



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI ÉS JÁRMŰMÉRNÖKI KAR
KÖZLEKEDÉS- ÉS JÁRMŰIRÁNYÍTÁSI TANSZÉK

SZAKDOLGOZAT FELADAT

PÓTA BENCE
mérnökjelölt részére

Témakör: légiforgalmi irányítás

Cím: **A légiforgalmi irányítás jelenlegi irányítási struktúráján alapuló automatizálási lehetőségeinek vizsgálata**

A feladat részletezése:

- Tekintse át a légiforgalmi irányítás funkcionális fejlődését az irányítót támogató módszerek, eljárások és automatizmusok szempontjából;
- Mutassa be a jelenlegi légiforgalmi irányítás struktúráját és funkcióit, valamint támogató eszközkészletét;
- Azonosítsa a távolkörzeti irányítás funkcióit, alkosson funkcionális modellt;
- Adjon javaslatot az irányítói funkciók automatizálási sorrendjére és az elsőként automatizálni javasolt funkciók megvalósítási módjaira;
- Elemezze az új automatizálási funkciók bevezetésének lehetséges folyamatát és szükséges feltételeit.

A feladatot kiadó tanszék: Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék

Egyetemi konzulens: Dr. Szabó Géza


A szakdolgozat beadásának ideje: 2018. május 18.

Zárvizsga tárgyak:

1. Közlekedési automatika
2. Légiközlekedési irányító és kommunikációs rendszerek I.-II.
3. Légiközlekedési menedzsment I.-II.

Budapest, 2018. március 29.




Dr. Gáspár Péter
tanszékvezető egyetemi tanár



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI ÉS JÁRMŰMÉRNÖKI KAR
KÖZLEKEDÉS- ÉS JÁRMŰIRÁNYÍTÁSI TANSZÉK

Szakdolgozat

A légiforgalmi irányítás jelenlegi irányítási struktúráján
alapuló automatizálási lehetőségeinek vizsgálata

Póta Bence

Konzulens: Dr. Szabó Géza

2018

Tartalom

1. Bevezetés	4
2. A légiforgalmi irányítás fejlődése	6
3. Távolkörzeti irányítás funkciói, modellezése	25
3.1 A távolkörzeti irányítás áttekintése	25
3.2 A távolkörzeti irányítás modellezése.....	36
4. Az automatizálást lehetővé tevő eszközök	47
4.1 CPDLC	47
4.2 MATIAS rendszer	53
5. Javaslat az automatizálni kívánt funkcióra	59
5.1 Az irányítói funkciók automatizálhatóságának minősítése	59
5.2 Elsőként automatizálni kívánt funkció	67
6. Összegzés	70
Felhasznált Irodalom	71
Ábrajegyzék	75

1. Bevezetés

A légitrafordítás napjaink egyik legdinamikusabban fejlődő iparága. A Wright testvérek első repülése óta eltelt majd 115 évben a légitrafordítás a legbiztonságosabb közlekedési formává nőtte ki magát. A tavalyi évben az IATA (International Air Transport Association - Nemzetközi Légitrafordítási Szövetség) adatai szerint globálisan 4,1 milliárd utas szállt repülőre, és 41,8 millió felszállás történt világszerte.

Ennek a hihetetlen nagy és folyamatosan növekvő forgalomnak a kezelését végzik világszerte a légitrafordítási irányító szolgálatok. Ehhez szükségük van képzett légitrafordítási irányítókra és műszaki támogató eszközökre. A légitrafordítási irányító páros felelős az általuk irányított szektorban a repülőgépek közötti biztonságos elkülönítésért. Ennek a feladatnak az ellátáshoz járul hozzá a fejlett műszaki infrastruktúra, ami megkönnyíti a munkájukat. A mostani előrejelzések alapján a légitrafordítás várható bővülése megköveteli a legfejlettebb műszaki rendszerek alkalmazását és folyamatos fejlesztését.

Dolgozatomban a jelenlegi irányítási struktúra automatizálásának lehetőségeit vizsgálom, azon belül is a körzeti irányítást (ACC). Azt szeretném leszögezni, hogy nem biztos, hogy ez a megközelítés a legoptimálisabb, de a jelenlegi műszaki infrastruktúra még rejt magában olyan lehetőségeket, amelyekkel növelni lehet a mostani légitrafordítási irányítás automatizáltsági szintjét. Az automatizált funkciók növelésének elsődleges célja a légitrafordítási irányítók munkaterhelésének csökkentése.

A második fejezetben bemutatom a magyar légitrafordítási irányítás fejlődését, a kezdetektől a Free Route Airspace bevezetéséig. A bemutatás során történeti áttekintést adok az irányítás fejlődéséről azért, hogy érthető legyen a jelenlegi struktúra (Tower, Approach, ACC) kialakulása. Ezen kívül arra is rávilágítok, hogy milyen funkciókat automatizáltak a műszaki infrastruktúra fejlődésével párhuzamosan.

A harmadik fejezetben felvázolom Magyarország légterének szerkezetét, ebbe elhelyezem a körzeti irányító szolgálat, azon belül az ACC (Area Control Center) működésének hatáskörét, majd ismertetem a feladatait. Az ismertetés során felvázolom az EC (Executive Controller), a PC

(Planning Controller) és az SV (Supervisor) feladatait és funkcióit. Összehasonlítom az aktuális szektorszám meghatározására szolgáló két módszert: a Hungarocontrol tapasztalaton alapuló illetve az EUROCONTROL által kidolgozott tudományos alapokon nyugvó három paraméteres módszert. Ezután három különböző esetben vizsgálom egy szektorban az irányítás folyamatát, és a három különböző esetet folyamatábrán is megjelenítem.

A negyedik fejezetben a jelenleg is rendelkezésre álló két rendszert mutatom be, a MATIAS rendszert (Magyar Automated and Integrated Air Traffic System) és a CPDLC (Controller Pilot Data Link Communication)-t. Ismertetem a felépítésüket, működésüket. A MATIAS rendszer részletezése során röviden bemutatom azokat az automatizmusokat is, amelyek segítséget nyújtanak a légiforgalmi irányítóknak. A CPDLC egy olyan rendszer, amely adatkapcsolaton keresztül nyújt kommunikációs csatornát a pilóták és az irányítók között és nagy jövőt jósolnak neki, mert ha szélesebb körben fog elterjedni, nem lesz szükség annyi hang alapú kommunikációra a légiforgalmi irányításban. A két rendszer nem független egymástól, ugyanis a MATIAS 2015 vége óta képes CPDLC kommunikációra.

Ezt követően az emberi tevékenységek egyfajta csoportosítását ismertetem, majd az irányítói tevékenységeket besorolom a csoportok egyikébe, mert ez alapján tudom alátámasztani, hogy melyik tevékenységet lehet esetlegesen automatizálni. A csoportosítást az ábrákon is megjelenítem, különböző színek segítségével. Egy konkrét funkció automatizálására is javaslatot adok alátámasztva az előző fejezetek okfejtésével.

2. A légiforgalmi irányítás fejlődése

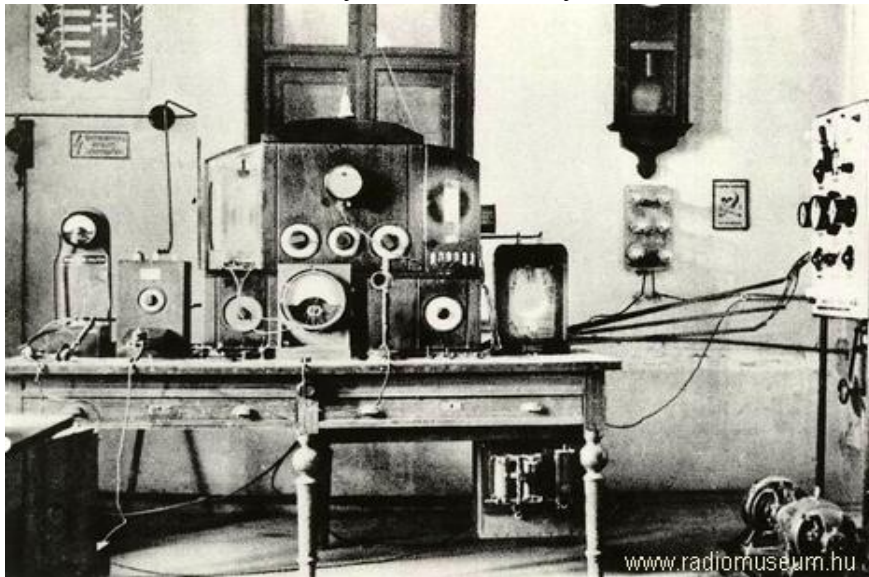
Ebben a fejezetben a légiforgalmi irányítás történetét és mérföldköveit fogom bemutatni. A fejezet elsődleges célja, hogy megértsük a jelenlegi irányítás struktúrájának kialakulását. Ezen kívül szót ejtek néhány technikatörténeti érdekességről is, mint például a Bay Zoltán és kutatótársai által kifejlesztett radar, vagy a Mirákulum nevű találmány.

A légitörlemelés és hozzá kapcsolódva a légiforgalmi irányítás alig több mint 100 éves múltra tekint vissza. Előtte is sokan próbálkoztak, de csak a 19. század végére sikerült végrehajtani az első ember által irányított repülést. Ez Otto Lilienthal német mérnök nevéhez fűződik, aki egy sárkányrepülőhöz hasonló szerkezetet épített és azzal sikerült neki 1891. szeptemberében már 15 méter távolságot megtenni a levegőben. Lilienthal sikeres kísérleteire figyeltek fel a Wright testvérek és felhasználták azokat a számításokat a munkájuk során, amelyeket még Lilienthal végzett a szárnyprofilok felhajtóerejének mérése során. [1] A Wright testvérek 1899-ben kezdték el a kísérleteiket a különböző légitörlemekkel és végül 1903-ban építették meg első repülőgépet. 1903. december 14-én próbált meg vele először felszállni Wilbur de a nagy szél miatt csak három és fél másodpercig tudott a levegőben maradni, ráadásul a repülőgép is megsérült. Szerencsére csak kisebb javításokat kellett elvégezni és 1903. december 17-én újra próbálkoztak. Ekkor Orville hasalt fel pilóta pozícióba és a 37 méter hosszúságú és 12 másodperc időtartamú repüléssel örökre beírta saját és testvére nevét a világtörlemembe. [2] Az első magyarországi motoros repülést a francia Louis Bleriot hajtotta végre. Bleriot a Magyar Aero Club meghívására érkezett Budapestre 1909. október 15-én, a felszállást két nappal később hajtotta végre 200 000 ember előtt az Üllői út mellett elhelyezkedő Kistrákosi katonai gyakorló térről. [3]

