megközelítések kialakítása, melyek hatására minden megközelítési formára vonatkozóan tovább javul az egységes nyomvonalhasználat” [21].

Ennek megfelelően, a BUD 2.0 program első munkacsomagjában a budapesti közeli légter szimulálásával a folyamatos süllyedést támogató T-bar alapú megközelítések hatása került



tesztelésre 2015-ben. Bár a szimuláció csupán 3 napig tartott, az eredmények fontos konfliktuspontokat tártak fel, amik a további biztonsági elemzésekhez jelentettek hozzáadott értéket.

### **Free Route Airspace**

A Free Route Airspace (FRA) lényege, hogy az adott légtérben a ki és belépőpontok között a repülőgépek a lehető legrövidebb egyeneseken közlekedhetnek, szükségtelen töréspontok beiktatása nélkül [22]. Ebben a légtérben a légiforgalmi irányítók irányítása alatt állnak a repülőgépek. A FRA koncepció szignifikáns hatékonyságot, továbbá útvonal-választási flexibilitást biztosít a légtérhasználóknak.

Három jelentős szabad légtér szimuláció zajlott a CRDS-ben: a HUFRA, SEAFRA és a FAB CE Free Route Airspace Study. Az utóbbi két projekt is mutatja, hogy a Free Route Airspace koncepció az utóbbi években túlmutat az ANSP szintű implementáláson, és ANSP-ken átívelő, ú.n. Crossborder FRA-t látunk bevezetni több helyen (SEEN FRA, SEAFRA, SAXFRA, SE-CSI). A Single European Sky (SES) célkitűzéseinek és a légtér használok preferenciájának megfelelően igény van minél nagyobb légterek összekapcsolására, egy egységes szabad légtér koncepció kialakításához.

Ilyen nagy légtereket érintő szimulációhoz ajánlott először FTS alkalmazása, amely a konfliktuspontokra, szűk keresztmetszetekre hatékonyan rávilágít. Különböző szektorizációra, forgalom vizsgálatára nyújt lehetőséget, továbbá katonai légterek szimulálására is alkalmas. Ezáltal olyan teljesítménymutatók vizsgálhatók, mint a hatékonyság, kapacitás, vagy a (mesterséges) irányítói munkaterhelés.

Valós idejű szimulációval (RTS) további információ nyerhető az eljárás, irányítói segédeszközök, légtér adekvátságáról; a konfliktuspontok áthelyeződéséről és a koncepciónak az emberi tényezőkre való hatásáról (munkaterhelés, helyzetudatosság). Amennyiben határokon átívelő szabad légtér kerül szimulálásra, egyszerre több ANSP irányítói dolgozhatnak együtt, így minden érintett fél véleménye megismerhető.

A fent említett FAB CE Free Route Airspace Study projektben összesen 7 európai ország (Ausztria, Szlovénia, Csehország, Bosznia-Hercegovina, Szlovákia, Horvátország és Magyarország) ATM központjai (Austro Control, Slovenia Control, ANS CR, BHANSA, LPS SR, CCL, HungaroControl) vettek részt. A CRDS csapata a projekt folyamán fejlesztett CONOPS-ot (Concept of Operations) validálta. A validációhoz gyorsított idejű és valós idejű szimuláció került alkalmazásra 2016-ban. A gyorsított idejű szimuláció célja egyrészt a megfelelő RTS környezet meghatározása volt (szektorizáció, forgalom), másrészt a környezet alapján a teljesítménymutatók (horizontális és vertikális hatékonyság) kiszámítása. Az RTS célja a Crossborder FRA koncepció emberi tényezőkre és biztonságra való hatását vizsgálta, aminek során az egyik kondícióban specifikus Cross-border FRA eljárások kerültek tesztelésre (FIR határok menti felelősségre vonatkoztatva). További kondícióban egy magasabb forgalom került lejátsszásra, amely kapacitáselemzésre szolgált, továbbá rávilágított arra, hogyan változhat meg az irányítói pár (végrehajtó és tervező irányító) közötti munkaterhelés egyensúlya.

