

A légiforgalmi irányítói páros munkaterhelés-megoszlása és ennek befolyásolása automatizmusok bevezetésével

Pesti Dorottya Luca*, Számel Bence Domonkos*, Szabó Géza*

* Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
(e-mail: pesti.dorottya | szamel.bence | szabo.geza@mail.bme.hu)

Abstract: Cikkünk a távolkörzeti légiforgalmi irányítói páros tagjainak munkaterhelése közötti különbséget vizsgálja a munkaterhelési tényezők és azok különbségeinek vizsgálatával, valamint az e vizsgálat által feltárt munkaterhelési különbségek optimalizálását kívánja elősegíteni egy, a szűk keresztmetszetek feloldásávonatkozó megoldással. A szakirodalomban fellelhető munkaterhelési modellek és a korábbi kérdőíves felmérésünk eredményei azt mutatták, hogy a légiforgalmi irányításban a légtérkapacitás optimalizására használt szektorizációhoz szükséges szektorok közötti kommunikáció munkaterhelési szempontból kritikus, és így ez az a terület, ahol fejlesztéssel és automatizálással jelentős előnyök érhetőek el. Cikkünkben felvázoljuk egy olyan eszköz működési elvét, amely a folyamatok részbeni automatizációjának segítségével csökkenti a légiforgalmi irányítók munkaterhelését.

1. BEVEZETÉS

A légiközlekedés az egyik legdinamikusabban fejlődő iparág a közlekedésben. Kiemelkedően magas biztonsági szint, a legmodernebb technikák és technológiák jellemzik. Emellett fontos kiemelni, hogy bár a folyamatok az egyre magasabb szintű automatizálás felé mutatnak, a légiközlekedés továbbra is egy magasan humán központú terület. Célunk feltárni a jelenlegi légiforgalmi irányítói rendszer esetleges szűk keresztmetszeit humán tényezői oldalról, megvizsgálni, hogy melyek azok a területek, amelyeket automatizmussal támogatni érdemes és lehetséges.

Kutatásunk jelenlegi fázisának elsődleges kívánt kimenete meghatározni egy olyan részelemet az irányítás folyamatában, amely fejlesztésével lehetővé válik, hogy hosszú távon kielégíthessük az egyre növekvő igényeket a légiközlekedésben. Szeretnénk javaslatot tenni egy olyan eszköz fejlesztésére, amely automatizmusok alkalmazásával alkalmas arra, hogy csökkentse a légiforgalmi irányítók munkaterhelését, azt az optimális tartományban tartva. A jelenlegi trendek szerint ugyan a lehető legtöbb folyamat automatizálását kellene kitűzni célul, azonban a légiforgalmi irányítás ebből a szempontból (mostani ismereteink szerint) kivételt képez ez alól. Ez magyarázható többek között azokkal a feltevésekkel, amelyek alapvetően pszichológiai eredetűek, így például a kognitív képességekkel, az olyan humán tényezőkkel, amelyeket a technológia mai helyzete alapján igen bonyolult lenne algoritmizálni. Így azok a folyamatok kerülnek a légiforgalmi irányítás automatizálásának középpontjába, amelyek a mai munkatechnológia alapján humán erőforrás igényesek, azonban a lehető legmagasabb biztonsági szinten algoritmizálhatók. Tipikusan ilyen folyamatok lehetnek azok a tevékenységek, amelyek rutinszerű feladatnak minősülnek egy-egy szolgálat során. A légi járművek irányítása során

számos olyan szituáció, feladat fordul elő, amelyet a légiforgalmi irányítók rutin alapján végeznek, ismétlődő folyamatok, illetve olyan tevékenységek, amelyek lefoglalják a légiforgalmi irányító figyelmét, vagy akár fizikailag is terhelik.

A kutatás első fázisában végzett kérdőíves felmérésben olyan területeket érintettünk, amelyek lehetővé tették, hogy feltárjunk az eredmények alapján olyan tényezőket, folyamatokat, részfolyamatokat, amelyek alkalmasak lehetnek arra, hogy fejlesztés tekintetében az automatizálás legyen egy lehetséges megoldás. Ehhez a személyes kérdéseken felül vizsgáltuk azokat a tényezőket, amelyek korábbi kutatások alapján a légiforgalmi irányítók munkaterhelését befolyásolhatják, továbbá forgalmi szituációs, videókkal illusztrált kérdésekkel vizsgáltuk a lehetséges fejlesztendő területeket.

Cikkünk második fejezete áttekinti a légiforgalmi irányítók munkaterhelésével kapcsolatos kérdéseket; a harmadik fejezet röviden foglalkozik a légiforgalmi irányítás automatizálási kérdéseivel, majd a negyedik fejezetben részletesen tárgyaljuk a munkaterhelés optimalizálás érdekében javasolt irányítási automatizálási megoldásunkat. Cikkünk ötödik fejezetében kitekintésként röviden foglalkozunk a továbblépési lehetőségekkel, majd a hatodik fejezetben összefoglaljuk eddigi munkánkat.

2. A LÉGIFORGALMI IRÁNYÍTÓI MUNKATERHELÉS

2.1 Humán tényező szerepe az irányításban

Ahhoz, hogy meghatározzuk a humán tényező szerepét az irányítás folyamatában, fontos áttekinteni a légiforgalmi irányítók fő tevékenységeit.

A munkakörnyezet az úgynevezett munkaállomás, amelynél (távorköri légiforgalmi irányítás esetén) egy irányítópáros teljesít egy időben szolgálatot, a tervező irányító (továbbiakban PC, mint Planning Controller), illetve a radarirányító (továbbiakban EC, mint Executive Controller). A PC elsődleges feladata a konfliktuskutatás, illetve ezen lehetséges konfliktusokra való megoldások keresése, jelzése az EC felé. Fontos feladata ezen felül a szomszédos szektorokkal történő koordináció, amely azt a célt szolgálja, hogy minél hatékonyabban oldják fel a jövőben esetlegesen fellépő konfliktusokat. Az EC legfontosabb feladata az engedélyek, utasítások kiadása a légijárművek vezetői felé, az együttműködés a tervező irányítóval, illetve szintén feladatai közé tartozik a konfliktuskutatás, koordináció. A távorköri légiforgalmi irányításban is kiemelt feladat a légijárművek szektorból történő átadása, valamint a szektorba való belépéskor történő átvétele.