Magyarországon ekkor még csak kísérletezések zajlottak különböző repülőgépekkel. Majd 1914-ben kitört az első világháború, ahol az akkori repülőgépeket és léghajókat harci eszközként kezdték el használni. Egy 1924-ben megjelent Gasparik László által írt cikk szerint Temesváron létesült egy rádió iránymérő állomás, amely 1916-ban kezdte meg működését és feladata a Németországból a Földközi-tenger vidékére közlekedő katonai léghajók kiszolgálása volt. Ez a 30 kW teljesítményű csillapított hullámú rádióállomás tekinthető az első állam által létrehozott szolgáltatnak, amely a légitörlemek földi irányításának céljából jött létre. [4] 1916-ban létesült a Magyar Állami Gépgyár, amely Fokker és Aviatik típusú vadászrepülőgépeket gyártott. A gyár közelében helyezkedett el a mátyásföldi repülőtér, ahol a legyártott repülőgépeket berepülték, ennek köszönhetően lett végül Mátyásföldön az első közforgalmú nemzetközi repülőtér Magyarországon. 1918 júliusában innen szállt fel a Budapest és Bécs között közlekedő első postajárat. [5] Az 1920-as trianoni békeszerződés értelmében meg kellett semmisíteni az összes repülőgépet és repülőgépgyárat. Azonban a polgári légitörlemelés repülőtereit megtarthatta az

ország és a Szövetséges és Társult Hatalmak légijárművei számára rendelkezésére kellett állniuk. [6] Ezen felül 1921.július 26-tól 1922 végéig teljes repülési tilalom volt érvényben Magyarországon. Az első nemzetközi járat 1922. április 29-én érkezett Párizsból Prága érintésével, amelyet a francia tulajdonú Franco-Roumaine légiforgalmi vállalat üzemeltetett. „. Június elsejétől Budapestnek már naponta volt légi összeköttetése Prágával, Varsóval és Strasbourggal. A már említett repülési tilalom feloldása után két magyar légitársaság is alakult Budapesten: a Magyar Légiforgalmi Rt. (MALERT) Fokker III.-as repülőgépei Mátyásföldről repültek Bécsbe és Belgrádba, az Aeroexpress Rt. Junkers gyártmányú F-13-as hidroplánjai pedig a Duna Műgyetem előtti szakaszáról felszállva indultak Prágába, Zágrábra és Bukarestbe.” [4]

A francia Franco-Roumaine „légitársaság felkérésére a Magyar Királyi Posta rádió-kirendeltséget létesített Mátyásföldön. A rádió-kirendeltség adóállomása Csepel-szigeten volt és a 250 wattos Huth adót (lásd 1. ábra) Mátyásföldről billentyűzték.” [7]



1. ábra: 250 W-os Csepeli Huth adó
(Forrás: http://www.radiomuseum.hu/hradk_m.html)

A megnövekedett légiforgalom indokoltá tette a repülés számára a rádiószolgálat létrehozását, amelynek két fő feladata volt: egyrészt az egyes repülőterek között, másrészt pedig a repülőterek és a légijárművek közötti rádióösszeköttetések biztosítása. „. Ezért a Huth adót Csepelről áttelepítették Mátyás-földre, hogy a repülőtér a légijárművek fedélzeti rádióállomásaival közvetlen összeköttetést tarthasson.” [7] A kirendeltség eleinte csak meteorológiai és egyéb szolgálati táviratokat közvetített Bécs és Belgrád repülőterére. Ez a Huth adó nemcsak a légiforgalmat szolgálta, ugyanis ebben az időben kezdődött el a kísérletezés a mősorszórással. 1923 márciusában Csepelen üzembe helyeztek egy új Huth-adót, amely „. 1923. június 23.-tól állami szolgálat keretében biztosította a Magyar Királyi Posta a repülőterek közötti táviró-összeköttetést. Így ez az adó tekinthető az ún. Légiforgalmi Állandóhelyű Távközlési Hálózat (AFTN) ősenek.” [4] A 45.396/1924. Magyar Királyi Kereskedelemügyi Miniszteri rendelet már előírta, hogy a repülőtereknek milyen felszereléssel és szolgálati személyzettel kell rendelkeznie. A szolgálati

személyzet tagjai hivatalos személyek voltak, és ők adták ki az engedélyeket a repülőgépek le- és felszállására. Idézet a jogszabályból:

„ 3. §. Közforgalom céljára engedélyezett repülőtéren repülőgépek tárolására és a légi forgalom lebonyolítására, valamint ezekkel kapcsolatosan felmerülő szükségletekre^ szolgáló épületeknek és egyéb berendezéseknek, továbbá rendszeres forgalmi szolgálat ellátásához szükséges személyzetnek kell lenniük.

9. §. Minden repülőtér (léghajókikötő) és alkalomszerű leszállóhely, úgyszintén vízi repülőállomás az illetékes m. kir. repülőtergondnokság felügyelete és ellenőrzése alatt áll, amely egyúttal az esetleg közvetlenül alája rendelt repülőtér igazgatását is intézi (...).

11. §. A repülőtergondnokság, illetőleg a nem közvetlen igazgatása alatt álló repülőtér ügyvezetője felügyel az üzemmenet rendjére, az üzembiztonsági szabályok megtartására, gondoskodik az ügyeleti szolgálat ellátásáról, megvizsgálja az induló és érkező repülőgépeket és okirataikat, indítja és fogadja a repülőgépeket (...).

17. §. A repülőtér felett, valamint ennek széleitől számított kétezer méteren belül és kétezer méter magasságon alul a repülőgép köreit és fordulatait balra kell végezni. Ellenkező irányú fordulatokra engedélyt esetenként a repülőtergondnokság (ügyvezető) adhat.” [8]

Ugyanebben a törvényben már szabályozták, hogy milyen jelzéseket kell adni, a leszállás engedélyezése és tiltása esetén. Ezeket különböző színű jelzőfényvel és jelzőrakéták segítségével valósították meg. Idézet a törvényből:

„13. §. Ha a légi járómű valamely repülőtertről leszállásra engedélyt kér, ezt az engedélyt a repülőtér részéről zöld röppentyű kilövésével, vagy zöld lámpával, és amennyiben a légi járómű hívójelét adta, ennek ismétlésével is adják meg.

14. §. A repülőtér leszállási tilalmat éjjel vörös röppentyű kilövésével vagy vörös lámpával jelez.

15. §. Nappal a leszállási tilalmat a leszállási jel keresztbe fektetésével jelzik. Jelezni lehet azonban nappal is a 14. §. rendelkezése szerint.

16. §. Éjjel érkező légi járóművek tájékoztatására a repülőtér fekvését szükség esetében fehér röppentyűk kilövésével jelzik.

Ha a repülőtér felett egyidőben — akár nappal, akár éjjel — több légi járómű tartózkodik és feltételezhető, hogy egymásról nem tudnak, erre a körülményre a repülőtertről a leszállás sorrendjének megtartása céljából legalább két zöld, és két vörös röppentyűnek felváltva történő kilövésével, vagy egymás mellett elhelyezett zöld és vörös lámpával hívják fel a légi járóművek figyelmét.

17. §. A légi járómű leszállását elrendelő jelzések a következők:

a) *Nappal : három, tíz másodpercnyi időközben tett lövés olyan lövedékkel, amely a robbantáskor fehér füstöt fejleszt.*

b) *Éjjel: három, tíz másodpercnyi időközben tett lövés olyan lövedékkel, amely a robbanásakor zöld fényt ad vagy zöld csillagokat szór.*” [8]

A törvényből látszik, hogy már 1924-ben olyan szabályokat alkottak, amelyek precízen szabályozták az akkori légiközlekedést az adott technikai színvonal mellett. Ez magában foglalta a Magyar Királyi Légügyi Hivatal felállítását, a légiforgalmi szolgálatok és a kezdetleges légiforgalmi irányítás előírásait is.

Ebben az időben minden ország maga szabályozta a repülőgépek és a légiforgalmi szolgálatok közti információáramlást. Ez a repülőgépek személyzetének okozott problémát, mert egy repülőgép az útja során több ország fölött is elhaladt és mindenhol más szabályoknak kellett megfelelniük. [7] A szabályok egységesítése érdekében 1927 őszén Washingtonban megtartották a Nemzetközi Rádiótávíró Konferenciát, ahol 80 ország vett részt, köztük Magyarország is. [9] A konferencián a különböző célú légiforgalmi frekvenciákat sávokra osztották annak érdekében, hogy azok egymást ne zavarják a forgalmazás során. A frekvenciák és a hozzájuk rendelt funkciók a következők lettek:

- „194-285 kHz a légimozgó és az állandóhelyű légiforgalmi (lég/föld) összeköttetések céljára;
- 285-315 kHz kizárólag földi rádióirányadó állomások (Radio range, NDB) céljára;
- 315-350 kHz a légimozgó szolgálat céljára, ezen belül a 333 kHz-et a nemzetközi forgalomban általános hívás céljára;
- 500 kHz segélykérő frekvencia a tengeri hajózásban és a repülésben.” [7]

Az 1928-ban az MLRt.(később Malert) az újonnan vásárolt Fokker F-VIII. típusú repülőgépére rádióadó/vevő egységet szereltetett. „ A Mátyásföldi rádió- kirendeltség 1930.-ban megkezdte a levegőben lévő légijárművekkel történő kapcsolattartást is, ehhez Csepelen egy újabb rádióadót kellett telepíteni. A háborúból megmaradt 1 kW-os, 1250 méteres hullámhosszon dolgozó (240 kHz) Telefunken adóberendezést a honvédség adta át a postának, és az Csepelen egy külön épületben került elhelyezésre. Antennáját, egy „T”-sugárzót a nagy antenna oldalárbocára erősítették fel 40 méter magasságban. A szükséges vevőt házilagos kivitelezésben készítette el a kirendeltség.” [4]

„ A "Telefunken" gyártmányú rádió-iránymérő állomást 1931-ben telepítették Mátyásföldön. Az iránymérő állomásokat itt is és a vidéki repülőtereken is a Légügyi Hivatal (Légierő) üzemeltette 1933. március 1-től 1938 áprilisáig. A polgári légiforgalmi vezető Horváth L. Nándor postafőtiszt volt. A GONIO 333 kHz-en forgalmazott a repülőgépekkel, 336 kHz-en egymás között leveleztek a rádió-iránymérő állomások, és 322 kHz volt a leszállító frekvencia.” [10]

1937 június 20-án nyitották meg a budaörsi repülőteret, amely a korabeli európai repülőterekkel azonos színvonalon volt. Az akkori legmodernebb híradástechnikai berendezésekkel szerelték fel a repülőteret és környékét. Ezek a berendezések a következők voltak:

- a rádióadók a Tétényi fennsíkon;
- a rádióvevők a forgalmi épületben;
- iránymérők a repülőtértől keletre;
- a ködben vagy éjjeli leszállás berendezése;
- a meteorszolgálat rádiórésze;
- géptávíró összeköttetés a többi nemzetközi repülőterekkel;
- távbeszélő.

