

Légiforgalmi irányítási funkciók automatizálási szempontú minősítő eljárása

Póta Bence*, Lövétei István Ferenc**, Számel Bence Domonkos*** Szabó Géza****

* *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (pota.bence@mail.bme.hu)*

** *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (lovetei.istvan@mail.bme.hu)*

*** *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (szamel.bence@mail.bme.hu)*

**** *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (szabo.geza@mail.bme.hu)*

Absztrakt: A légiforgalom folyamatos növekedése egyre nagyobb kihívások elé állítja a légiforgalmi irányításban a biztonságért közvetlenül felelős pozíciókban dolgozó légiforgalmi irányítókat. Napjaink korszerű technikája lehetőségeket kínál a légiforgalmi irányítók funkcióinak megfelelő biztonsági szinten megvalósított – akár csak részleges – automatizálására; ugyanakkor az automatizálási rendszermegoldások egy része a jelenlegi irányítási architektúrában megvalósuló funkciók lépésenkénti automatizálását teszi lehetővé. E megoldások bevezetése esetén eldöntendő kérdés az aktuális lépésben automatizálandó funkciók körének meghatározása, kiválasztása; ezen kiválasztást támogató javaslat minősítő eljárás cikkünk.

Az általunk javasolt minősítő eljárás kockázati alapú, a funkcióhoz tartozó lehetséges funkcióeltérési következmény mellett a funkció humán végrehajtási módját használja fel a minősítéshez. Cikkünk egy egyszerű légiforgalmi irányítási funkciócsoport elemzésének segítségével az alkalmazás lehetőségét is bemutatja.

1. BEVEZETÉS

A légiforgalmi irányítás jelenlegi struktúrája három nagy egységre bomlik. Ez a három egység a *Tower* (Repülőtéri irányító szolgálat), az *Approach* (Közelkörzeti irányító szolgálat) és az *ACC* (Körzeti Irányító Szolgálat). Mind a három egység elsődleges feladata a légi járművek közötti biztonságos elkülönítés biztosítása, azonban munkatechnológia szempontjából eltérőek az egységek feladatai. A *Tower* a repülőtéren való mozgásokért felelős, és az érkező légi járművek számára a végső egyenesen engedélyezi a leszállást, az induló légi járműveknek pedig a felszállást. Az *Approach* irányítói a repülőtér körül meghatározott nagyságú ellenőrzött légtérben (*TMA*) irányítanak, illetve a felszálló repülőgépeket kivezetik a szektor határra és átadják a körzeti irányító szolgálatnak, a leszállókat pedig átveszik a körzeti irányítástól és a végső egyenesre rávezetik (Madácsi et. al., 2015). Az *ACC* irányítói az ellenőrzött légtérben közlekedő valamennyi átrepülő és a 9500 láb feletti légiforgalom elkülönítéséért felelősek (Sándor, 2016).

Az *ACC* és az *Approach* munkahelyeken légiforgalmi irányító párosok teljesítenek szolgálatot. A páros egyik tagja az *EC* (Executive Controller), a másik tagja pedig a *PC* (Planning Controller). Az *EC* végzi az operatív irányítást, ő kommunikál a pilótákkal. A *PC* konfliktuskutatást végez, támogatja az *EC*-t a forgalom operatív tervezésében és az *EC* igényei szerint koordinál a szomszédos szektorokkal. Egy irányítói páros egy adott légtéregység vagy más néven szektor forgalmáért felelős (Számel és Szabó, 2015). A szektor méretének meghatározásával (szektorizáció)

lehetőség van az irányítói munkaterhelés befolyásolására; a cél a légiforgalmi irányítók munkaterhelésének optimális szinten tartása, mert ez alapjaiban befolyásolhatja az irányítói hibák valószínűségét.

A jelenlegi struktúrában az aktív irányítás során a légi járművek elkülönítéséért kizárólag a légiforgalmi irányító a felelős (jegyezzük azonban meg, hogy az elkülönítés biztosítása már megkezdődik a repülési tervek szintjén, és végső szintnek szokás tekinteni a légi járművek saját, adott esetben kooperatív ütközésselkerülő rendszerét), azonban a fejlett műszaki infrastruktúra segíti a munkáját. A jelenlegi előrejelzések szerint a légiközlekedés iránti kereslet és ezzel együtt a légiforgalom jelentős növekedése várható a következő években.