Tehát a légiforgalmi irányítás napjainkban egy magasan humán-központú tevékenység (Sándor, 2016). Ebből adódóan az emberi tényezők korlátai azok, amelyek meghatározzák az egyszerre kezelhető forgalom volumenét. Az emberi tényezők jelenlétével a légiközlekedési iparágban már számos tanulmány foglalkozott, illetve jelenleg is foglalkozik. A szűk keresztmetszet az irányítói tevékenység esetében maga az ember, így az egyszerre kezelhető forgalom nagysága is ennek függvénye. Azonban a forgalom évről évre nagymértékben növekszik, a folyamatok pedig abba az irányba mutatnak, hogy a jelenlegi struktúra nem fogja tudni kiszolgálni a keletkezett igényeket. A ma alkalmazott eljárás a szektorizáció, amely a teljes légteret egy irányítói páros által még biztonságosan kezelhető részekre bontja, és amely így éppen az emberi korlátokat hivatott összehangolni az aktuális forgalom nagyságával. A szektorizáció azonban nem terjeszthető ki egy bizonyos forgalmi volumenre túl, hiszen abban az esetben olyan kis légtér-szektorokra lenne szükség, hogy a szektorhatáron szükséges műveletek válnának dominánssá. Beavatkozásra, változtatásra van szükség, ha a légiközlekedési iparágban fenn akarjuk tartani a legfontosabbat, a jelenlegi biztonsági szintet. E problematikára a mai élenjáró technológiák által egy lehetséges megoldás a teljes vagy részleges automatizálás. Ehhez azonban fel kell mérnünk, hogy a légiforgalmi irányítás mint tevékenység, alkalmas-e az automatizálás magas szintre emelésére, tehát sorra kell vennünk azokat a fő tulajdonságokat mind humán, mind gépi oldalról, amelyek befolyásolhatják egy irányítási folyamat minőségét.

Elsőként azokat a tulajdonságokat mutatjuk be, amelyek elengedhetetlenek humán szempontból egy légiforgalmi irányító esetében:

- legyen képes egyszerre több feladatot kezelni (multitasking);
- kreativitás, problémamegoldó képesség;
- monotonitás tűrés;
- stressz, stresszkezelésre való alkalmasság;
- érzelmi stabilitás;

- csapatmunkára való alkalmasság;
- nyitottság;
- nyelvi képességek.

Az alábbiakban foglaljuk össze, hogy milyen előnyei és hátrányai vannak a humán-, illetve az automatizált erőforrásnak.

A human erőforrás alkalmazásának előnyei közé lehet sorolni a problémamegoldó képességet, azok logikus megközelítését, a kreatív gondolkodást, a komplex döntéshozást. Fontos emberi tulajdonság, hogy rendkívüli vészhelyzetek esetén hogyan reagálunk, miként hozunk döntést azok megoldásáról. Egy kivételes képességünk továbbá a strukturálatlan adatok feldolgozása, amelyre egy számítógép a mai technológia szerint nem, vagy csekély mértékben képes.

A human erőforrás alkalmazásának hátrányai az automatizált rendszerek előnyeivel közel ekvivalensek. A monotonitástűrési egy kifejezetten erős előnye az automatizált rendszereknek, a multitasking képesség, az érzelmi és egyéb humán korlátok sem érintik a számítógépen alapuló rendszereket.

Természetesen napjainkban is számos olyan – elsősorban döntéstámogató - eszköz áll a légiforgalmi irányítók rendelkezésére, amely részben vagy teljes egészében automatizált. A magyarországi légiforgalmi irányító szolgálat a MATIAS (Magyar Automated and Integrated Air Traffic Control System) szoftverrendszert használja e célra, amely repülési terv adatokat, valamint radaradatokat dolgoz fel elsősorban, majd ezen adatok alapján olyan információkat, javaslatokat bocsát az irányítók rendelkezésére, amely alapján a konfliktushelyzetek megoldása hatékonyabbá, biztonságosabbá válik. A megfelelő vizuális és mérőeszközök alkalmasak arra, hogy a légiforgalmi irányítók munkaterhelését részben csökkentsék, engedve azt, hogy figyelmüket egyéb fontos területekre allokálják.

A fentieket tekintetbe véve könnyen belátható, hogy a humán tulajdonságok egy része kihagyhatatlan a légiforgalmi irányítási folyamatokból, illetve igen bonyolult, nagy költségek árán lehetne helyettesíteni. Így tehát olyan megoldásokra kell törekednünk, amelyek a human erőforrás és az új technológiai megoldások ötvöztetésével, de továbbra is humánközpontú folyamatokra épülnek.

2.2 A munkaterhelési modellek szerkezete

A munkaterheléssel mint kritikus humán tényezővel a szakirodalomban gyakran találkozhatunk (Számel és Szabó, 2016), azonban ezek a vizsgálatok nem terjednek ki arra a kérdésre, hogy az egy szektorban dolgozó irányítópáros tagjai, az EC és a PC munkaterhelése között milyen összefüggés áll fenn. A szakirodalmi munkaterheléssel foglalkozó anyagok az irányítót mint egyetlen absztrakt entitást kezelik (Lixia *et. al.* 2006). Az irányítói munkaterhelés meghatározására már több módszert is kidolgoztak és alkalmazásra bevezettek. Ezen módszerek nagy része a komplexitást, mint kulcsfontosságú tényezőt veszi alapul, vagyis azt az objektív mérőszámot, amely

alkalmas a légtér aktuális működési állapotának értékelésére (Delahaye és Puechmorel, 2000). Azonban létezik olyan bevált módszer, amely egyszerűsített, komplexitás felhasználását mellőző modell (Keumjin *et. al.* 2007). Az alábbiakban két modell típust emelünk ki ezek közül.

2.2.1 Forgalmi volumen alapú modellek

Gépszám alapú modell. Lényege, hogy adott szektorban maximum a légiforgalmi irányító kapacitásának megfelelő számú légi jármű tartózkodhat, amennyiben ez a gépszám növekedik, új szektort nyitnak. E modell alapja jelentős mértékben a humán korlátokon alapul. Ez azt jelenti, hogy egy légiforgalmi irányító maximum 18-20 légi járművet tud hatékonyan kezelni egy időben, tehát előlött új szektor nyitása indokolt lehet. A jelenleg a HungaroControl Zrt.-nél is alkalmazott elv azt feltételezi, hogy a szektorban jelenlévő légi járművek száma arányos a légiforgalmi irányítók járművekkel történő foglalkozásának időszükségletével. Azonban meg kell jegyezni, hogy a vizsgálatunk során tapasztaltak, illetve egyéb tanulmányok eredményei szerint a forgalmi komplexitás az, ami valójában meghatározza ezt az egy ember által kezelhető légi járműszám limitet. A jelenlegi gyakorlat szerint ezt a modellt alkalmazzák, nyilvánvalóan számba véve mindazokat a tényezőket, amelyek befolyásolhatják egy légiforgalmi irányító tevékenységének hatékonyságát, elsősorban a repülésbiztonságot szem előtt tartva.

2.2.2 Forgalmi komplexitás alapú modellek

Az egyik, kifejezetten Eurocontrol alkalmazás szerint három csoportba sorolhatjuk a komplexitást:

- ATC eljárásokkal kapcsolatos komplexitás,
- Forgalmi karakterisztika alapú komplexitás,
- Külső komplexitás.