A Tétényi-fennsíkon levő adóházban (lásd 2. ábra)



2. ábra: A Tétényi-fennsík adóközpontja

(Forrás: https://adtplus.arcanum.hu/hu/view/TERESFORMA_1937/?pg=396&layout=s)

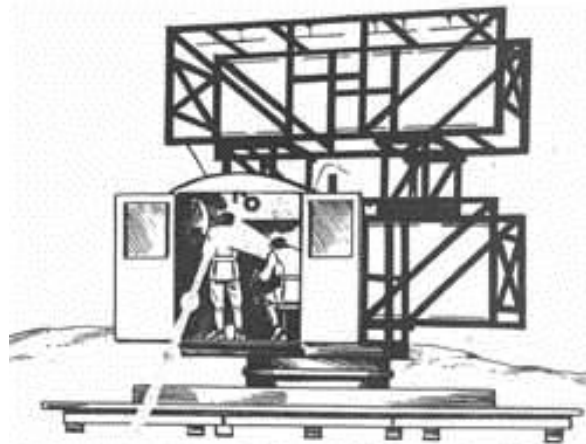
négy darab adóberendezést helyeztek el: 1 db. 1.5 kW-os adót a repülőgépekkel való összeköttetésre, 1 db. 500 W-os adót az időjelző kisugárzásokra, 1 db. 200 W-os adót a repülőterek egymásközi összeköttetésére és 1 db. 200 W-os rövidhullámú adót, amely léghőri zavarok esetén hivatott a nemzetközi repülőterekkel és gépekkel az összeköttetést fenntartani. A sugárzást az adóház körül felépített három darab 40 méter magas antennával valósították meg. Az adás az iránymérőházban, vagy a vevőközpontban távbillentyűzés útján történt a Telefunken gyártmányú adóberendezés segítségével. [11]

A repülőter keleti részén található rádió iránymérő állomáson két munkahely volt. Az egyik munkahelyen dolgozó a kaposvári és szombathelyi iránymérő-állomások segítségével iránymérést végzett az ország felett közlekedő repülőgépek számára, a másik munkahelyen dolgozó pedig a

megközelítést végző és leszállni készülő légi járművek tájékozódását segítette. Ez a két feladat először Budaörsön különült el, „ ettől az időponttól számíthatjuk Magyarországon az Útvonal-irányítás (Körzeti Irányító Központ, Area Control Centre, ACC) és a Bevezető irányítás (Közelkörzeti Irányító Központ, Approach, APP) létrejöttét. [4]

A GONIO és az úgynevezett Bake rendszer segítségével rossz időjárási feltételek mellett is le tudtak szállni a repülőgépek. A GONIO iránymérő állomás kiegészítő információkat tudott közölni a pilótákkal. A Bake rendszer pedig a repülőtér nyugati végéből a futópálya tengelyében sugárzott ultra-rövid hullámú jeleket 268° -os fokos irányszögben a földfelszínnel 5° -os szöget bezárva, amit a repülőgép fedélzetén levő műszer érzékelt és mutatta a pilóta számára a helyes irányt. Ez a berendezés a mai ILS (Instrumental Landing System- Műszeres Leszállító Rendszer) elődjének tekinthető. [12]

Magyarország 1941-ben belépett a második világháborúba és ennek hatására a „ Hadi Műszaki Tanács javaslatára a Honvédelmi Minisztérium úgy döntött, hogy mikrohullámú kísérleteket kell végezni. Ennek kettős célja is volt, egyrészt a mikrohullámú hírközlés, másrészt a repülőgépeknek mikrohullámú felderítése és helyzet meghatározása. Ilyen körülmények között döntött úgy a Honvédelmi Minisztérium, hogy kötelezi az Egyesült Izzó Kutatólaboratóriumát a mikrohullámú kísérletek elvégzésére, teljes titoktartás mellett és az összes költséget fedezve.” Ezért egy 40 fős kutatócsoportot állítottak fel Bay Zoltán vezetésével, ami 1943-ban sikeres kísérletet hajtott végre a Borbála és SAS lokátorokkal (lásd 3. ábra), azaz sikerült repülőgépeket követni a segítségükkel. [13]



3. ábra: SAS radar sematikus rajza

(Forrás: <http://www.termeszetvilaga.hu/szamok/tv2006/tv0608/s3.jpg>)

1945-ben Budapest ostroma során a budaörsi repülőtér iránymérő állomása teljesen tönkrement. Több mint 1 évre volt szükség, hogy újra működképessé tegyék a távbeszélő központot. A technológia és a módszerek nem változtak a háború előttihez képest. Még mindig a Magyar Posta alkalmazottai dolgoztak a repülőtéri rádióállomáson és a ZZ eljárást használták a repülőgépek leszállításához. 1946. március 29-én megalakult a MASZOVLET –Magyar- Szovjet

Polgári Légiforgalmi Rt.. Szeptember érkeztek meg a budaörsi repülőtérre a MASZOVLET új Li-2-es repülőgépei, azonban ezeken még nem volt közép/hosszú hullámú fedélzeti adó/vevő berendezés, ezért rossz idő esetén, amikor még a ZZ eljárást lehetett volna alkalmazni a repülőgépek nem közlekedhettek. [7]

1950. május 7-én adták át a ferihegyi repülőteret. Már a budaörsi repülőtér megnyitása után felmerült egy új repülőtér építésének gondolata és ekkor jelölték ki a ferihegyi pusztai területét, ahol nem sokkal később meg is kezdték az építkezést. Ezt a repülőteret már egyértelműen hosszabb távú célokra tervezték. A második világháború alatt komoly károkat szenvedett és az újjáépítés is csak 1947-ben kezdődött, ezért lett végül csak 1950-ben átadva. [14] Mivel ez lett az ország új nemzetközi repülőtere a légiforgalmi irányítást is meg kellett szervezni. A terminálpépület két tornyát rendezték be a légiforgalmi irányításnak szükséges berendezésekkel. „A két irányítótorny között a jobboldaliból végezték a le- és felszálló, valamint a repülőtéren mozgó légi járművek irányítását rövidhullámon (4. ábra), ekkor már –a kor követelményeinek megfelelően- nem Morse-, hanem beszéd (fónia) üzemmódban, 3732 KHz-en.” A Főépület harmadik emeletét alakították ki a rádió- és meteorológiai szolgálatnak. „Ide költözött át Budaörsről a Control, a Rádió Üzemközpont, s a baloldali toronyban kapott helyet a meteorológiai szolgálat észlelője. A Rádió Üzemközpont a külföldi repülőterekkel tartott fenn kapcsolatot közép- és hosszuhullámon, a Control pedig rövidhullámon, 3665 KHz-en a keleti, 3875 KHz-en a nyugati országrész felett repülő légi járművekkel. A repülőtéren saját rádióállomása volt Gyál határában, csakúgy, mint Budaörsnek a Tétényi-fennsíkon. A III. emeleten voltak az ún. gépkísérő munkahelyek, ahol a rádiótávírással rövidhullámon tartották az összeköttetést a légi járművekkel, és a helyzetjelentéseket továbbították az útvonalirányítás, a „Távolkörzet” számára”. [4]



4. ábra: A ferihegyi irányítótorny az ötvenes években
(Forrás: https://www.fortepan.hu/_photo/display/22379.jpg)

Az 1957-es év komoly változásokat hozott a hazai légiközlekedés és légiforgalmi irányítás területén. Az 1954-ben alakult Malév átvett Li 2-es repülőgépeket a Magyar Néphadseregtől, ezenfelül vásárolt még három darab IL 14-est a Szovjetunióból. Ezeken már volt URH (Ultra Rövid Hullámú) rádió adó-vevő berendezés. Ekkor szerelték fel az irányítótoronyba a 118,100 MHz-en működő rádió adó-vevő berendezést, a mai napig ezt a frekvenciát használja a ferihegyi toronyban működő légiforgalmi irányító szolgálat. [7] Az 50-es évek végén a sugárhajtású polgári repülőgépek megjelenése miatt 1958-ban a futópályát meghosszabbították 511 méterrel, így elérte a 3010 méteres végleges hosszát. A fejlesztés célja az volt, hogy a repülőtér elérje az ICAO által előírt I.-es kategóriát. Ennek kapcsán telepítettek a PYE angol cég által kifejlesztett Műszeres Leszállító Rendszert, és a Cal-Vert típusú bevezető fénysort. Ezt a két berendezést csak a futópálya Vecsési végébe telepítették, mert a repülőgépek abból az irányból szálltak le legtöbbször. [15]

1959-ben helyezték üzembe a szovjet gyártmányú ORL-5M típusú közelkörzeti- és a PRL 5M típusú leszállító radart. Ez volt az első két radar, amely a légiforgalmi irányítást szolgálta. A leszállítóradart egy kocsihoz telepítették és katonák őrizték, később egy emelvényre állították rá a lokátor kocsit, amit egy királycsap körül lehetett elforgatni annak érdekében, hogy a város felől érkező repülőgépek is tudják használni a leszállás során. A két új radar üzembe helyezésével lezárult a magyar légiforgalmi irányítás földi rádió-iránymérésen alapuló irányítása. Közben folyamatosan állt át minden légiforgalmi irányító egység az URH rádiófrekvenciákra. A Control (távolkörzet) is új rádiókat kapott. A 125,5 MHz-es frekvenciát az alacsonylégtér kapta, a 126,5 MHz-es frekvenciát pedig a magaslégtér. [4] „1959-ben létrehozták a bevezető irányító szolgálatot, az Approach-ot. Az Approach feladata abból állt, hogy az érkező légi járműveket a Közelkörzeti légtérben (Terminal Manouvering Area – TMA) a leszállást biztosító végső egyenesre irányítsa. Azok, akik ezt a feladatot elláthatták, korábban távirászkok vagy repülésvigyázók voltak, akik gyakorlati képzésen vettek részt Moszkvában, ahol „az RSZP-4 rádió- lokátor rendszerben történő repülőgép forgalom irányításból” sikeresen levizsgáztak. Mielőtt megkezdték a munkájukat, a Légügyi Főigazgatóságtól megkapták a lokátor-operátor szakszolgálati engedélyt. Így ekkorra a polgári irányításban már három irányítói szolgálat is létezett, mivel a repülőtéri- és az útvonal-irányítás már korábban szétvált.” [16]

Az egyre sűrűbb légiforgalom nyilvántartása az addig használt út-idő diagramok helyett új eszközt találtak ki, amit az irányítók Mirákulum-nak (lásd 4. ábra) neveztek.



5. árba: A Mirákulum nevű találmány

(Forrás:

http://kjit.bme.hu/images/stories/targyak/LEGIR2/lirkom2_2016/2017/II_1ea_febr9_MU_ATC.pdf)

Ezt úgy kell elképzelni, hogy egy íróasztalra felragasztották Magyarország térképét, az akkori légi útvonalakat egy-egy vájat jelölte, amelyben volt egy teleszkópos rúd. A teleszkópos rúd tetején egy repülőgép makett volt és a rúd hosszának változtatásával lehetett érzékelteni a légi jármű magasságát. Az volt ennek a rendszernek a hátránya, hogy a teleszkópokat és rudakat nehezen tudták mozgatni és ezért az egyre gyorsabb légiforgalmat nem tudták követni vele. Maga az ötlet jó volt, mert gyakorlatilag a térben tudták ábrázolni a légi járművek helyzetét, azonban az előbb említett problémák miatt nem használták sokáig ezt az eszközt. [4]

Ebben az időben alakult ki a légiforgalmi irányításban az, hogy egy ember egyszerre nézi a radarernyőt és rádióan kommunikál a légi járművekkel. Korábban volt egy rádiós vagy másnéven fóniás és volt egy úgynevezett repülésvigyázó. A fóniás kommunikált URH-n keresztül a repülőgépek személyzetével, a repülésvigyázó pedig az aktuális légtér helyzetet figyelte. 1958-60 között a két korábban említett munkahely összeolvadásának eredményeképpen először a toronyban, majd a radarirányítóknál, végül pedig a Control-ban is repülésirányítónak nevezték a szolgálatot teljesítő szakembereket. Ezt az elnevezést akkoriban szakmai körökben használták, az 1958-tól kiállított új szakszolgálati engedélyekben az angol Air Traffic Controller tükörfordítása, a Légiforgalmi Irányító szerepelt. A mai napig ez a hivatalos elnevezése a szakmának. [4]

Az 1960-ban elkészült meghosszabbított futópálya 13-as irányú város felé eső küszöbe már nem volt látható a jobb oldali toronyból, mert a baloldali eltakarta a kilátást, ezért a repülőtéri irányítás átköltözött a baloldali toronyba, amit ezután a meteorológusokkal együtt használt. [7] A költözés után új műszaki eszközöket használhattak a toronyban dolgozók. „Új telefonokat kaptak, beszerelték a repülőtéri fények kapcsoló és visszajelző berendezéseit, és egy 16 csatornás magnetofont is a közlemények rögzítésére, így ezek után nem kellett vezetni a rádiólevelezési

jegyzőkönyvet.” Ekkor már a bécsi, pozsonyi, és belgrádi körzeti irányító központtal volt közvetlen összeköttetése a ferihegyi toronynak. „ Emellett csatlakoztak a légiközlekedési állandóhelyű telekommunikációs hálózathoz (Aeronautical Fixed Telecommunication Network – AFTN) is. Ennek a rendszernek a segítségével összeköttetést létesíthettek több ország repülőtereivel, és légiforgalmi irányító szolgálataival, és megoszthatták egymás között a repülésekről szóló légiforgalmi tájékoztatásokat” [16]

1964. február 17-én kigyulladt a MALÉV HA-MAH lajstromjelű Il-14-es repülőgépe és emiatt használhatatlanná vált. A repülőgép biztosítása Dollár pénzben volt és ez jól jött a MALÉV-nak, mert a Dollár konvertibilis valuta volt. A biztosítótól kapott összegből megvették az akkor nagyon korszerűnek számító angol gyártmányú Plessey AR-1-es radart (lásd 6. ábra), amit kifejezetten a bevezető irányítás számára készült.