Egy másik Cross-border FRA projekt szintén a CRDS szimulátor platformján került validálásra 2016 elején. A SEAFRA (South-East Axis Free Route Airspace) célja a 2016 decemberében bevezetésre került határokon átívelő szabad légtér koncepció potenciális következményeinek

tesztelése volt, továbbá annak fejlesztése az eredmények tükrében. Hasonlóan a FAB CE célkitűzéséhez, az ATM szakértőkkel együtt az irányítók különböző eljárásokat próbáltak ki a hárk közelében jelentkező lehetséges konfliktusok megoldására, továbbá speciális forgalommal megvizsgálták a szektorokon belül csak kevés időt töltő vagy ismételten belépő gépek irányítói munkaterhelésre és helyzet tudatosságra való hatását is. Ezen felül kiemelt hangsúlyt kapott a szektor konfiguráció adekvátságának a vizsgálata és azon konfliktuspontok azonosítása, amelyek nehézséget okozhatnak az irányító munkájában az új eljárás során.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk részletesen bemutatta a HungaroControl szimulációs képességeit annak érdekében, hogy az ATM területen dolgozó szakemberek, illetve a légiforgalmi irányítás felől érdeklődő szakértők pontosabb képet kaphassanak arról, hogyan integrálható a szimulációs módszertan képzésekbe, kutatás-fejlesztési és innovációs projektekbe.

A szimulációs módszertan több különböző platformot és szakértelmet foglal magában. A HungaroControl szimulációs infrastruktúrája lefedi a legkülönbözőbb szimulációs igényeket, az irányítói (tovább) képzéstől egészen új eljárások teszteléséig. Mindez lehetőséget biztosít arra, hogy a HungaroControl kiemelkedő nemzeti/nemzetközi szerepkört töltsön be a légiforgalmi irányításhoz kötődő kutatás-fejlesztési és innovációs tevékenységekben, miközben a biztonságos és gördülékeny napi munkavégzést biztosítja.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Hopkin, V. David: Human factors in air traffic control. CRC Press, 1995.
- [2] EUROCONTROL: Eurocontrol: Simulation and Validation- Why and How? url: [https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/article/files/simulations-and-validation-factsheet\\_2.pdf](https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/article/files/simulations-and-validation-factsheet_2.pdf)
- [3] Hopkin, VD, and AJ McClumpha: Real-time simulation: An indispensable but overused evaluation technique. AGARD Modeling and Simulation of Avionics Systems and Command, Control and Commun. 6 p (SEE N 80-19809 10-59) (1980).
- [4] Nanaí, Katalin: How safe is your change? Safety and validation workshop in Budapest. Aviation Psychology and Applied Human Factors 6.1 (2016): 46.
- [5] Kling, Fanni, et al: Integrating human factors in real-time simulations. Repüléstudományi Közlemények 2017. 3. szám
- [6] Madson, Michael D: Air traffic controllers and real-time simulation: a powerful combination. Journal of ATC Jan-Mar (2004): 24-27.
- [7] Herr, Stephan, Michael Teichmann, and Tim Gesekus: Development and Validation in Air Traffic Control by Means of Real-Time Simulations. Journal of Systemics 7.1 (2009): 77-84.
- [8] Hopkin, V. David: An appraisal of real-time simulation in air traffic control. Journal of Educational Technology Systems 7.1 (1978): 91-102.
- [9] EUROCONTROL: European Operational Concept Validation Methodology E-OCVM, 3rd Edition, February 2010
- [10] Luchkova, Tanja, Sven Kaltenhaeuser, and Frank Morlang: Air traffic impact analysis design for a suborbital point-to-point passenger transport concept." 3rd Annual Space Traffic Management Conference "Emerging Dynamics, (2016).
- [11] Kreuz, Michael, Tanja Luchkova, and Michael Schultz: Effect of restricted airspace on the atm system. WTCR Conference 2016 (2016).
- [12] Temme, Annette, and Stefanie Helm: Unmanned Freight Operations. Deutsche Gesellschaft für Luft-und Raumfahrt-Lilienthal-Oberth eV, 2016.