Különválasztja a komplexitás dimenzióit és indikátorait, és az interakciót tekinti a számítás alapjának. Interakció alatt egy cellában két légi jármű egyidejű tartózkodását értjük minden légi jármű perspektívájából. A számítás 4 dimenziós térben történik, ahol a negyedik dimenzió az az időérték, amennyit a légi jármű tartózkodik az egyes cellákban (lásd: Complexity Metrics for ANSP Benchmarking Analysis, 2016). A komplexitás értéke az 1. modell szerint a beállított sűrűség és a strukturális index szorzata, ahol a beállított sűrűség az interakciók órában mérve és a repült órák hányadosa. A strukturális index a vertikális, horizontális, illetve sebességinterakció összege viszonyítva a komplex interakcióhoz, ami az interakciók típusának százalékos értéke. A komplexitási szám végeredményben egy fő jellemzője a légiforgalmi irányítói munkaterhelésnek. A második általunk kiemelt modell a Eurocontrol komplexitás számításán alapuló irányítói munkaterhelésre vonatkozó 3 paraméteres egyenlete. E szerint a légiforgalmi irányítók munkaterhelése lényegében egy idő értékben kifejezett arány, amely azt mutatja meg, hogy egy adott intervallumon belül mennyi időt foglalkozik az irányító az egyes

tevékenységekkel. Így a munkaterhelés egy másodpercben kifejezett érték lesz, amelyet kategóriákba sorolhatunk a következők szerint:

- Túlterhelés,
- Magas terhelés,
- Közepes terhelés,
- Alacsony terhelés,
- Nagyon alacsony terhelés.

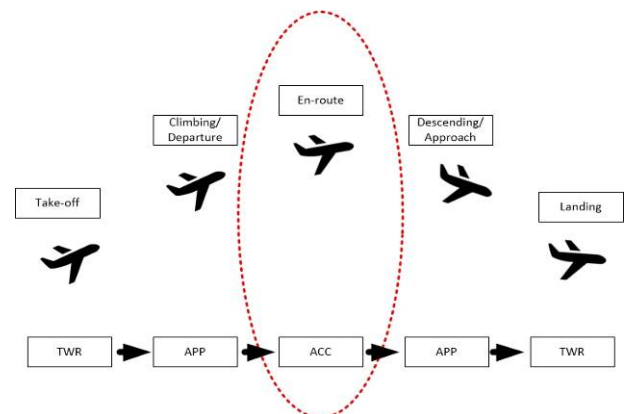
A munkaterhelés kiszámítására a Eurocontrol egy egyszerűsített képletet alkotott meg, amely rutin makro-tevékenységeket definiál. A belépő gépek számával (AC) jellemzett rutin makro-tevékenység, az emelkedés/süllyedés megfigyelésére vonatkozó tevékenység (CID), illetve a konfliktuskutatás és ezek feloldása (Cnf). Ezen makro-tevékenységek esetében definiáltak általános időértékeket, úgy, mint a tevékenység elvégzéséhez szükséges idő, valamint a tevékenységek előfordulásának száma. Így a végső, egyszerűsített képlet a következő:

$$WL = t_{AC} * O_{AC} + t_{Cnf} * O_{Cnf} + t_{CID} * O_{CID} \quad (1)$$

Az (1)-es képlet szerint tehát a munkaterhelés a rutinfeladatokra, az emelkedő, illetve süllyedő légi járművek monitorozására, továbbá a konfliktuskutatásra eső munkaterhelések összegeként adódik. A részterhelések az adott feladatokra fordított idő (txx) és az ebben érintett légi járművek számának (Oxx) szorzataként számítható.

2.3 A légiforgalmi irányítás funkciói és a komplexitási tényezők kapcsolata

Az 1. ábrán szemléltetjük a kutatás fókuszát a légiforgalmi irányítás légi jármű szempontjából vett funkcionális blokkja segítségével (lásd ICAO Annex 11 és ICAO DOC 4444).



1. ábra: Egy járat állapotai az irányítói folyamatban

A 1. ábrán láthatjuk egy adott járat irányítói szempontból való kezelésének fázisait az induló repülőtérre való mozgástól egészen a desztinációra való érkezésig és állóhelyre történő beállásig. Ennek fényében meghatározhatók elsődlegesen azok az elemek, amelyek a távolkörzeti légiforgalmi irányító szolgáltatást érintik munkaterhelés szempontjából. Tudjuk, hogy egy en-route fázisban lévő légi jármű milyen légtérelmeken haladhat

keresztül, ismerjük a légijárművek általános jellemzőit, valamint birtokunkban vannak azok a szabályrendszerek, eljárások, amelyek segítségével az útvonalon közlekedő légijárművek egymástól való biztonságos elkülönítése biztosítható.

A légiforgalmi irányítók tevékenységét tehát nagy mértékben befolyásolhatják különböző faktorok, amelyek meghatározásához kérdőíves felmérést alkalmaztunk a kutatás korábbi fázisában. A felmérés eredménye alapján 16 olyan faktort határoztunk meg, amelyek különösen nagy befolyással bírnak egy légiforgalmi irányító munkaterhelésére szolgálata alatt. Ezek a komplexitási tényezők a következők:

- Légijárművek száma,
- Süllyedő légijárművek száma,
- A légijárművek egymáshoz képesti iránya (forgalom divergenciája/konvergenciája),
- Szektorok közötti koordináció,
- Légijárművek sebességeinek diverzitása,
- Érkező, induló és en-route légijárművek egymáshoz képesti száma,
- Légijármű párok száma összetartó útirányon,
- Forgalom térbeli eloszlása,
- Légijármű vezetők kérései (magasság, irány),
- Elérhető repülési magasságok száma,
- Verbális kommunikáció minősége,
- Aktív speciális légterek száma szektoron belül vagy szomszédos szektorokban (pl. katonai),
- Időjárási viszonyok,
- Szektor földrajzi kiterjedése,
- Rádió frekvencia telítettsége,
- Technikai felszerelés állapota.

A kérdőívben a komplexitási tényezőkre vonatkozó kérdés olyan formában jelenik meg, hogy egy 1-től 5-ig terjedő lineáris skálán kell bejelölnie a légiforgalmi irányítónak, hogy az adott komplexitási tényező változása milyen mértékben befolyásolja a munkaterhelését. Az 1-es érték enyhe befolyást, az 5-ös érték nagy mértékű befolyást jelöl. Minden komplexitási tényezőre vonatkozó kérdés duplikálva jelenik meg, hiszen arra vagyunk kíváncsiak, hogy van-e szignifikáns különbség az EC és a PC munkaterhelési jellemzői között. Így minden légiforgalmi irányítónak kétszer kell ugyanazt a kérdést megválaszolnia, egyszer EC szerepkör szerint, majd PC szerepkör szerint újra.