6. ábra: Plessey AR 1 típusú radarberendezés

(Forrás: <http://woottonbridgeiow.org.uk/decca-legacy/chapter6.php>)

Ez a berendezés már valódi radarállomás volt, nem gépjárműre telepített rendszer és valódi adóházat építettek neki a futópályát északról megkerülő szervizút mellé. A radaradatokat kábelen keresztül juttatták el a főépület harmadik emeletén kialakított irányítói munkahelyre. [4]

1965-ben a Távolkörzeti vagy másnéven útvonal irányítás beköltözött az úgynevezett „Sziklaközpontba” ami a Kis-Gellérthegy gyomrában a második világháborúban kialakított bunker volt. Ekkor jött létre az ORISZ (Országos Repülésirányító Szolgálat), amely egyrészt katonai állományból, másrészt polgári személyzetből állt. A katonai állományt a korábbi Országos Légvédelmi Parancsnokság Átrepülési Osztályának emberei alkották, míg a polgári állomány MALÉV Repülésirányító Osztályának dolgozói voltak. A polgári távolkörzeti irányítók rosszabb munkafeltételek közé kerültek a ferihegyi körülményekhez képest, és az AR 1-es radar adatait sem tudták használni, mert nem volt közvetlen összeköttetés a Ferihegyen működő radarral. Radar adatok nélkül csak a repülőgép vezetők helyzetjelentésére támaszkodva az eljárás irányítás technológiáját tudták használni, illetve a második világháború idején alkalmazott ÁTK táblát. Az ÁTK táblára zsírkrétaival rajzolták fel a légi járművek helyzetét, de az adatok 2-3 perces késése

miatt ez meglehetősen pontatlan volt, ezért ez csak arra volt alkalmas, hogy a katonai szolgálat a polgári légi forgalomnak a légifolyosóban való tartását ellenőrizhesse. [7] Ez az irányítási módszer a légiforgalmi irányítóknak nagy megterhelést jelentett, erről árulkodik egy korábban a „Sziklában” dolgozó nyugdíjazott légiforgalmi irányítóval készült tavalyi interjú. „A pilóták helyzetjelentésein alapuló eljárás-irányítás rendkívüli kihívást, ugyanakkor igen nagy megterhelést jelentett számunkra, de ezekért szerettük. Az irányító a táblán két dimenzióban látta az adatokat, de gondolkodnia három dimenzióban kellett. Ez elsősorban a gépek süllyesztésénél, emelkedésénél jelentett komoly kihívást, hiszen nemcsak az irányokra, sebességekre, és magasságokra kellett figyelni, hanem a legfontosabbra, a gépek egymástól való vízszintes és függőleges távolságára, azaz az elkülönítésére is.” (...) „Ez így nem hangzik izgalmasan, de ha belegondol, hogy 50-150 tonnás óriásgépek tartották egymástól a kevesebb, mint 500 lábnyi magasságot mindössze kétmérföldes távolságban, el tudja képzelni, hogy ez a pilóta és az irányító oldaláról milyen összhangot igényelt. Ráadásul ennél a módszernél is nagyon sokat kellett beszélni, mert radarjel híján minden információt a pilótától kellett beszerezni, és ez rendkívüli módon lekapacitált minket” A repülések adatait járatnyilvántartó szalagokon (lásd 7. ábra) tárolták, amelyen szerepelt a repülőgép hívójele, sebessége, magassága, típusa, az induló és érkező reptér, valamint Magyarország feletti útvonala. Mivel nem volt valós idejű a repülőgépek követése a szomszédos irányítószolgálatokkal telefonon keresztül szereztek információt, hogy hol és milyen magasságon fog belépni az adott gép Magyarország légterébe. [17]

AWE347	H112	KPHX	+TFD2 TUS J92 VYLLA+			
A319/Q	P1703		KPHX CHEZZ2 TUS J92 . / . MMR			25
792	390			Y		P

7. ábra: Járatnyilvántartó szalag

(Forrás: <http://www.rapp.org/archives/2013/05/looking-back/flight-progress-strip/>)

Ebben az időben a magyar légtér szovjet minta szerint működött, ami azt jelenti, hogy elsősorban katonai célokra használták a légtérrel. A polgári légiforgalom a megtúrt kategóriába tartozott. „A polgári légiforgalom számára kijelöltek hat darab 10 kilométer széles légifolyosót (lásd 8. ábra), amelyek Budapest felett találkoztak, és Jánossomorja kilépőponton át Bécs felé, Esztergom kilépőponttal Prága felé, Eszenyén át Moszkva irányába, Battonyán keresztül Bukarest felé, Kelebia kilépőponttal Belgrád irányába, valamint Csurgó érintésével Róma felé vezetett. A polgári légijárművek kizárólag ezekben a légifolyosókban közlekedhettek, azokat nem hagyhatták el. Mivel a légszaváros-dugattyús légijárműveket lassan felváltották a sugárhajtásúak, a légifolyosók szélességét 1973-ban 20 Km-re növelték.” A légifolyosókon kívül tilos volt a repülés a polgári repülőgépeknek és a katonai gyakorlatok alkalmával csak szűkített folyosók álltak rendelkezésre. [4]



9. ábra: KORENY másodlagos radar

(Forrás: <http://docplayer.hu/24147631-5-eloadas-kjit-legir-i-oktober-10.html>)

A másodlagos radar abban különbözik az elsődlegestől, hogy kisebb energiájú kérdező kódot bocsátanak ki, amire a légi jármű fedélzetén elhelyezett válaszjeladó (transponder) kódolt formában válaszol. „Ez a kód tartalmazza a légi jármű számára kiosztott speciális kódot, valamint a légi jármű repülési magasságát. A transponder által a fedélzetén, 1090 MHz-en kibocsátott jeleket a földi vevő vétel után dekódolta, majd koaxiális kábelen továbbította a Főépület III. emeletére. Itt az AR-1 műszaki berendezéseit tartalmazó szobába telepítették a jelfeldolgozó egységeket, amelyek a sötétszobába továbbították adataikat.” [4]

1972 június 27-én kötött Magyarország szerződést a Szovjetunióval a SZIGMA radarrendszer megvásárlásáról. Ezután el kellett dönteni, hogy hol legyenek a radarállomások és az irányítóközpont. Két darab radarállomásra volt szükség, ahhoz, hogy az ország egész légterét le lehessen fedni, akkor is, ha az egyik elromlik vagy más okok miatt működésképtelenné válik. Az egyiket a Dunántúlra, a másikat pedig az Alföldre tervezték elhelyezni. A döntés végül Kőrishegyre és Püspökladányra esett. 1975-ben kezdődött Kőrishegyren, majd Püspökladányban a nagy hatótávolságú radarberendezések telepítése. A berendezéseket úgy építették meg, hogy egyszerre tartalmazza az elsődleges és másodlagos radart is. Az elsődleges radar a szovjet gyártmányú UTYOSZ-M nevű rendszer volt, a másodlagos pedig a korábban említett KORENY típusú radar. Az új radarállomások elsődlegesen a polgári légiforgalmi irányítást szolgálták, de felszerelték a BAZALT nevű, a Varsói Szerződés tagállamainak katonai légi járműveit azonosítani képes radarberendezésekkel is. A SZIGMA rendszer (lásd 10. ábra) telepítése az irányítóközpontba 1977 szeptemberében kezdődött. A rendszert 1980 október 29-én adta át ünnepélyes keretek között Vladimir Kodlov a Szovjetunió rádióipari miniszter helyettese. 1980. december 1-16-ig az Útvonalirányító osztály tesztelte éles gyakorló üzemben az új rendszert. A teszt során komoly hibát nem érzekeltek az irányítók, ezért 1981. január 5-től már az új berendezéseket használták. [4]



10. ábra: A bevezető irányítás által használt SZIGMA rendszer Ferihegyen

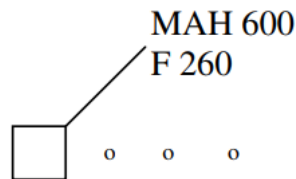
(Forrás: [http://www.fomterv.hu/mmk/?q=system/files/26-](http://www.fomterv.hu/mmk/?q=system/files/26-Automatiz%C3%A1ll%C3%A1s_AirTraffic_Mudra_2017m%C3%A1j11.pdf)

[Automatiz%C3%A1ll%C3%A1s_AirTraffic_Mudra_2017m%C3%A1j11.pdf](http://www.fomterv.hu/mmk/?q=system/files/26-Automatiz%C3%A1ll%C3%A1s_AirTraffic_Mudra_2017m%C3%A1j11.pdf))

Ferihegyen 1983 végére készült el az 1977-ben indított nagyberuházás első üteme, aminek a keretén belül épült egy új utasterminál, egy új futópálya és az új irányítótorony. Az új irányítótorony nem egyenlő távolságra épült a két futópálya közé, az új futópályától 500 méterre jelölték ki a helyét. „, 1983. augusztus 29-én Obrotka Gyula a Légiforgalmi főosztály vezetője hivatalosan átvette Erdei Tamás főmérnöktől a repülőtéri irányítás új munkahelyét az új Torony tetején, a 10. emelet magasságában lévő kabinban. Az új Toronyban kapott elhelyezést a 8. emeleten meteorológiai észlelő és a Budapest Rádió is ide költözött” [7] Az irányítók egy 47 méteres magasságban elhelyezett nyolcszögletű kabinba kerültek. A nyolcszögletű kabinban a munkapultok úgy lettek elhelyezve, hogy minden munkahelyről a legjobb kilátás nyíljon annak illetékességi területére. „, Így a 2-es Terminál irányába néző pultot kapta a gurító irányítás, az új pálya felé nézőt a torony irányítás. Arra az esetre, ha az aktuális széliránynak megfelelően, a város felől érkeztek a gépek és Vecsés irányába indultak, rendelkezésre állt egy további toronyirányítói munkahely is, amely az 1-es pálya irányába nézett.” A többi munkahelyet a megmaradt szabad helyekre építették be. Így került a Supervisor munkahelye a Rákoshegy irányába néző pulthoz, míg a fényvezérlő pult a Vecsés felé néző irányba. A gurító irányítás pultjánál két irányító dolgozott, az egyik volt a gurító koordinátor, aki megtervezte a forgalmat és kapcsolatot tartott a földi egységekkel, a másik pedig a gurító irányító, aki rádión keresztül kommunikált a földi gurulást végző repülőgépek pilótáival. A toronyirányítói munkahelyen is két fő dolgozott. A toronyirányító adta ki a fel- és leszállási engedélyeket, illetve a repülőtér közvetlen környezetében irányította a forgalmat. Mellette volt egy toronykoordinátor, akinek a munkája csak adatközlésből állt, döntéseket nem kellett hoznia. Az irányítói kabin tetejére került a gurítóradar, ami rossz látási viszonyok között is lehetővé tette a toronyban dolgozó irányítóknak a földön mozgó légi járművek nyomon követését. [4]