A növekvő forgalom kezelése a légiforgalmi irányító szolgálatok számára is kihívást jelent. Annak érdekében, hogy a növekvő forgalmat is gördülékenyen tudják kezelni, hiszen a növekvő forgalom a korábbi szektorizáció mellett nagyobb irányítói munkaterhelést eredményezne, erre az alkalmazott szektorok méretének csökkentésével és az irányítói létszám emelésével lehet válaszolni. Ugyanakkor a szektorméret-csökkentés egy adott határon túl már nem jelent munkaterhelés-csökkenést, így mindenképpen szükség van fejlesztésekre és ebbe beletartozhat néhány irányítói funkció vagy részfunkció esetleges automatizálása is. Az – akár csak részleges – automatizálás megvalósítása esetén jelentős kihívás ugyanakkor a megfelelő biztonságú automatikus rendszer (ideértve a hardver és szoftver komponenseket is) létrehozása, illetve a szisztematikus (jellemzően: tervezési) hibák elleni védelem. Különösen nehéz kérdés a funkciók

(funkcionális tér, működési scenáriók) létrehozása és validálása, biztonságának igazolása. Természetesen ezen kérdéseket a humán irányítás esetében is fel lehetne vetni (pl. a humán irányítási funkciók /adott szituációban alkalmazandó megoldások/ kidolgozottsága, dokumentáltsága stb.), de cikkünk az automatizálási problémakörre összpontosít.

Az irányítás automatizálása esetén is a jelenleg érvényes elkülönítési minimumokat kell biztosítani a légi járművek között. A légiforgalmi irányítás automatizálásának lehetősége két különböző szempont szerint közelíthető meg. Az egyik megközelítés szerint a légi járművek autonóm járműként tudnának kommunikálni egymással és ezzel együtt az elkülönítést is biztosítanák egymás között úgy, hogy a jelenlegi légiforgalmi irányítást nem kellene igénybe vennük. A másik megközelítés szerint a jelenlegi légiforgalmi irányító szolgálatok továbbra is üzemben maradnának, azonban bizonyos irányítói funkciók (vagy akár az összes, jelenleg megvalósított funkció) automatizálásra kerülnének, ezzel csökkentve a légiforgalmi irányítók munkaterhelését és növelve a hatékonyságot és biztonságot. A második megközelítés mellett érvként hozható fel a már rendelkezésre álló korszerű műszaki infrastruktúra (légtérfelderítő rendszerek, légiközlekedési informatikai rendszerek stb.) és alkalmazási tapasztalat, humán háttér; valamint a bevezetés fokozatos elvégzésének lehetősége is. A fokozatos bevezetés egyrészt vonatkoztatható irányítási körzetekre, de vonatkoztatható egy vagy több irányítási körzeten belül a végrehajtandó funkciók egy részének automatizálására is. Amennyiben a fokozatos automatizálás kerül előtérbe, fontos kérdés lehet a funkciók automatizálási sorrendje, és ezt támogatandó a funkciók automatizálási lehetőség, illetve kockázat szerinti minősítése.

Cikkünk az előző bekezdésben bemutatott két lehetséges automatizálási struktúra (légi járművek által megvalósított elosztott irányítás és jelenlegi irányítási struktúra alkalmazása) közül az utóbbi esetre fókuszálva a jelenlegi irányítási struktúrában megvalósított funkciók automatizálási lehetőségeinek vizsgálatára, minősítésére mutat be egy lehetséges módszert. A cikk második fejezetében röviden áttekintjük az általános emberi folyamatirányítás lehetséges szintjeit, a harmadik fejezetben bemutatjuk a kategorizálási megoldásunkat. A javasolt minősítő eljárás alkalmazásához a negyedik fejezetben röviden szólnunk az irányítói funkciók modellezéséről, majd egy egyszerű irányítási példát mutatunk be; végezetül cikkünk záró, ötödik fejezetében a továbblépés lehetőségéről szólnunk röviden.