Továbbá ebből a fejezetből az is kideríthető, hogy melyek azok a tényezők, amelyek a légiforgalmi irányítók szerint kiemelten fontosak munkaterhelési szempontból, vagyis statisztikai számításokkal kimutatható, hogy mely elemekkel érdemes ezzel a megközelítéssel foglalkozni a továbbiakban. Célunk megtalálni ezeket az elemeket és kidolgozni egy lehetséges megoldást a hatás csökkentésére, változtatására.

A koordinációs tevékenységekre vonatkozó kérdések az előző részhez hasonlóan szintén duplikáltan jelennek meg a kérdőívben, ugyanabból a célból. A kérdőívnek ezen része

kevésbé homogén, ennek oka, hogy több különböző szempontból közelítettük meg a koordinációs feladatok kérdéskörét. Szerepelnek a szekcióban általános, időigényre vonatkozó, valamint konkrét szituációs kérdések is.

A kérdőívet huszonnégy ACC-ben szolgálatot teljesítő légiforgalmi irányító töltötte ki. A kapott eredmények feldolgozását azon elv mentén készítettük elő, hogy a lehető legtöbb releváns információt, számszerűsítve és önmagában is értelmezhetően tudjuk származtatni. A kiértékelést alapvetően leíró statisztikai számítások alapján végeztük, leíró statisztikai jellemzőket határoztunk meg, és ezekből levontuk a megfelelő következtetéseket. Továbbá végeztünk korreláció-vizsgálatokat is, kiegészítve a fő információkat.

A kérdőív első részét, az általános kérdésekhez tartozó válaszokat statisztikai szempontokból elemeztük. A második, komplexitási tényezőkre vonatkozó válaszok feldolgozása komplexebb megközelítést igényelt, statisztikai számítások elvégzésével jutottunk eredményre. A harmadik, koordinációs feladatokra vonatkozó válaszok voltak alkalmasak a különböző korreláció-vizsgálatokra, általános időadatok meghatározására. A kérdőívet összesen huszonnégy ACC-ben szolgálatot teljesítő légiforgalmi irányító töltötte ki, ez elegendő ahhoz, hogy helyes statisztikai számításokat végezzünk a kapott információkkal.

A kérdőív komplexitási tényezőkre vonatkozó szekciójának kiértékelését statisztikai jellemzők meghatározásával alapoztuk meg. Elsőként kiszámoltuk külön az EC-re, illetve külön a PC-re vonatkozó várható értéket, szórást, relatív szórást, illetve terjedelmet.

A várható érték, illetve a szórás is közel azonos értékű, a relatív szórás és a terjedelem tekintetében figyelhető meg nagyobb mértékű eltérés. PC esetében a relatív szórás 3,4%-kal magasabb, a terjedelem pedig 0,62-dal nagyobb. Ennek valószínű oka az, hogy míg az EC egy viszonylag stabil képet tud alkotni munkaterheléséről, addig a PC nem, hiszen a tervezési szint egy későbbi időpontra mutató, de jelenidőben elvégzendő megoldási algoritmust kíván meg, amely nem minden esetben könnyen körülhatárolható.

A vizsgált tényezők közül mind az EC, mind a PC esetében három elemet emelhetünk ki munkaterhelés befolyásolás szempontjából: szektorok közötti koordináció, emelkedő légijárművek száma, süllyedő légijárművek száma, továbbá a válaszok alapján kiemelten fontos szerepet kapnak az időjárási körülmények. EC esetében a különböző tevékenységeket végző légijárművek száma, vagyis az emelkedő és süllyedő gépek, ezzel kapcsolatban az induló, érkező, valamint az en-route légijárművek egymáshoz képesti aránya, az időjárási körülmények és a rádiófrekvencia terheltsége azok az elemek, amelyek a legnagyobb átlaggal adódtak a számítás során. Mivel az EC feladatai főképp ezen tényezőkhöz kapcsolódnak, ez az eredmény várakozásainknak megfelelt.

Azok a tényezők, amelyek átlaga alacsonyra adódott, a szektorok közötti koordináció (az EC alapvetően nem koordinál), a légijárművek sebességeinek különbözősége (ez

további vizsgálatokat igényel, mert a jelenlegi forgalomban nagy varianciával nem lehet találkozni), a forgalom térbeli eloszlása, valamint a szektor földrajzi kiterjedése. A koordinációs feladatok ellátásáért nagyobb részben a PC felel, így ez az érték szintén várakozásaink szerinti. Érdeemes azonban kiemelni, hogy a sebességek különbözősége, valamint a térbeli jellemzők (forgalom, szektor) munkaterhelés befolyásolása szempontjából az EC-t kevésbé érintik. A PC esetében kiemelt átlagérték adódott a szektorok közötti koordinációnál, az induló, érkező, illetve en-route légijárművek arányánál, az aktív, speciális légterek számánál, illetve az időjárás körülményeknél. Ezek az értékek is megfeleltek annak, amit az előzetes ismeretek és felmérések alapján vártunk. Továbbá alacsonyabb értéket számoltunk a rádiófrekvencia terheltségénél, amely szintén abból adódik, hogy a PC feladatai elsősorban nem rádiókommunikáción alapulnak. A szórásértékek tekintetében fontos kiemelni, hogy a felméréshez használt skála terjedelme öt, így ennek megfelelően szükséges értelmezni a számított átlagértékeket.

A számított értékek szerint a szektorok közötti koordináció esetében EC-nél egy pozitív irányú közepes korreláció, míg PC esetében negatív irányú közepes korreláció figyelhető meg. Így elmondható, hogy mind az EC-nél, mind a PC-nél érdemes lehet a továbbiakban foglalkozni a koordinációs feladatok kérdésével, hiszen az EC-nél az idő előrehaladtával, míg a PC-nél a kezdeti időkben lehet nagyobb befolyással a tényező a munkaterhelésre. A légijárművek sebességének különbözősége esetén az EC esetében figyelhető meg egy pozitív irányú közepes korreláció, míg a PC esetében gyenge kapcsolat van az életkor és az adott tényező befolyásoló képessége között. Az imént említett eredmény önmagában nem, de megfigyelve a korábbi számított értékeket, láthatjuk, hogy az EC esetében ez a tényező mint munkaterhelést befolyásoló elem, a kevésbé fontos tartományba esett, a korreláció-vizsgálat során viszont azt az eredményt kaptuk, hogy az életkor növekedésével egyre nagyobb az a befolyásoló képesség, amellyel e tényező bír a munkaterhelésre vonatkozóan.