1984-ben a Körzeti Irányító Központban megalakult a Repüléstájékoztató központ (Flight Information Centre-FIC), ami a kisépességű repülés számára ad fontos információkat. [16]

1986. augusztus 15-én adták át a Ferihegyre telepített SELENIA ATCR-33-as radarberendezést és a hozzá kapcsolódó jelfeldolgozó rendszert. A jeleket a DDS-80 típusú radarindikátor jelenítette meg, amely mutatta a légi jármű SSR kódját vagy hívójelét, és a magasságát. (lásd 11. ábra)

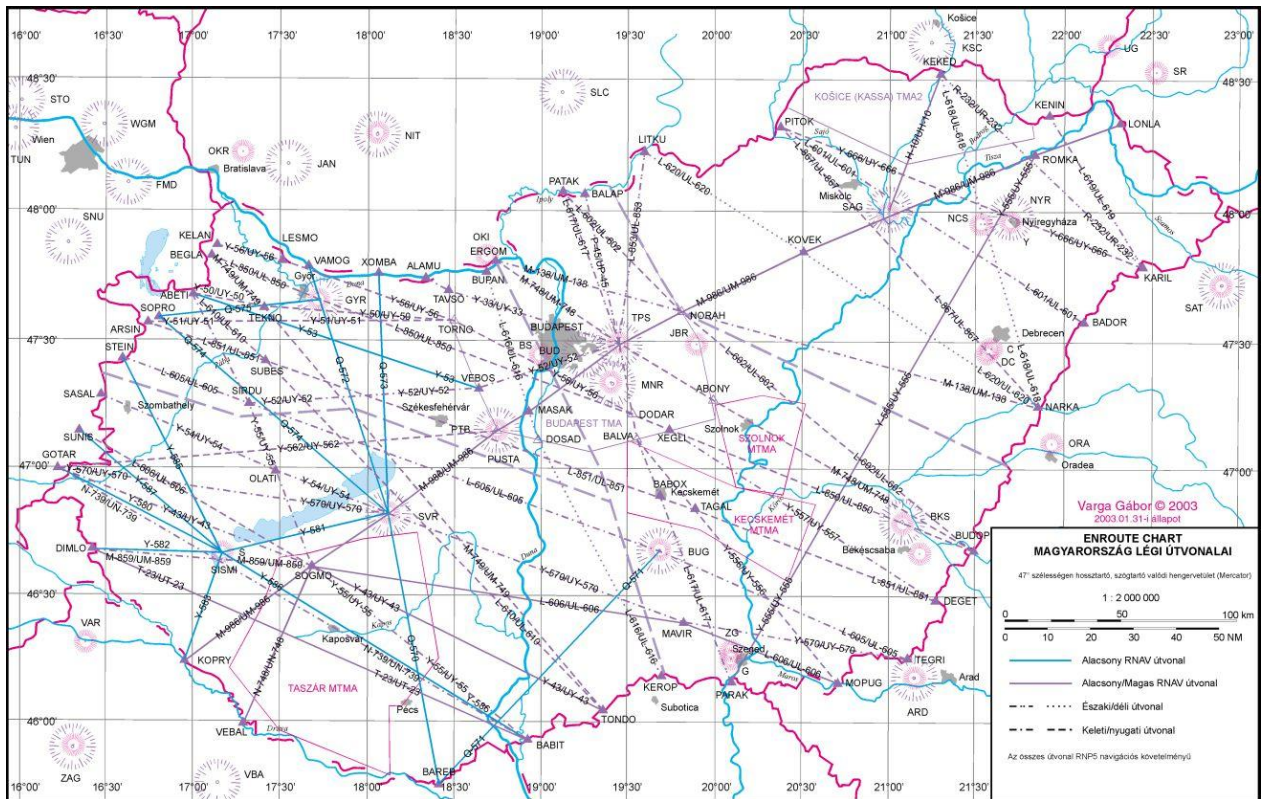


11. ábra: Jelek megjelenítése a DDS-80-as indikátoron

(Forrás: <http://renner.uw.hu/disszertacio.pdf>)

„Az irányítói munkahely pultsora három pultból állt. Ebből kettő (a baloldali TD, és a középső RC) lényegében egyforma volt, még a jobboldali előtt ült a PC és az FD. Egymás mellé került (balról jobbra) a TD (Traffic Director), a radarirányító (RC), a tervező irányító (PC), és az adatközlő (FD) munkahelye. Ez utóbbi három munkahelyen állandóan dolgozott egy-egy fő, míg a TD-t csak nagy érkező forgalom esetén üzemeltették, általában napi egy-két órán át, és ez volt egyben a tartalék munkahely is.” A PC és az FD előtt voltak egy íves kialakítású tartón a következő órákban várható forgalom repülésnyilvántartó szalagjai, az érkező légi járművek piros, az indulók kék műanyag tartókban. „Ezen kívül telefonos intercom- rendszer, a Ferihegyi repülőtér időjárási viszonyait megjelenítő monitor, a Repülési Terv Adatfeldolgozó Rendszer (Flight Data Processing, FDP) számítógépének billentyűzete és monitora, valamint digitális óra volt beépítve a pultba. Az RC és TD pultjának központi helyén természetesen az indikátorcső volt, ezen kívül kettőzött rádió-távkezelő egység, intercom telefonrendszer, teleses rádió, óra, az indikátor kezelőszervei és klaviatúrái voltak itt elhelyezve.” 1988-ban Kőrös-hegyen, 1989-ben pedig Püspökladányban cserélték SELENIA ATCR-22-es típusra, a korábbi szovjet radarokat. Az új radar 350 km-es hatósugarú volt, ezért ennek a képét a „Sziklába” vezették be, ahol még mindig az útvonalirányítók dolgoztak. Az új radar jeleit itt is a DDS-80 típusú indikátor jelenítette meg. [4]

A rendszerváltás magával hozta a légtér átalakulását is. „Elkezdődtek tárgyalások a légtér szerkezet átalakításáról a Légügyi Főosztály és a Magyar Honvédség Repülő Főnöksége között.” A szovjet csapatok kivonulása után a katonai repülések száma jelentősen lecsökkent, ennek következtében a nemzetközi polgári légiforgalmat nem kellett már 20 km széles légifolyosókba és magassági korlátok közé szorítani. Egy munkacsoportot állítottak fel a törvényi szabályozás kidolgozására. 1992-ben az ICAO légtér osztályozás bevezetésével egyidőben megszületett a 20. sz. Együttes Légügyi Előírás, ami azt jelentette, hogy megszüntették a légifolyosókat. Fix útvonalakat jelöltek ki a Magyarországon felett átrepülő légi járművek számára.[16](lásd 12. ábra)



12. ábra: Magyarország magaslégtéri útvonalai 1992-2015-ig
(Forrás: http://iho.hu/img/repules_15_02/150206_hc/erc.jpg)

Hazánk 1990. július 1-én csatlakozott az Európai Polgári Repülési Konferencia (European Civil Aviation Conference – ECAC szervezetébe, majd 1992. július 1-én az EUROCONTROL tagja lett. [18] 1994. január 1-én létrehozott Légiforgalmi Áramlásszervező Szolgálat (Flow Management Position, FMP), a nagyobb forgalom biztonságos kezelését segítette. 1996. szeptember 1-én létrehozták a Légtér gazdálkodó Csoportot, (Airspace Management Cell, AMC), amelynek feladata a katonai légterek, lőterek működésének beillesztése a polgári légiforgalomba. [4]

Az évek során a repülési tervadatok feldolgozása is nagy fejlődésen ment keresztül. A légiforgalmi irányítás számára a radaradatokon kívül elengedhetetlen a repülési terv adatok ismerete. A repülési terv tartalmazza a repülőgép típusát, a járatszámot, az utazómagasságot, sebességet, honnan és mikor indult, hová tart, mi a tervezett útvonala. Ezeket az adatokat a repülőgép parancsnoka órákkal a felszállás előtt leadja a légiforgalmi irányító- és egyéb szolgálatoknak. Eleinte ezeket az adatokat kézzel írták rá a korábban említett járatnyilvántartó szalagokra. 1984-től üzembe helyezték az IBM Series-1 számítógép-rendszert, ami tulajdonképpen egy adatbázis-kezelő rendszer volt. „Az adatbázisba a menetrendi időszak kezdetén feltöltötték a menetrend szerint közlekedő repülések adatait, majd minden nap rögzítették benne a következő napra vonatkozó egyedi repülési terveket.” Ezeket később kinyomtatták és a vállalati futárposta átvitte minden este a „Sziklába”. Mivel az útvonal irányítás nem rendelkezett repülési terv adatfeldolgozó rendszerrel, ezért egy ilyen rendszert terveztek kiépíteni Videoton számítógépek

segítségével, de ez végül nem valósult meg. Ezután kezdődött az FDP-1-es rendszer (FDP, Flight Data Processing, Repülési Terv Adatfeldolgozó Rendszer) fejlesztése, amely nagyon hasonló volt a Videotonéval, és már négy irányítói szektort ki tudott szolgálni. Az FDP 1 képes volt arra, hogy a telexen érkező adatokat az előkészítő munkahelyen rögzítsék és kinyomtassák róla a járatnyilvántartó szalagot. Az FDP 1-es rendszert 1990. szeptember 27-én helyezték üzembe. A következő lépés az FDP 2-es rendszer használatba vétele volt 1993. április 1-én. Ennek a ferihegyi alrendszerébe már beépítették az ún. Központi Repülési Tervadat Feldolgozó Egységet (CFPP, Central Flight Plan Processing Unit), amely folyamatosan dolgozta fel a repülési terv adatokat és a módosító közleményeket. Az LRI mérnökeinek sikerült megoldani, hogy az adatok közvetlenül a SELENIA rendszer pultjába érkezzenek, ezzel megvalósult az automatikus kód-hívójel összerendelés. Az irányító előtt a képernyőn a légijármű címkéje tartalmazta a hívójelet, a magasságot repülési szintben, azaz Flight Level-ben, valamint a légijárműnek a radarrendszer által kiszámított sebességét és útirányszögét. [4]

1994-ben tendert írtak ki egy új irányítórendszer fejlesztésére. A következő évben el is kezdődött az ún. MATIAS (Magyar Automated and Integrated Air Traffic System) fejlesztése. „A MATIAS légiforgalmi irányításon túl a következő feladatokat hivatott ellátni: Radaradatok feldolgozása, repülési adatok feldolgozása, operációs adatkijelzés, információs adatmegjelenítés, tesztelő és fejlesztő rendszer, kommunikációs rendszer, felvevő és lejátszó rendszer, technikai figyelés és ellenőrzés.” [19]