2. A HUMÁN TEVÉKENYSÉGEK

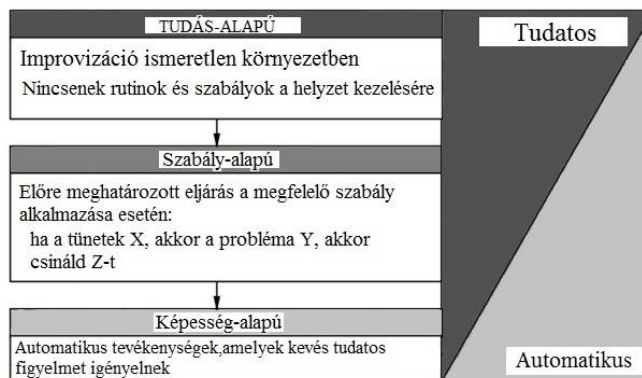
Az emberi információfeldolgozás és cselekvés típusairól alkotott megközelítés alapján három különböző tevékenység-típust lehet megkülönböztetni: a szaktudáson, a szabályokon és a képességen (rutinon) alapuló információfeldolgozást és cselekvést (Embrey, 2005).

A szaktudáson, a szabályon és a rutinon alapuló információfeldolgozás fogalma az egyénnek a tevékenysége során gyakorolt tudatos kontroll mértékét jelenti. A szaktudás

alapú megközelítés alapján az ember teljesen tudatosan végzi a feladatot, áttekintve annak részleteit, lebontva elemibb egységekre, visszavezetve korábbi mintákra stb. Ez pl. abban az esetben fordul elő, amikor egy kezdő old meg egy feladatot, vagy egy tapasztalt irányító egy új (vagy ritkán jelentkező) szituációval találja magát szembe. Mindkét esetben a feladatvégzőnek jelentős mentális erőfeszítéseket kell tennie a helyzet felmérésére, a probléma részekre/lépésekre bontására, a megoldás kidolgozására és reakciói valószínűleg lassúak lesznek. Továbbá minden egyes lépés megtétele előtt felül kell vizsgálnia az előző résztevékenységek hatását, ami valószínűleg tovább lassítja a helyzetre adott válaszokat.

A képesség alapú megközelítés a nagyon gyakorlott, nagyrészt fizikai cselekmények zökkenőmentes végrehajtására utal, amelyben gyakorlatilag nincs tudatos megfigyelés. A rutin alapú válaszokat általában egy bizonyos indító esemény kezdeményezi, amely például riasztó funkcióból, ellenőrzési eljárásból vagy más személytől eredhet. A nagyon gyakorlott képesség alapú művelet elvégezhető nagyrészt tudatos gondolkodás nélkül.

A harmadik információfeldolgozási kategória magában foglalja a szabályok alkalmazását. Ezeket a szabályokat egyrészt definiálni kell (funkcióspecifikáció), ugyanakkor el lehet sajátítani az irányított folyamattal való kölcsönhatás eredményeként, hivatalos oktatáson és más, tapasztalt végrehajtókkal való kooperáció esetén. A tudatos kontroll szintje a tudás és a képesség alapú módok között középen helyezkedik el. A három szint kapcsolódásait mutatja az 1. ábra.



1. ábra: A tudatos és automatikus viselkedés közti átmenet (Embrey, 2005)

Számunkra az automatizálhatóság szempontjából a három kategória az alábbiakat jelenti:

- Képesség alapú: nagyon egyszerű, jól definiálható, jól ellenőrizhető funkciók az alkalmazási esetek pontos azonosíthatóságával;
- Szabály alapú: definiálható funkciók nagyobb funkcionális térrel, validáció lehetőségével;

- Tudás alapú: nehezen vagy egyáltalán nem specifikálható; a teljeskörűség validálása nehézkes vagy lehetetlen.

A specifikálhatóságon keresztül a funkcióbiztonság elérésének és megvalósíthatóságának lehetőségét is minősítjük.

3. AZ IRÁNYÍTÓI FUNKCIÓK AUTOMATIZÁLHATÓSÁGÁNAK MINŐSÍTÉSE

Az automatizálásnak az a célja, hogy egy funkció végrehajtásának felelősségét egy arra fejlesztett hardver/szoftver vegye át a légiforgalmi irányítótól, ezzel is megkönnyítve az irányító munkáját és növelve (állandósítva) a funkcióbiztonságot. Általánosságban elmondható, hogy biztonsági módon automatizálni olyan funkciót lehet, amelyet jól és egyszerűen lehet specifikálni, illetve a validálása is teljeskörűen lehetséges; ez a kérdéskör pedig visszavezethető az előző fejezetben bemutatott kategorizálásra: rutin tevékenységek: nagyon egyszerű specifikáció; szabály alapú tevékenységek, akár bonyolult, de már létező specifikációk; szaktudás alapú tevékenységek: nem létező, nehezen elkészíthető specifikációk.