3. AZ AUTOMATIZÁLÁS LEHETŐSÉGEI A LÉGIFORGALMI IRÁNYÍTÁSBAN

A légiforgalmi irányítás napjainkban is egy humán-orientált rendszer, amelyben a humán erőforrást támogató eszközöket használunk fel annak érdekében, hogy az egyre növekedő légiforgalmi oldalon keletkező igényeket továbbra is maximális biztonsági szinten elégíthessük ki. Fontos megjegyezni, hogy annak ellenére, hogy a többi közlekedési alágazatban alkalmazott automatizáltsági fok adott esetben előrehaladottabb állapotban van napjainkban, a légiforgalmi irányítás, illetve maga a légiközlekedés is egy rendkívül biztonságkritikus rendszer. Ennek megfelelően az automatizálás, illetve az ehhez kapcsolódó folyamatok kidolgozása nagyfokú odafigyelést, teljeskörű vizsgálatokat, tesztelést, tanulmányozást igényel, mindamelllett, hogy a légiforgalmi irányítás által felhasznált informatikai eszközök kivételesen magas technológiai színvonalat képviselnek.

Fontos megemlíteni, hogy a légiforgalmi irányítás egy olyan feladatköröket magában foglaló rendszer, amelynek elengedhetetlen részeit képezik bizonyos humán tényezők, jellemzők, amelyeket informatikai rendszerekkel, automatizmusokkal igen bonyolult és kritikus lekövetni. Tipikusan ilyen elemek a vészhelyzetekben szükséges kivételesen kreatív gondolkodás, az esetleges rendszerhibák észlelése és az arra történő reagálás, ismeretlen helyzetek kezelése. Természetesen az automatizálásnak pozitív következményei is vannak, egyelőre azonban a mai kutatások alapján a légiközlekedés abba az irányba halad, hogy a légiforgalmi irányítókat, tehát a humán erőforrást támogató informatikai eszközök alkalmazása a legfontosabb fejlesztendő terület napjainkban.

3.1 Az automatizálás hatásai a munkaterhelésre

Az irányítói munkaterhelés kezelése egy meglehetősen komplex feladat a vezetők részéről, hiszen a tapasztalatok és tanulmányok szerint van egy optimális tartománya a munkaterhelés mértékének, amelyet %-ban fejeznek ki adott forgalom nagyságra vetítve. Ez a szám a légiforgalmi irányítók számára körülbelül 70-75%-os értéket jelent. Ennek oka, hogy a légiforgalmi irányítói munkaterhelés nagy mértékben köthető a kognitív munkaterheléshez. Szorosan kapcsolódik az adott kezelendő szituációhoz, valamint különböző személyes tényezőkhöz, úgy, mint tapasztalat, stressztűrés stb. Egyéb tényezők is szerepet játszhatnak a munkaterhelés alakulásában, mégpedig az időbeli nyomás, zajok, környezeti változások, szervezeti változások. Az egyik legnagyobb kihívás a légiforgalmi irányításban a munkaterhelés szempontjából az, hogy a légiforgalmi irányítók munkaterhelését optimalizáljuk amellet, hogy az adott forgalmat gördülékenyen kezeljék.

Fontos kiemelni, hogy a légiforgalmi irányítók számára a túl alacsony munkaterhelés is kockázatokkal járhat. Tipikusan ilyen helyzetet teremtenek az alacsony forgalmú időszakok, valamint a kis légiforgalmat lebonyolító területek. Ilyen esetben könnyedén előfordulhat, hogy csökken a légiforgalmi irányító koncentrálttsága, ami által nehezen vagy egyáltalán nem vesz észre kritikus történéseket. Elveszítheti helyzet tudatosságát. Ebből adódóan fontos kutatási téma lett a humán teljesítményekre épülő modellek megalkotása, amely arra hivatott, hogy feltárja a fent említett kapcsolatot. Ennek eredményeképpen lehetővé válik olyan légiforgalmi irányítói szttenderdek kialakítása, amelyek hatékonyabb munkavégzést tesznek lehetővé, továbbá korábban észlelhetővé válnak a kritikus szituációk a légtérben, ezzel növelve a biztonsági szintet. Fontos hangsúlyozni, hogy egy automatizált rendszernek nem szabad kivennie az irányító kezéből a döntést, hanem támogatnia kell azt.

Kutatásunk során arra törekedtünk, hogy olyan megoldást készítsünk elő, amely a légiforgalmi irányítói munkaterhelés csökkentését célozza meg magasabb munkaterhelést előidéző időszakokban. Ennek előzménye a már fent bemutatott kérdőíves felmérés és szakirodalmi kutatás, amely feldolgozása és kiértékelése során olyan eredménnyel szembesültünk, amely feltárt számunkra néhány olyan szűk

keresztmetszetet a légiforgalmi irányítói munkavégzésben, amelyekre lehetséges automatizmus bevezetésével válaszolni.

3.2 Lehetséges automatizálható folyamatok az irányításban

A jelenlegi trendek szerint ugyan a lehető legtöbb folyamat automatizálását kellene kitűzni célul, azonban a légiforgalmi irányítás ebből a szempontból (mostani ismereteink szerint) kivételt képez ez alól. Ez magyarázható többek között azokkal a feltevésekkel, amelyeket a korábbi fejezetekben bővebben is kifejtettem, így például a kognitív képességekkel, az olyan humán tényezőkkel, amelyeket a technológia mai helyzete alapján igen bonyolult lenne algoritmizálni.

Így azok a folyamatok kerülnek a légiforgalmi irányítás automatizálásának középpontjába, amelyek a mai munkatechnológia alapján humán erőforrás igényesek, azonban a lehető legmagasabb biztonsági szinten algoritmizálhatók. Tipikusan ilyen folyamatok lehetnek azok a tevékenységek, amelyek rutinszerű feladatnak minősülnek egy-egy szolgálat során. A légijárművek irányítása során számos olyan szituáció, feladat fordul elő, amelyet a légiforgalmi irányítók rutin alapján végeznek, ismétlődő folyamatok, illetve olyan tevékenységek, amelyek lefoglalják a légiforgalmi irányító figyelmét, vagy akár fizikailag is.

A kérdőíves felmérés eredményei alapján látható, hogy a magyarországi távolkörzeti légiforgalmi irányítók munkaterhelését a legnagyobb mértékben az időjárési körülmények, illetve a szektorok közötti koordináció befolyásolja. Mivel az időjárési körülmények nem befolyásolhatók, továbbá az általuk okozott forgalmi szituációk kezelése kiszámíthatatlan, a szektorok közötti koordinációt választottuk a célból, hogy alkossunk egy olyan eszközt, amely ezt a feladatot hivatott könnyíteni, adott esetben pedig ki is váltani.

Ahogy azt a kutatás első fázisában végzett kérdőíves felmérés is alátámasztja, a szektorok közötti koordinációs tevékenység nagy mértékben befolyásolja a távolkörzeti légiforgalmi irányító szerepben szolgálatot teljesítő irányítók munkaterhelését, méghozzá pozitív irányban. Ennek oka elsősorban az, hogy a jelenlegi eljárás szerint sok esetben telefonon történik az egyeztetés a szomszédos szektorok irányítóival, így fizikailag és mentálisan is terheli őket ez a tevékenység. Ugyan a telefonos kapcsolat olyan kialakítású, hogy a várakozási idő minimális, a koordináció mint feladat időigényes.