- [13] Volf, Premysl, and Milan Rollo: Airspace sectorization optimization using fast-time simulation of air traffic controller's workload. Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS), 2017. IEEE, 2017.
- [14] Krishnamurthy, Karthik, et al: Fast-time evaluations of airborne merging and spacing in terminal arrival operations. AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit. 2005.
- [15] Griffin, Katy, et al: Evaluating surface optimization techniques using a fast-time airport surface simulation. 10th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference. 2010.
- [16] Schinwald, Christoph, Kay O. Plötner, and Mirko Hornung: Using Airport Fast-Time Simulation Models to Increase the Quality of Airport Capacity Utilization Studies. AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference. 2016.
- [17] Inoue, Satoru and Mark A Brown: Modelling the Future Sky, url: [http://www.jsst.jp/e/JSST2013/extended\\_abstract/pdf/Paper%2018.pdf](http://www.jsst.jp/e/JSST2013/extended_abstract/pdf/Paper%2018.pdf)
- [18] Airtopsoft: Passengers Movements. e-doc, url: <http://airtopsoft.com/airside-aircraft-movements/terminal-passengers-movement/>
- [19] Prinzo, O. Veronika: Data-linked pilot reply time on controller workload and communication in a simulated terminal option. Federal aviation administration oklahoma city ok civil aeromedical inst, 2001.
- [20] Rehmann, Albert: Human factors recommendations for airborne controller-pilot data link communications (CPDLC) systems: a synthesis of research results and literature. No. DOT/FAA/CT-TN97/6. William J. Hughes Technical Center (US), 1997.
- [21] HungaroControl: A légi járművek folyamatos süllyedését elősegítő új érkezési eljárások bevezetése. Tájékoztató a helyi média számára. 2016 url: [http://www.ferencvaros.hu/doks/hirdetmenyek/hirdetm\\_160524\\_Hungarocontrol\\_M1.pdf](http://www.ferencvaros.hu/doks/hirdetmenyek/hirdetm_160524_Hungarocontrol_M1.pdf)
- [22] HungaroControl: Európában elsőként a HungaroControl vezeti be a szabad légtérhasználat leghatékonyabb verzióját. url: <http://www.hungarocontrol.hu/sajtoszoba/hirek/hungarian-free-route-airspace>

---

#### **SIMULATION CAPABILITIES AT HUNGAROCNTROL**

*The aim of this paper is to present HungaroControl's simulation capabilities. Simulation is a key assessment technique in air traffic control used for training programs and for the validation of new concepts. After a brief introduction the simulation techniques are grouped and described. Based on the technique the applicable simulation infrastructure and methodology are elaborated, with special attention to the project lifecycle and the subject matter experts involved. Finally, the paper outlines previous simulation projects that focused on (i) the validation of and (ii) the training on new concepts.*

**Keywords:** *Validation, Real-Time Simulation, Fast-Time Simulation, Air Traffic Control, Simulator*

---

Kling Fanni Szimulációs adatelemző HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. fanni.kling@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0001-7379-9069	Kling Fanni Data Scientist HungaroControl Hungarian Air Navigation Services fanni.kling@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0001-7379-9069
Papp Gábor Szimuláció és Validáció csoportvezető HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. gabor.papp@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-5676-9711	Papp Gábor Head of Simulation and Validation Unit HungaroControl Hungarian Air Navigation Services gabor.papp@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-5676-9711
Dr. Rohács Dániel, PhD Szakmai fejlesztési osztályvezető HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. daniel.rohacs@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-4629-4417	Rohács Dániel, PhD Head of Research, Development & Simulation Dept. HungaroControl Hungarian Air Navigation Services daniel.rohacs@hungarocontrol.hu orcid.org/0000-0002-4629-4417



[http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018\\_2/2018-2-16-0456\\_Kling\\_Fanni\\_et\\_al.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_2/2018-2-16-0456_Kling_Fanni_et_al.pdf)