A specifikálhatóságon kívül azt is meg kell nézni, hogy az egyes tevékenységek hibás végrehajtása vagy végre nem hajtása (funkcióvesztés) milyen következményekkel (kockázat) járhat. Természetesen a kisebb kihatású funkciók automatizálása egyszerűbb a funkcióbiztonság egyszerűbb elérése miatt.

A fentiek alapján létrehozható egy olyan kétdimenziós minősítő tábla, amely segít az automatizálandó funkció minősítésében (2. ábra).

Tevékenység		Kárikhatási kategóriák			
		Katasztrófális	Kritikus	Csekély	Elhanyagolható
Tudás	A				
Szabály	B				
Rutin	C				

2. ábra: Az emberi tevékenységek automatizálhatóságának alap minősítő táblázata

Az első dimenzió: A tevékenység humán végrehajtása (specifikáció léte és milyensége) szempontjából a következő sorrend állítható fel a tevékenységek között:

- A: bonyolult, szerteágazó, nehezen (vagy egyáltalán nem) specifikálható,
- B: specifikálható,
- C: egyszerűen specifikálható.

(Az 1. mellékletben bemutatunk egy irányítói tevékenység-gráfot és azt az A,B,C emberi tevékenységkategóriák szerint színezzük.)

A második dimenzió: a funkcióvesztés vagy -tévesztés következménye; igazodva az általános funkcióbiztonsági

megközelítésekhez, az alkalmazott kategóriák: Katasztrófális, Kritikus, Csekély és Elhanyagolható.

A táblázatban szereplő kombinációkat három csoportba soroltuk (3. ábra):

- Világosszürkével jelöltük azokat a tevékenységeket, amelyeket automatizálása kevés nehézséget rejthet magában (könnyű automatizálhatóság).
- A szürkével jelölt tevékenységeket automatizálása megvalósítható, de több problémával, mint az előző esetben (átlagos automatizálhatóság).
- A sötétszürkével jelölt tevékenységek olyanok, amelyeket automatizálása - akár a leírhatóság, akár az elérendő biztonság miatt - jelentős kihívásokat rejt magában (nehéz automatizálhatóság).

Tevékenység		Kárikhatási kategóriák			
		Katasztrófális	Kritikus	Csekély	Elhanyagolható
Tudás	A				
Szabály	B				
Rutin	C				

3. ábra: Az emberi tevékenységek automatizálhatóságának színezett minősítő táblázata

Véleményünk szerint az automatizálási döntésnél (melyik funkció vagy funkciócsoport kerüljön először automatizálásra) érdemes felhasználni a fenti kategorizálást is: célszerű lehet a könnyű és átlagos automatizálhatóságú funkciók elsődleges bevonása és a nehéz automatizálhatóságú funkciók humán megvalósításuként meghagyása.

4. A MÓDSZER LEHETSÉGES ALKALMAZÁSA

Az irányítópáros tevékenységének automatizálási minősítés bemutatásához modelleztünk egy irányítási folyamat szcenárió: két légi jármű lép be az irányítási szektorba, konfliktusba kerülnek, a konfliktus feloldásra kerül; majd a két légi jármű a konfliktus feloldása után szabadon halad a szektorból való kilépésig, a következő szektorba való átlépésig; az átlépéskor a szükséges kommunikációs tevékenységek végrehajtásával (1. melléklet).

Az 1. melléklet szerinti folyamatban a tevékenységet résztvékenységekre bontottuk, amelyek minősítésével meghatározhatóak azok a részek, amelyek az automatizálhatósági minősítés szerint a könnyen automatizálható kategóriába esnek.

Az 1. mellékletben: A PC konfliktustuskezelése: a konfliktuskutatás szerepel az ATS kézikönyvben, az EC tájékoztatása a várható forgalommal kapcsolatban szintén szerepel az ATS Kézikönyvben a PC feladatai között, azonban egyik tevékenység végrehajtása sincs részletesen kifejtve a munkatechnológiai leírásban, így a tevékenységek besorolása: tudás alapú. A repülőgép azonosítása rutinfeladat egy légiforgalmi irányító (EC) számára. A konfliktusfeloldás lépései nincsenek benne az ATS Kézikönyvben. Jellemző,

hogyan az EC és a PC megbeszéli egymással a lehetséges megoldási módokat és ez alapján kezd kommunikálni az EC a pilótákkal. A megoldási lépések meghatározása és sorrendbe állítása tudás alapú tevékenység. Azt, hogy végre tudja-e hajtani a feloldáshoz szükséges első lépést valamelyik repülőgép, azt egy eldöntendő kérdés formájában teszi fel az EC a pilótának. Egy eldöntendő kérdés feltétele, a következő frekvencia megadása és az elköszönés teljes mértékben a rutin tevékenységek közé tartozik; valamint a téves vagy hibás funkcióvégrehajtás következménye is csekély.