4. A TERVEZETT ESZKÖZ MŰKÖDÉSI ELVE

Az általunk vázolt eszköz egy funkcionális és szoftveres megoldás annak támogatására, hogy a távolkörzeti légiforgalmi szolgálatban irányító kollégák a szomszédos szektorokkal egyeztetnek az átadásra váró légijárművek szektorhatáron érvényes ideális átadási magasságáról.

Célja a jelenleg telefonos kapcsolattal végzett tevékenység kiváltása szoftveres, grafikus megoldással, továbbá ezen túlmenően a szektorhatárok mentén lévő átadási magasságra való javaslatétel. A jelenlegi fázisban egyelőre a magyar légiforgalmi irányító szoftver meglévő eszközeit, illetve a magyarországi munkatechnológiát vesszük alapul. Ez azt jelenti, hogy bemenetnek tekintjük mindazon adatokat, amelyeket a MATIAS szoftveres megoldásai nyújtani tudnak, továbbá az alkalmazott eljárásokra építjük a lehetséges kimeneteket.

Az eszköz bemenetként az alábbi adatokat kezeli terveink szerint:

- Radaradatok (primer és szekunder),
- Légijármű specifikációja (kifejezeten az MTOW adat, valamint az aerodinamikai tulajdonságok),
- Repülési terv adatok,
- Légtérstruktúra.

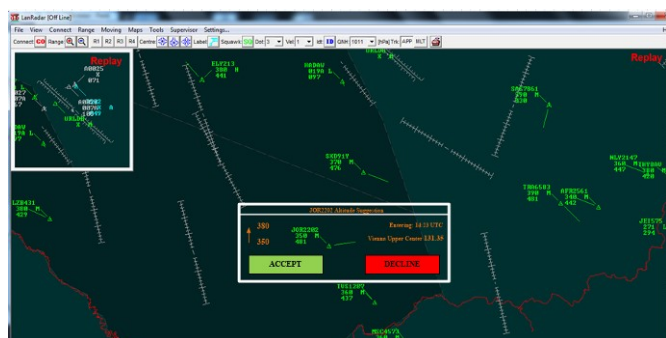
A szektorhatár átlépésekor a légijármű ideális repülési magassága attól függ, hogy a szektorban, amelybe belépni készül, aktuálisan milyen forgalmi szituációk várhatóak, a potenciális konfliktushelyzeteket szeretnénk minimalizálni. Erre a célra a grafikus megoldás a legalkalmasabb, hiszen a légiforgalmi irányító számára az egyetlen a legnagyobb mértékű támogatást, ha pár pillanat alatt megfelelő és hatékony döntést tudna hozni arról, hogy a légijármű repülési magasságára adott javaslatot elfogadja-e vagy sem. Itt fel is merül a kérdés, hogy a tervezett eszköz milyen mértékben befolyásolhatja a légiforgalmi irányító döntését. Válaszunk jelenleg az, hogy mivel a légiforgalmi irányítók felelősek az általuk kezelt légijárművek biztonságos elkülönítéséért, és a konfliktushelyzetek elkerülése során gyakran kreatív megoldásokhoz kell folyamodni, így az eszköz kifejezetten javaslatot tesz az irányító felé a magasságra vonatkozóan, tehát az irányító el tudja fogadni a javaslatot, illetve el is tudja utasítani azt. Ezáltal a korábban már említett automatizálható rutinszerű műveletek során támogatjuk a légiforgalmi irányítót, hiszen a szomszédos szektorok irányítói (a MATIAS rendszer egyéb eszközeihez hasonlóan) nem közvetlenül egymással, hanem ember-gép kapcsolat keretei között, egy hatékonyabb és gyorsabb módon tudnak kommunikálni.

Fontos kiemelni, hogy a tervezett eszköz által adott javaslatoknak korlátai is vannak, hiszen van egy T_{max} idő, amely az a legkésőbbi időpillanat, amikor a légijármű vezetői még reagálni tudnak a feljűk továbbított kérésre, majd a szektorhatár átlépéséig teljesíteni is tudják azt. Ez az időpillanat nyilvánvalóan függ a légijármű aktuális sebességétől, az időjárési viszonyoktól, valamint a teljesítendő magasságváltoztatástól is. A következő alfejezetben specifikáljuk a tervezett eszköz humán interfészét, ez által bemutatva annak egy lehetséges működését, valamint a következő ábrán szemléltetjük a tervezett folyamatot.

A 2. ábrán bemutatott elvi felépítés a tervezett eszközre azt mutatja meg, hogy milyen döntéseket hoz az eszköz, mielőtt

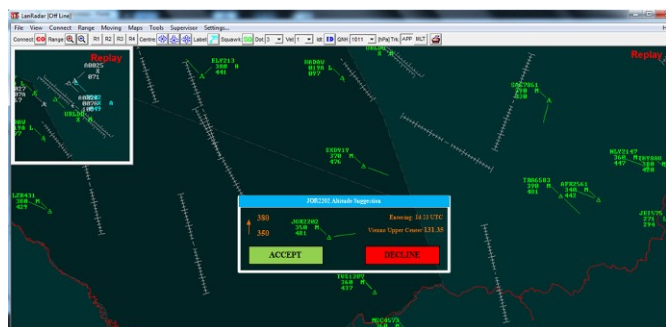
a magasságra való javaslatot a légiforgalmi irányító felé továbbítja. Lényegében egy konfliktuskutatási módszerről beszélünk, amely különböző bemeneti adatok alapján, azt vizsgálva, hogy milyen vertikális mozgás okoz a rendszerben nagyobb kockázatot, előállít kimenetként egy vertikális irányt, továbbá a különböző számszerű adatok alapján egy konkrét repülési magasság értéket, amelyet javaslatként továbbít az irányító felé.

Ebben az alfejezetben bemutatunk néhány lehetséges megoldást a felhasználói felületre vonatkozóan. A 3. ábrán látható a repülési magasságra való javaslat megjelenítési módja a légiforgalmi irányító felé. A címke tartalmazza azokat az információkat, amelyek alapján az irányítónak el kell tudnia dönteni, hogy elfogadja vagy elutasítja az eszköz által tett magassági javaslatot. Tartalmazza, hogy melyik szektorból és mikor lép be az irányító szektorába, továbbá az aktuális repülési magasságot, a javasolt repülési magasságot, amelyet a szektorhatárig szükséges elérnie, illetve maga a címke a radarképernyőn megjelenő légi jármű szimbóluma felett jelenik meg, hogy még pontosabb információkat szolgáltatson az irányító felé.