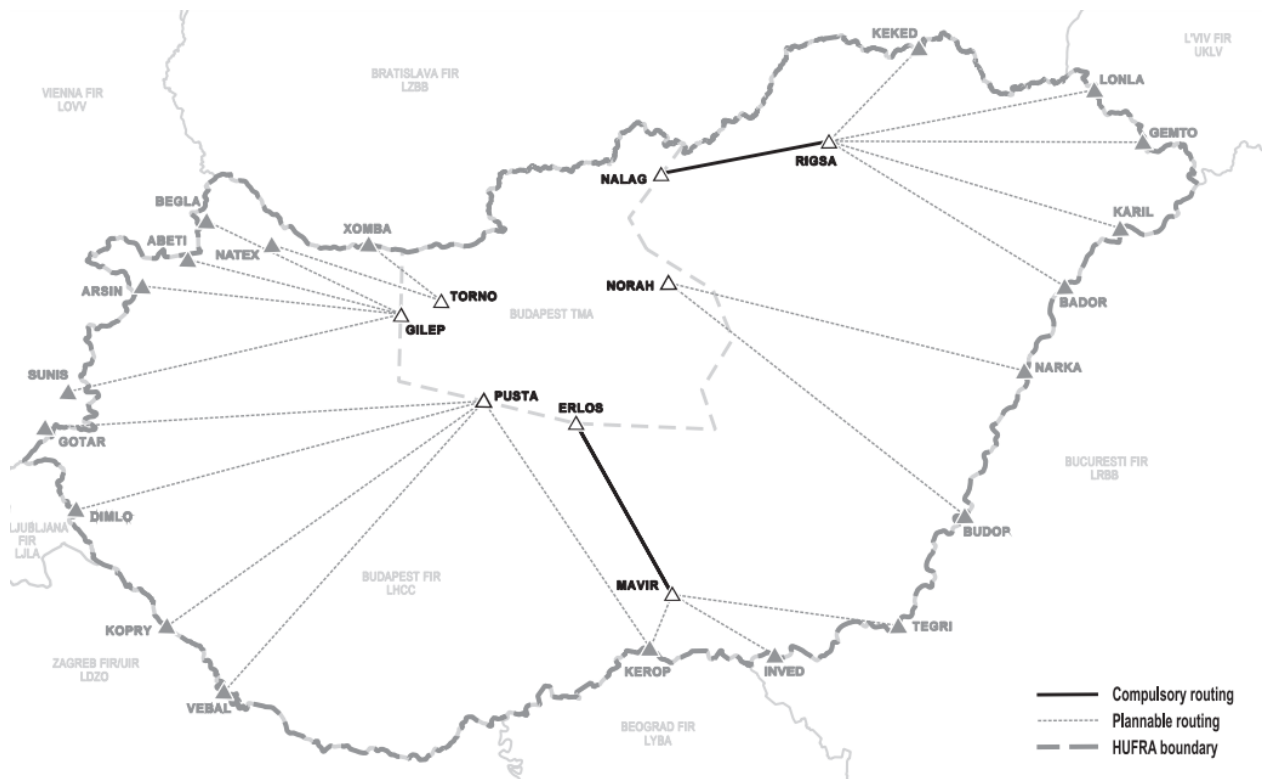
1999. december 20-án átadták az új ATS irányítóközpontot, a ferihegyi repülőtér szomszédságában. Ez a BLIK, a Budapesti Légiforgalmi Irányító Központ, amely az Igló utcában található és a mai napig is ott működik. Az új irányítóközpont átadása történelmi jelentőségű a magyar légiforgalmi irányítás történetében, ugyanis innentől kezdve egy helyen dolgoznak az ACC és az Approach radarirányítói, valamint a FIC repüléstájékoztatói. [16]

„A légiforgalmi irányítást ellátó szolgálat neve 2000.-ben hivatalosan is Léginavigációs Szolgálat (Air Navigation Services, ANS) lett”, ezért az új irányítóközpont ANS-nek nevezték el. 2001. december 31-én megszűnt az LRI, amelyből két jogutód szervezet jött létre 2002. január 1-jétől: a légiforgalmi szolgálatokat ellátó Hungarocontrol Magyar Légiforgalmi Szolgálat, valamint a Ferihegyi repülőtér üzemeltető Budapest Airport Rt.. 2004-ben épült az ANS II épület „amely az operatív légiforgalmi szolgáltatáshoz közvetlenül nem kapcsolódó szervezeti egységek (adminisztráció, oktatás, étterem, könyvtár, stb.) otthona lett.” 2006-ban elkezdődött a Kőröshegyi és a Püspökladányi radarállomások cseréje. Az új berendezéseket 2007. február 27-én adták át. [4]

2013-ra megépült az új légiforgalmi irányító központ, az ANS II szomszédságában, az ANS III.. „A központ alkalmas Magyarországon, és egyben Közép-Európa légi közlekedési infrastruktúrájának továbbfejlesztésére, a légiforgalmi irányítás hatékonyságának és kapacitásának növelésére, és ezzel hozzájárul a magyar légiforgalmi irányítás versenyképességének és hosszú távú önállóságának megőrzéséhez. Az új irányítóközpontból a magyar légtér körzeti (ACC) és közeli körzeti (APP), valamint 2014 áprilisától a Koszovó feletti magas légtér irányítását látják el a

HungaroControl szakemberei. Az Európai Unió 6 millió euró értékű támogatást nyújtott a Transzeurópai Hálózatfejlesztési Terv (TEN-T) keretében” [20]

2015-ben Európában elsőként a HungaroControl törölte el a teljes légi útvonalhálózatot, ezzel lehetővé tette a repülőgépek korlátozások nélküli szabad légtérhasználatát. „Az új forgalomszervezési koncepció (Hungarian Free Route, HUFRA) lényege, hogy Magyarországon légterében a ki- és belépőpontok között a lehető legrövidebb egyeneseken közlekedhetnek a repülőgépek. Az Európai Bizottság rendelete (716/2014) értelmében a szabad légtérhasználat, azaz a „free route” bevezetése 2022. január 1-jére 9000 méter felett egész Európában kötelező lesz a léginnavigációs szervezetek számára. A HUFRA alkalmazásával a repülőgépek a lehető legrövidebb, vagyis szükségtelen töréspontok beiktatása nélküli úton tehetik meg a magyar légtérbe belépő és az onnan kilépő pontjaik közötti távolságot.” [21] A koncepciónak köszönhetően 1 év alatt nagyjából 1,5 millió kilométerrel csökkent a Magyarország felett átrepülő járatok repülési útvonala és 16 millió kilogrammallyal csökkent a légitársaságok által kibocsátott szén-dioxid mennyisége. [22] A légtér szabad, de vannak kötött útvonalak (lásd 13. ábra), amelyeket követni kell a Ferihegyről fel- és leszálló repülőgépeknek.



13. ábra: Ferihegyről induló repülőgépek számára kijelölt pontok
(Forrás: <https://ais.hungarocontrol.hu/aip/2018-05-24/>)

A fekete vastag vonallal jelölt útvonalak a kötelező útvonalak, a szaggatott vonallal jelölt útvonalak közül választhatnak a légitársaságok a repülés megtervezése során.

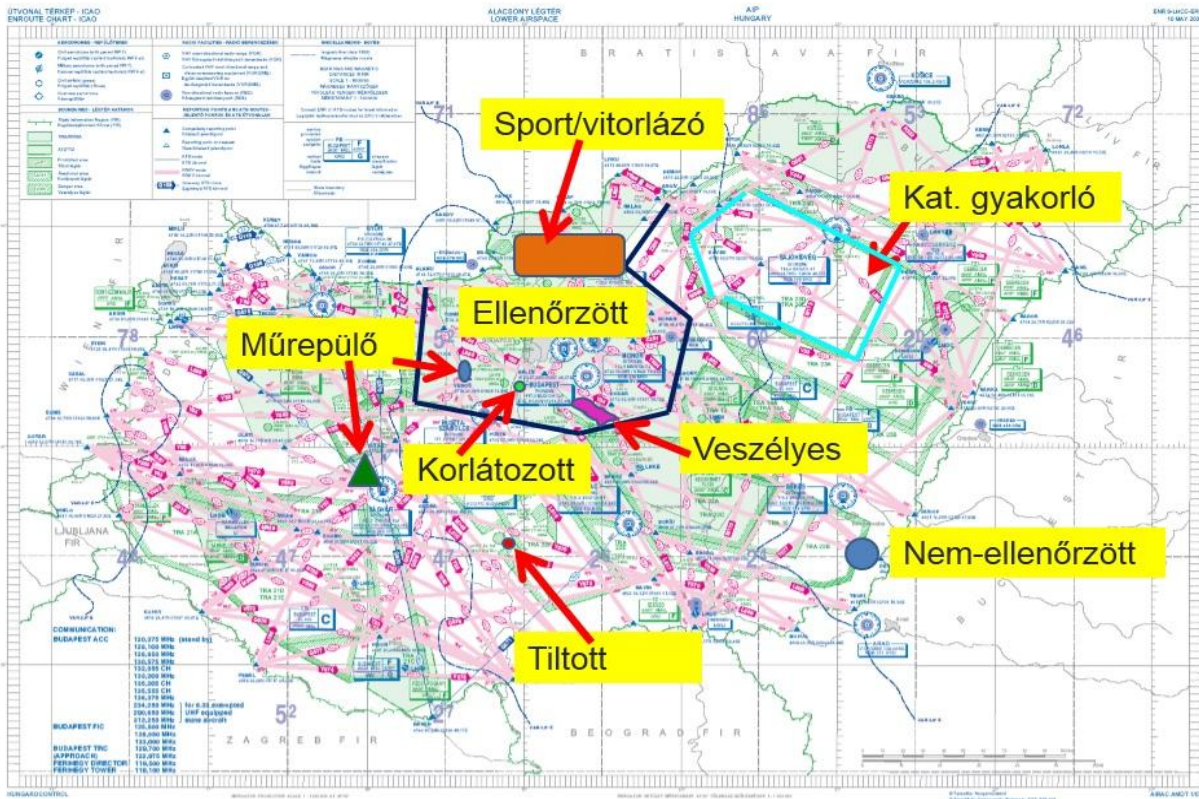
2015-ben a HungaroControl egy új funkcióval bővítette a MATIAS rendszert. Ez az új funkció egy új kommunikációs csatorna, a CPDLC (Controller Pilot Data Link Communication) kiépítése volt. A CPDLC digitális összeköttetést biztosít a légiforgalmi irányítók és a pilóták között a magyar légtérben. [23] A CPDLC részletesebb működéséről és előnyeiről a harmadik fejezetben fogok írni.

3. Távolkörzeti irányítás funkciói, modellezése

Ebben a fejezetben először bemutatom Magyarország légterének szerkezetét, majd részletesen bemutatom a távolkörzeti irányítás felépítését és funkcióit. Az irányítási folyamat részletes bemutatásához egy szektor irányítását vizsgálom három különböző esetben.

3.1 A távolkörzeti irányítás áttekintése

„A légtér az atmoszféra meghatározott része, mely egy adott ország ellenőrzése és irányítása alá tartozik, és ahol a repülőgépek meghatározott szabályok szerint közlekednek.” [24] A magyar légtér definícióját az 1995. évi XCVII. Törvény a légiközlekedésről 4. § első bekezdése adja meg, amely a következő: „A magyar légtér az országhatár által körbezárt terület feletti légtérnek a légiközlekedés számára fizikailag igénybe vehető magasságig terjedő része.” [25] A magyar légtér a talajszinttől FL (Flight Level) 660-ig terjed, ez azt jelenti, hogy 66000 láb=20116,8 méter magasságig a légtér Magyarország fennhatósága alá tartozik. A légteret fel lehet osztani különböző használati célú blokkokra. Eszerint meg lehet különböztetni ellenőrzött, nem ellenőrzött, tiltott, korlátozott, veszélyes, katonai gyakorló, sport/vitorlázó, műrepülő és környezetvédelmi szempontból korlátozott légteret. Az előbb felsorolt típusokat egy kód segítségével lehet megadni.