Az irányítási folyamat felvázolt folyamatábrája és az emberi tevékenységek automatizálási sorrendjének felállítása alapján, a frekvenciaváltás az a tevékenység, amit elsőként célszerű automatizálni. A tevékenység automatizálása során az a cél, hogy a végrehajtás felelősséget levegyük a légiforgalmi irányító válláról.

A konkrét funkció automatizálásáról: a cél, hogy azokat az információkat, amelyet jelenleg a légiforgalmi irányító közöl a pilótákkal, egy automatizmus juttassa fel a légijármű fedélzetére. Ezt kétféleképpen lehetne megvalósítani: 1.) a jelenleg is használt rádió frekvencián beszéd szintetizálás segítségével, 2.) CPDLC-n (Controller - Pilot Data Link Communications) keresztül szöveges üzenet formájában. A CPDLC használata előnyösebb, mert ezzel a megoldással csökkenteni lehet a frekvencia telítettségét is. A tapasztalatok alapján még azelőtt kiadja az EC az utasítást a frekvenciaváltásra, mielőtt a repülőgép elérné a kilépő pontot; ennek az utasításnak az automatikus kiküldését úgy lehetne megvalósítani, hogy amikor a repülőgép egy bizonyos távolságra van a kilépőponttól, akkor a légiforgalmi navigációs informatikai rendszer kiküld egy üzenetet, amely tartalmazza azokat az információkat, amiket jelenleg a légiforgalmi irányító közöl a pilótákkal, nevezetesen a következő légiforgalmi irányító központ nevét és a következő szektor frekvenciáját (például: contact Bukarest 134.460 MHz - hívják Bukarestet 134.460 MHz-en). Ez az üzenet nyugtázandó a fedélzeten, jelezve, hogy az üzenet megérkezett és az utasítás végre lesz hajtva. A nyugtázás

történhet a frekvencián, hang alapon; vagy a CPDLC-n keresztül is. Amennyiben a nyugtázás megérkezett az irányítóközpontba, a repülőgépet át lehet adni a következő irányító szolgálatnak.

5. KONKLÚZIÓK, TOVÁBBLÉPÉSI LEHETŐSÉGEK

A cikkben megjelenő módszert fel lehet használni az irányítás másik két nagy egységének (Torony, Approach) vizsgálatához, automatizálásának előkészítéséhez is. Ezen túlmenően az irányítói funkciók automatizálhatóságának minősítését lehet bővíteni, ha a minősítő rendszerben egy harmadik dimenziót is figyelembe veszünk, amely az automatizálás jelenlegi tool-okkal való megvalósíthatósága.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk alapjául szolgáló szakmai- és kutatómunkát a HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. támogatta (támogatási azonosító: HC-2017-7742); a támogatásért ez úton mondanak köszönetet a szerzők.

IRODALOMJEGYZÉK

- Embrey, D. (2005). Understanding human behaviour and error. Human Reliability Associates, 2005, vol. 1, pp. 1-10,
- Madácsi, R., M. Baráth, Zs. Sándor (2015). A speciális térgeometriára támaszkodó „PointMerge” légiforgalmi irányítási módszer továbbfejlesztése. Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés (IFFK) Konferencia 2015, ID: Paper12, pp. 73-80.
- Számel, B., G. Szabó (2015). Az időjárás körülmények figyelembe vétele a légiforgalmi szektorkapacitás irányítói munkaterhelés alapú számítása során. Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés (IFFK) Konferencia 2015, ID: Paper05, pp. 27-33.
- Sándor, Zs. (2016). A légiforgalmi irányítás információ-rendszerének funkcionális modellezése és ennek integrációs távlatai. Közlekedéstudományi Szemle, 65:(4) pp. 58-70.

1. melléklet: Tevékenység-gráf funkcióminősítés szerinti besorolással