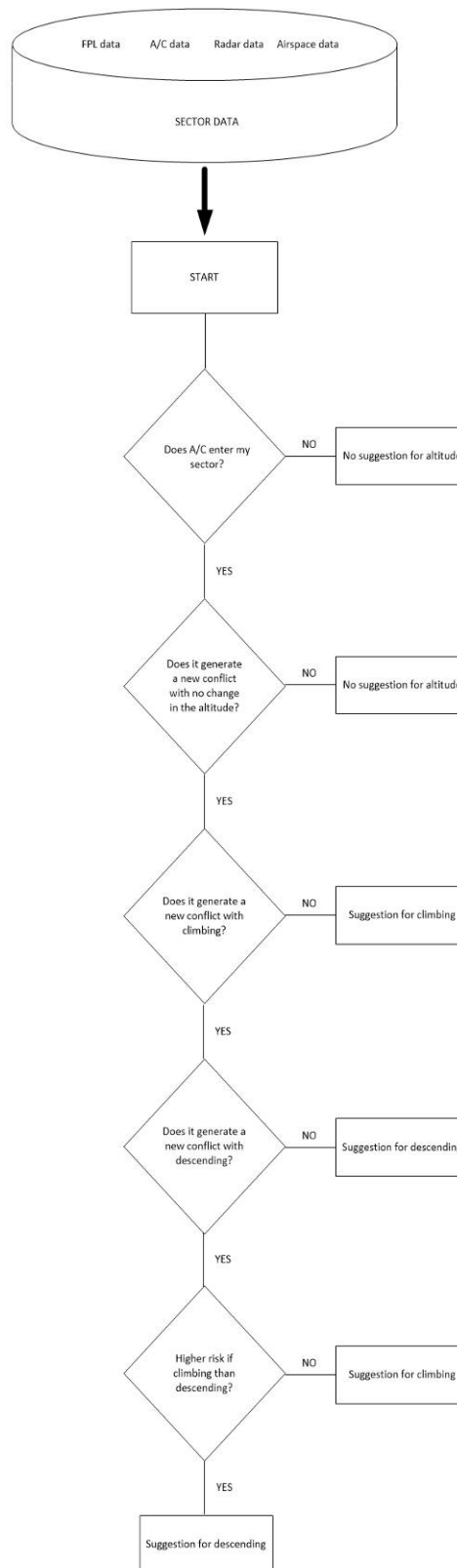


3. ábra: A tervezett eszköz megjelenítési elve

Amennyiben a légiforgalmi irányító az „Accept” gombra kattint, az eszköz címkéjének fejléce megváltozik, színe kék lesz. Ez azt a fázist jelöli, ahol a kérés elfogadásra került, de a légi jármű vezetője felé még nem lett továbbítva. Ebben az esetben az irányító még megváltoztathatja döntését, a két választógomb továbbra is aktív.



4. ábra: Az eszköz megjelenítése az elfogadás gomb megnyomása után.

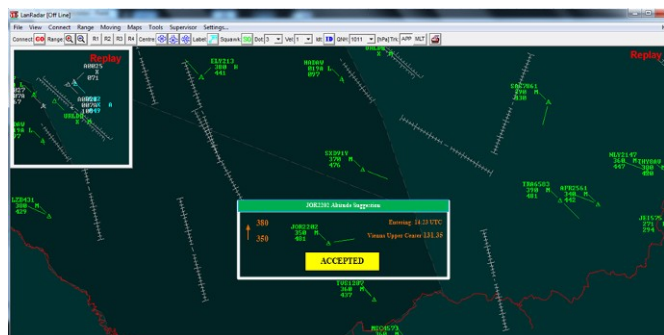


2. ábra: A tervezett eszköz működési elve

4.1 A tervezett eszköz humán interfésze

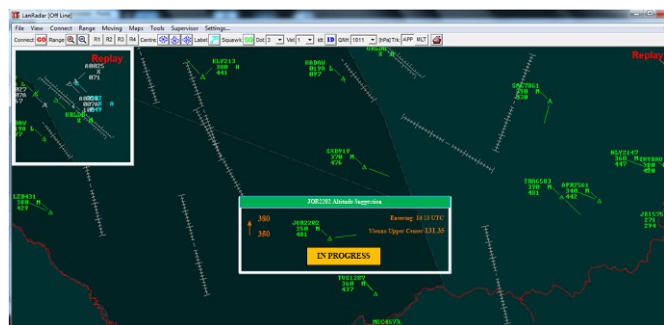
Miután a szektor irányítója elfogadta a magassági javaslatot, a kérés megjelenik a szomszédos szektor irányítójának radarképernyőjén is hasonló módon, azonban már elfogadott státusszal. Mivel ekkor még mindkét választógomb aktív, az irányító választhatja az elutasítást, amennyiben a szektorában lévő forgalmi szituáció megköveteli azt.

Abban a pillanatban, hogy a szomszédos szektor irányítója is elfogadta a javaslatot, az elutasítás gomb inaktívvá válik, megjelenik a sárga elfogadott felirat, illetve a címke fejléce zölddé változik. Innentől kezdve a légiforgalmi irányító feladata a légijármű vezetői felé közölni a magasságváltozásra vonatkozó utasítást.



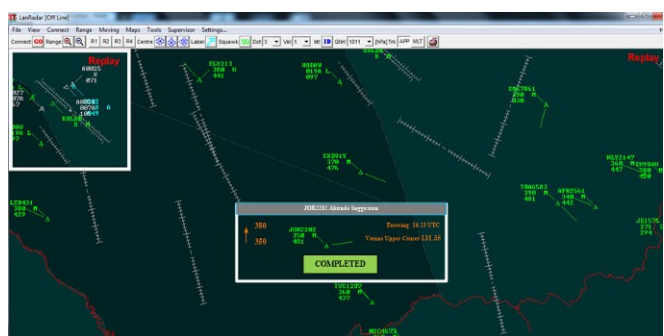
5. ábra: Az eszköz megjelenítése a végleges elfogadás után

Miután az utasítást a légijármű pilótája felé kiadták, és megkezdte a műveletet, az irányító számára a címke a folyamatban státuszt jeleníti meg szintén sárga felirattal.



6. ábra: Az eszköz megjelenítése a véglegesítés során

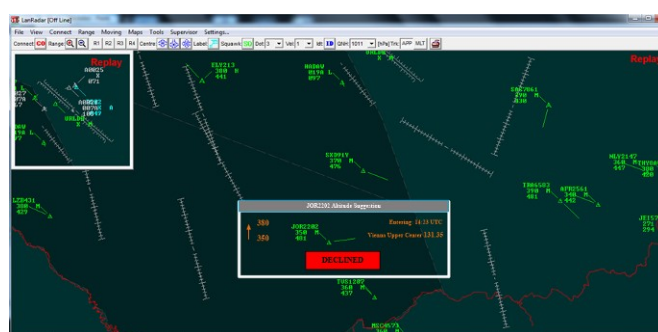
Amennyiben a légijármű elérte a kívánt magasságot, a címkén megjelenik a „Completed” felirat, a fejléc szürke lesz.