14. ábra: Légtér Típusok Magyarországon

(Forrás:

http://kjit.bme.hu/images/stories/targyak/lgir1/1718/2ea_Legkor_airspace_corr_2017_18_MU.pdf)

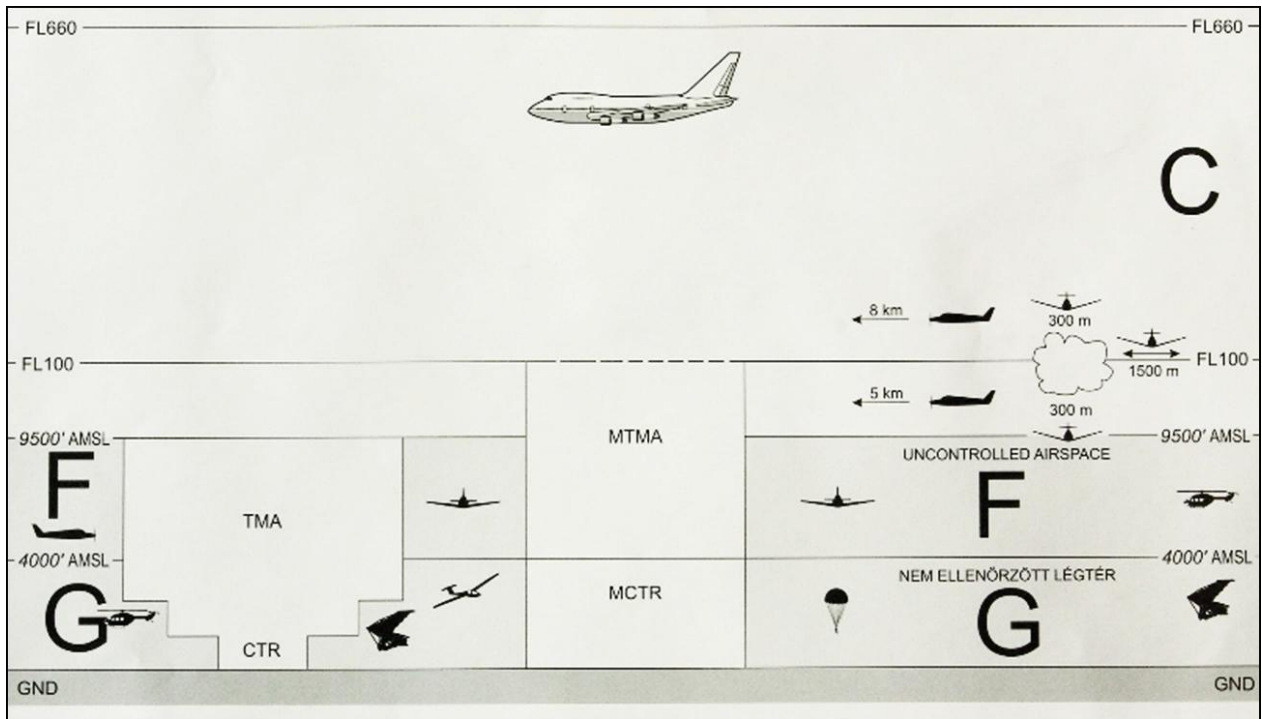
Magyarország fölött minden típusból található legalább egy (lásd 14. ábra), példaként említhetném a Paksi atomerőmű fölötti tiltott, vagy a Százhalombattai kőolaj finomító fölött található korlátozott légteret. A légiforgalmi szolgálatok szempontjából a két legfontosabb az ellenőrzött és a nem ellenőrzött légterek. Az ellenőrzött légterekben kötelező az adott országnak megszervezni a légiforgalmi irányítást, ennek megfelelően ezekben a légterekben a légiforgalmi irányító felelős a légi járművek elkülönítéséért, a pilótáknak kötelező követni a légiforgalmi irányítóktól kapott utasításokat. Ezzel szemben a nem ellenőrzött légterekben csak repülés tájékoztató szolgálat működik, ami kötelező érvényű tájékoztatásokat közöl a pilótákkal, a légi járművek közötti elkülönítésért a jármű vezetője a felelős teljes mértékben.

A légtereket osztályozni is lehet aszerint, hogy, az adott légtérben milyen szabályok szerint lehet repülni és aszerint, hogy milyen légiforgalmi szolgálat működik az adott légtérben. Eszerint megkülönböztetünk A, B, C, D, E, F és G osztályú légtereket.

- „A” osztályú „légtérben csak IFR (Instrument Flight Rules - műszeres repülési szabályok) repülések hajthatók végre, valamennyi repülés számára légiforgalmi irányító szolgálatot és elkülönítést biztosítanak”.

- „B” osztályú „légtérben IFR és VFR(Visual Flight Rules - Látva Repülési Szabályok) repülések egyaránt végrehajthatók, valamennyi repülés számára légiforgalmi irányító szolgálatot és elkülönítést biztosítanak”.
- „C” osztályú „légtérben IFR és VFR repülések egyaránt végrehajthatók, valamennyi repülés számára légiforgalmi irányító szolgálatot biztosítanak. Az IFR repüléseket elkülönítik egymástól, valamint a VFR repülésektől. A VFR repüléseket elkülönítik az IFR repülésektől és tájékoztatják a többi VFR repülésről.”
- D osztályú „légtérben IFR és VFR repülések egyaránt végrehajthatók, valamennyi repülés számára légiforgalmi irányító szolgálatot biztosítanak. Az IFR repüléseket elkülönítik a többi IFR repüléstől, a VFR repülésről pedig tájékoztatást kapnak. A VFR repülések valamennyi repülésről tájékoztatást kapnak.”
- „E” osztályú „légtérben IFR és VFR repülések egyaránt végrehajthatók, az IFR repülések számára légiforgalmi irányító szolgálatot biztosítanak és elkülönítik a többi IFR repüléstől. Minden repülés forgalmi tájékoztatást kap a lehetséges mértékben. CTR (repülőtéri irányító körzet)-ek nem jelölhetők ki E osztályú légtérnek.”
- „F” osztályú „légtérben IFR és VFR repülések egyaránt végrehajthatók, valamennyi IFR repülés számára légiforgalmi tanácsadó szolgálatot biztosítanak, valamennyi repülés számára repüléstájékoztatást biztosítanak. Külön kérésre a VFR légi járművek is részesülnek tanácsadó szolgálatban.
- „G” osztályú „légtérben IFR és VFR repülések egyaránt végrehajthatók, valamennyi repülés számára repüléstájékoztatást biztosítanak.” [26]

A magyarországi légtér osztályozása a 15. ábrán található, ezen látszik, hogy az ACC (Area Control Center- Távolkörzeti Irányítás) 9500 láb magasságtól FL 660-ig irányítja az ország felett közlekedő légi járműveket, az ellenőrzött C osztályú légtérben.



15. ábra: A magyar légtér osztályozása

(Forrás:

http://kjit.bme.hu/images/stories/targyak/lgir1/1718/2ea_Legkor_airspace_corr_2017_18_MU.pdf
f)

Elsősorban az ország felett áthaladó repülőgépek irányításáért felelősek, azonban, az ACC feladata még a Magyarországról felszálló repülőgépek átvétele az APP (Approach - Közelkörzeti irányítás)-tól és emelése utazómagasságra illetve a Magyarországon leszállni kívánó repülőgépek süllyesztése és átadása az APP-nak. A légiforgalmi irányításnak ebben a szekciójában is irányító párok dolgoznak együtt a légiforgalom fenntartása érdekében. A pár egyik tagja az úgynevezett EC (Executive Controller). Az EC feladatai a következők:

- a szolgálat átvételekor megismeri az aktuális forgalmi helyzetet, időjárási körülményeket, a berendezések állapotát, illetve az aktuális zárásokat, korlátozásokat
- szóban megerősíti a szolgálat átvételét, az átadónak [27]
- rádión keresztül kommunikál a pilótákkal
- légi jármű azonosítása
- irány, következő pont megadása a légi jármű számára
- légi jármű emelése, süllyesztése, ha szükséges
- együttműködés a PC-vel
- a következő szektor frekvenciájának közlése a szektorból való kilépéskor
- CPDLC (Controller-pilot data link communication) kommunikáció a pilótákkal
- Vészhelyzet kezelésében részt vesz
- a szolgálat átadásakor az első pontban felsorolt információkat közölnie kell az átvevő félnek

. A páros másik tagja a PC (Planning Controller- Tervező irányító), de neki más egy kicsit a feladatköre. Az ő feladatai tételesen felsorolva a következők:

- „koordinálja a szektorba várhatóan belépő, illetve onnan kilépő légitársaságok repülési adatait,
- intézkedik a lényeges tájékoztatások cseréjéről,
- rögzíti a MATIAS rendszerben a repülési tervadatok és a mozgási adatok módosításait és törléseit,
- konfliktuskutatást végez a szektorába várhatóan belépő forgalommal kapcsolatban,
- támogatja az EC-t a forgalom operatív tervezésében, és előrelátóan részt vesz a szektor forgalmának kezelésében, segít a konfliktusok azonosításában és megoldásában,
- az EC igényei szerint koordinál a szomszédos ATS szektorokkal vagy egységekkel,
- bármilyen üzemelési rendellenesség észlelése esetén értesíti az ATS SV (Supervisor)-t,
- kényszerhelyzet esetén megkezdi a riasztást az ATS SV felé, koordinál az érintett ATS (Air Traffic Services) egységekkel,
- részt vesz a kényszerhelyzet kezelésében.” [27]

Van még egy fontos személy, aki a légiforgalmi irányítók munkáját felügyeli, koordinálja illetve más fontos döntések meghozatalára jogosult. Ő az ATS SV (Air Traffic Service Supervisor). A Supervisor-i teendőket általában egy tapasztalt légiforgalmi irányító látja el. Annak ellenére, hogy ő nem irányítja a forgalmat közvetlenül, neki is érvényes szakszolgálati engedéllyel kell rendelkeznie. Ennek a munkakörnek az ellátása sok feladattal jár együtt, a következőkben azok a feladatokat fogom összegyűjteni, amelyek relevánsak a szakdolgozatom témájának szempontjából. Ezek a feladatok a következők:

- „Vezeti és ellenőrzi az ATS munkaterem ATS egységeinek operatív munkáját,
- Képviseli az ATS Központ operatív szolgáltatásait a szomszédos ATS Központok és szükség szerint az ATS-sel kapcsolatos nemzetközi szervezetek felé,
- Az ATS DSV (Duty Supervisor) felhatalmazása alapján, annak távolléte esetén ellátja annak munkaköri feladatait,
- Szolgálatának megkezdésekor ellenőrzi a rendelkezésére bocsátott műszaki berendezések állapotát,
- Jogosult a végső döntések meghozatalára az ATS Központ operatív működését, valamint az ATS Központ illetékessége alá tartozó légitársaságok forgalmát érintő kérdésekben,
- Figyelemmel kíséri a munkahelyi váltások időben történő végrehajtását. Rendkívüli váltás kérése esetén gondoskodik az érintett személy helyettesítéséről,
- Intézkedik a légiforgalmi szolgálatok ellátási szabályait vélhetően súlyosan megsértő személy azonnali leváltásáról,
- LHCC FIR (Flight Information Region - Repüléstájékoztató Körzet)-ben lévő TRA (Temporary Reserved Area - Ideiglenesen Lefoglalt Terület)-k működéséről és a működésben beállt változásokról tájékoztatja mindazon szomszédos, külföldi irányító

központok SV-it, melyekkel a HungaroControl körzeti együttműködési megállapodást kötött,