7. ábra: Az eszköz megjelenítése a teljesítés után

Abban az esetben, ha az irányító az elutasítás gombra kattint, megjelenik az elutasítva jelzés, és a címke fejléce szürkévá válik.

A 7. és 8. ábrákon egy folyamat két lehetséges kimenetelét mutattuk be a felhasználói felület szempontjából. Fontos kiemelni, hogy a tervezett eszköz javaslatot ad a szektorhatáron lévő átadási magasságra, így, amennyiben a légiforgalmi irányító jobbnak látja, ha nem fogadja el, nem jár nagyobb kockázattal az elutasítás gomb megnyomása és a javaslat figyelmen kívül hagyása az irányítás során.



8. ábra: Az eszköz megjelenítése elutasítás esetén

5. FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

Fejlesztési lehetőségként felmerülhet annak a kérdése, hogy az irányító által elfogadott javaslat milyen formában jut el a légijárművek vezetői felé. Egy lehetséges megoldás a CPDLC integrálása az eszközbe, hiszen ebben az esetben az elfogadás gomb megnyomásával az üzenet automatikusan eljutna az adott légijármű vezetőihez rádiós kommunikáció nélkül. Az általa adott reakció pedig a CPDLC-nek megfelelő módon pár gombnyomással történhetne meg, így a légiforgalmi irányító munkaterhelését csökkentené, valamint számos olyan problémát szüntetne meg, amely a rádiós kommunikáció használata során fennáll, mint például a nyelvi nehézségek esetén az esetleges félreértések, stb.

A CPDLC, vagyis Controller Pilot Data Link Communication egy olyan rendszer, amely lehetővé teszi a légijárművek vezetői és a légiforgalmi irányítók közötti kommunikációt írásos formában. Fontos megjegyezni, hogy bár szöveges formátumban kerülnek az üzenetek egyik féltől a másikhoz, azonban ezek a szövegek továbbra is szabványos üzenetek a félreértések elkerülése végett. Jelen állapotában a rendszer vészhelyzetek esetében nem alkalmazható az esetleges hosszabb reakcióidő miatt, valamint ennek használatához szükséges a légijárművek felszerelése a fedélzeti egységgel.

Egy további fejlesztési lehetőség már a légiforgalmi irányítás mai alapvető folyamatainak túlműtató elképzelés. Lényege, hogy a tervezett eszközre épülően a szektorban irányító radar-, illetve tervező irányító a saját szektorában lévő aktuális forgalmi helyzetnek megfelelően a szektorhatáron túlműtatóan is beleszólhat a légiforgalmi irányításba, vagyis a szomszédos szektorok forgalmát is irányíthatják a szomszédos szektorok irányítóinak jóváhagyása mellett. Így

gyakorlatilag kihagyható lenne az a lépés, hogy kapunk egy javaslatot a rendszertől a szektorhatáron lévő áradási magasságra, hanem már egyből egy olyan optimális forgalmi helyzetet alakíthatnának ki az egyes szektorok, hogy a szektorhatáron lévő gépek, amelyek belépnek a szektorba, már az adott szektor forgalmi helyzetéhez képest optimális helyzetben lennének. Fel lehet fedezni ezt az analógiát a jelenleg is sikeresen működő Single European Sky programmal, hiszen lényegében ott is határok kvázi megszüntetése mellett egy optimális forgalmi helyzet kialakítása vált lehetővé. Ennek megfelelően szükséges lenne a mai légiforgalmi irányításban érvényes eljárások felülvizsgálata és átalakítása, természetesen gazdasági hatásai is lennének a rendszer bevezetésének, amelyet egyelőre nem látunk tisztán ebben a jelenlegi fázisban.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az eredmények azt mutatják, hogy három olyan komplexitási tényező van a jelenlegi irányítási gyakorlatban, amely jelentős mértékben befolyásolja tevékenységüket: az időjárási körülmények, a különböző műveleteket végző légi járművek szektoron belüli megoszlása, valamint a szektorok közötti koordinációs tevékenység.

Eredményeink alapján feltártunk olyan szűk keresztmetszeteket, amelyek további vizsgálatával eredményt érhetünk el a légiforgalmi irányítás fejlesztése terén. A szektorok közötti koordinációs tevékenységet kiválasztva megvizsgáltuk, hogy melyek azok a műveletek, amelyeket automatizmus segítségével ki lehetne váltani, illetve ennek milyen hatása lenne a légiforgalmi irányítás egyéb területeire.

Fejlesztési tervként kidolgoztunk egy olyan eszköz működési folyamatát, amely a szektorhatáron lévő légi járművek áradási magasságára ad javaslatot a légiforgalmi irányító számára, biztosítva ezzel a humán-gép interfészen keresztüli kommunikációt a szomszédos szektorok légiforgalmi irányítóival, kiváltva ezzel a jelenlegi telefonos

kommunikációt, amely a légiforgalmi irányítót fizikálisan és mentálisan is leköti munkája során. Ezen kívül kidolgoztuk a tervezett eszköz humán interfészét egy adott folyamatra és annak aleteire.

További fejlesztési tervként megemlítettük a CPDLC integrálását a tervezett eszközbe, így biztosítva azt, hogy a kommunikáció mind a földön lévő szolgálatok, mind pedig a légi járművek vezetői között lehetővé váljon.

HIVATKOZÁSOK

- Complexity Metrics for ANSP Benchmarking Analysis. (2016). ACE Working Group on Complexity, Eurocontrol, Brussels, Belgium
- Delahaye, D., S. Puechmorel (2000). Air Traffic Complexity: Towards Intrinsic Metrics. *3rd USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar*, Napoli
- ICAO Annex 11. Air Traffic Services.
- ICAO DOC 4444. PANS-ATM.
- Keumjin, L., E. Feron, A. Pritchett (2007). Air Traffic Complexity: An input-output approach. *Proceedings of the 2007 American Control Conference*, New York, NY, USA. pp 474-479
- Lixia, S., W. Craig, D. Greenbaum (2006). Predicting Sector Capacity for TFM Decision Support. *Proceedings of 6th AIAA Aviation Technology, Integration and Operations Conference (ATIO)*. pp. 1-10.
- Sándor, Zs. (2016). A légiforgalmi irányítás információ-rendszerének funkcionális modellezése és ennek integrációs távlatai. *Közlekedéstudományi Szemle* 65:(4) pp. 58-70.
- Számel, B., G. Szabó (2016). Analyzing the Relationship of Simplicity and Accuracy in ATC Workload Estimation Methods. In: *Rolandas Makaras, Robertas Keršys, Rasa Džiaugienė (szerk.): Proceedings of 20th International Scientific Conference Transport Means 2016*. pp. 789-793.