- Szükség szerint NOTAM (Notice To Air Men) kiadását kezdeményezi az információt közlő személy vagy szervezet elérhetőségének megadásával a NOTAM Csoportnál, továbbá intézkedik az egyéb AFTN (Aeronautical Fixed Telecommunication Network) közlemények szerkesztéséről és továbbításáról,
- Az AIS (Aeronautical Information Service) táblára kifüggeszti azt a jövőben hatályba lépő egyedi NOTAM-ot, amelynek előzetes ismerete lényeges az állomány számára,
- Biztosítja, hogy a nem aktív munkahelyek mindenkor azonnali indításra alkalmas konfigurációban legyenek,
- Kezeli a MATIAS rendszer ATS SV munkaállomást,
- Felügyeli, hogy a MATIAS rendszer ATS Központ egységeire vonatkozó frekvencia táblázatai a mindenkori szektorizációnak megfelelően kerüljenek kijelzésre,
- A 121,5 MHz kényszerhelyzeti frekvencia zavarása esetén gondoskodik a frekvencia általa kijelölt munkahelyen történő figyeléséről és szükség szerint utasítja az illetékes szektort a rádióösszeköttetés felvételére,
- Légijárművel kapcsolatos rendkívüli esemény bekövetkezésekor értesíti az ATS DSV-t, az érintett szervezeteket és ATS egységeket, valamint végrehatja az ATS DSV utasításait,
- LHBP repülőteret kiterő repülőterként igénybe vevő repülésről, valamint az LHBP rendeltetésű, de kiterő repülőterre közlekedő légijárműről tájékoztatja a TWR SV-t és az FMP (Flow Management Position)-t,
- A polgári légiforgalmat veszélyeztető katonai repülés esetén a jelentéstételről külön tájékoztatja a katonai légijárművet irányító egységet,
- Az előzetesen engedélyezett gyakorló repülést a TWR SV-vel, vagy a járatóval koordinálva megtiltja vagy korlátozza, ha a légiforgalom jellege, rossz időjárási körülmények vagy technikai jellegű problémák ezt indokolják,
- Együttműködés az FMP-vel,
- Együttműködés a szomszédos ATS központokkal,
- Az ACC szektorok túlterhelésének elkerülése érdekében az FMP-től kapott információ alapján a „Take Off Not Before – TONB” eljárás (a továbbiakban: TONB) alkalmazását kezdeményezi az LOWW, LOWG, LZIB, LZKZ, LDZA, LJJL, LJMB, induló járatok esetében,
- Éles riasztásról kapott tájékoztatás esetén intézkedik az érintett légtér lehetséges mértékű szabaddá tételéről,
- Együttműködés a TWR SV-vel,
- Az ACC szektorok túlterhelésének elkerülése érdekében az FMP-től kapott információ alapján a TONB eljárás alkalmazását kezdeményezi a TWR SV felé az LHBP induló járatok esetében,

Felelős az alárendeltségébe tartozó állomány összehangolt operatív vezetéséért, a rendelkezésére bocsátott berendezések előírászerű használatáért, a tűz-, munka- és titokvédelmi előírások, valamint a Házirendben leírtak betartásáért és betartatásáért.”[27]

Véleményem szerint könnyen belátható, hogy a Magyarország felett elhelyezkedő 93 ezer km² horizontális és 56500 láb= 17221,2 méter vertikális kiterjedésű és az ACC-hez tartozó légtér csúcsforgalom esetén nem képes egy irányítópáros irányítani. Azt hozzátenném, hogy a legtöbb átrepülő légi jármű FL300-FL420 között közlekedik, mert a sugárhajtású repülőgépek ebben a magasságtartományban tudnak leggazdaságosabban üzemelni. Annak érdekében, hogy a forgalmat gördülékenyen tudják irányítani a légtérrel horizontálisan és vertikálisan kisebb egységekre osztják fel. Ezeket az egységeket szektoroknak hívjuk. Horizontálisan West, East, Eastnorth és North szektorokat különböztetünk meg, vertikálisan pedig Lower, Middle, Upper, Higher és Top szektorokra van osztva a légtér. Egy légiforgalmi irányító páros egy szektor forgalmának az irányításáért felelős. „A szolgálat ellátása folyamatos, a működő szektorok számát az ATS SV határozza meg a forgalomtól függően.” (...) „A szektor nyitását - az EC vagy a PC kérésére - az ATS SV-nek a meghatározott szektor kapacitásánál kisebb forgalom esetében is el kell rendelnie. Az átállás során az átadó és az átvevő EC és PC egyeztetni az aktuális forgalmat. A PC a forgalom átadás-átvételi koordinációját követően, valamennyi érintett pozíció készenléte esetén hozzájárul az új szektorizációhoz az ATS SV felé. Az EC intézkedik, hogy az érintett légi járművek az új szektorizációnak megfelelő frekvencián üzemeljenek.”[27]Szektor bezárás esetén a bezáró szektor EC intézkedik, hogy az érintett légi járművek az új szektorizációnak megfelelő frekvencián üzemeljenek.

A forgalom szempontjából indokolt szektorszám meghatározása több módszer segítségével lehetséges. Az egy időben működő szektorok számát úgy kell meghatározni, hogy a légiforgalmi irányítók munkaterhelésének nagysága a légi forgalom biztonságát ne veszélyeztesse. A Hungarocontrol-nál, ahogy korábban is említésre került a működő szektorok számát az ATS Supervisor határozza meg a várható repülőgépszám és a saját tapasztalata szerint. Ez a módszer arra épül, hogy annyi repülőgép legyen egyszerre maximum egy szektorban, amennyit az irányító biztonságosan tud kezelni. [28] Ez a módszer kizárólag az ATS Supervisor tapasztalatára támaszkodik. Ezzel szemben az EUROCONTROL kidolgozott egy olyan módszert, amellyel matematikai számításra alapozva lehet meghatározni az egyidőben optimálisan alkalmazandó szektorszámot. Ebben az irányító munkaterhelését úgy határozták meg, hogy megmérték mennyi időre van szüksége egy adott intervallumon (pl. 1 óra) belül az összes tevékenység feldolgozásához és elvégzéséhez. [29] Ez alapján öt kategóriába sorolták be a munkaterhelést (lásd 1. táblázat)

Küszöb	Kategória	1 óra alatt munkával töltött idő
70 % vagy fölötte	Túlterhelés	42 perc vagy több
54 % - 69 %	magas terhelés	32 – 41 perc
30 % - 53 %	közepes terhelés	18 – 31
18 % - 29%	alacsony terhelés	11 – 17 perc
0 % - 17 %	nagyon alacsony terhelés	0 - 10 perc

1. táblázat: Az irányítói munkaterhelés küszöbértékei

(Forrás: Adaptation of workload model by optimisation algorithms and sector capacity assessment eec Note No. 07/05)

Minden légi jármű megkíván egy bizonyos mennyiségű rutin munkaterhelést az irányítótól, mint például a rádiókapcsolat felvétele, stb. Ha a légi jármű el akar érni egy másik repülési szintet, akkor a süllyedést illetve emelkedést meg kell figyelni. Végül, ha több légi jármű használja egy időben ugyanazt a légteret, akkor a lehetséges konfliktusokat szintén figyelni kell. [30]

1. Rutin makro-tevékenység (a belépő gépek számával jellemezzük, függetlenül a szektor karakterisztikájától)
2. Magasságváltás megfigyelés makro-tevékenység (minden 6000 láb magasságváltást egy eseménynek tekintünk)
3. Konfliktus megfigyelés és feloldás makro-tevékenység

Mindhárom makro-tevékenység esetében szükségünk van:

1. makro-tevékenység időtartamára: a makro-tevékenység elvégzéséhez szükséges idő másodpercben
2. makro-tevékenység előfordulások száma

Ezek felhasználásával a munkaterhelés számszerű értékét a következő képlettel lehet kiszámítani:

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

Ahol:

- O_{AC} , O_{Cnf} és O_{Cl} sorrendben a rutin, konfliktus és emelkedő/süllyedő makrotevékenységek óránkénti előfordulási száma
- t_{AC} , t_{Cnf} és t_{Cl} sorrendben a rutin, konfliktus és emelkedő/süllyedő makrotevékenységek elvégzéséhez szükséges idő

68 szektor elemzése alapján a következő átlagidőket határozták meg t_{ac} , t_{Cnf} és t_{Cl} értékekre sorrendben: 49,4 másodperc, 55,2 másodperc és 11,4 másodperc. A forgalom komplexitása is

befolyásolja az irányító munkaterhelését. Ahhoz, hogy figyelembe lehessen venni a különböző komplexitások esetén tapasztalt különböző munkaterheléseket, a makro-tevékenység időtartamoknak más-más értéket kell felvenniük eltérő komplexitások esetén. A komplexitást az alábbi tényezők befolyásolják:

- a repülések típusa és száma időegységenként
- 3 legforgalmasabb óra
- emelkedő/süllyedő forgalom mennyisége
- FIR határ közelsége
- Konfliktusok típusa és száma
- Többszörös keresztezési pontok
- Kis szögben találkozó útvonalak
- Légijármű teljesítmény variancia (jet, prop...)
- Elkülönítések
- Konfliktus felismerés és megoldás közti idő
- Áramlás entrópia (rendezetlenség)
- Sűrűség [29]

Ennek a módszernek a segítségével össze lehet hasonlítani a különböző szektorok munkaterhelését és úgy kialakítani a szektorokat, hogy a munkaterhelés mindegyikben közel ugyanakkora legyen.

A légiforgalmi irányítás elsődleges feladata a repülőgépek egymástól biztonságos távolságra való elkülönítése horizontális és vertikális irányban. Erre azért van szükség, mert a repülőgépek mögött a szárnyról leváló örvények turbulenciát okoznak a levegőben, amibe ha egy másik repülőgép beleröpül, akár le is zuhanhat. Az ICAO három különböző turbulencia kategóriát különböztet meg a repülőgépek MTOW (Maximum Take Off Weight - Maximális felszállósúly szerint):

- Könnyű (Light): 5700 kg MTOW alatt
- Közepes (Medium): 5700 kg-tól 136 t-ig
- Nehéz (Heavy): 136 t MTOW felett. [31]

Ezenkívül az is elő van írva, hogy horizontálisan mekkora távolságot kell legalább hagyni két egy irányba közlekedő repülőgép között. Ezeket az elkülönítési minimum értékeket (lásd 2. táblázat) tartalmazza ICAO szabvány, amint látható NM (Nautical Mile- Tengeri mérföld) mértékegységben. A táblázatban található távolságok azt a biztonságos távolságot határozzák meg, amikor már az elhaladó repülőgép szárnyáról leváló örvény a szellőkések és a saját belső

súrlódásának hatására elveszíti a mozgási energiáját annyira, hogy egy következő repülőgépet nem veszélyeztet.

		Követő légi jármű		
		Könnyű	Közepes	Nehéz
Elöl haladó légi jármű	Könnyű	-	3NM (5,6 km)	3NM (5,6 km)
	Közepes	5 NM (9,3 km)	3NM (5,6 km)	3NM (5,6 km)
	Nehéz	6NM (11,1 km)	5NM (9,3 km)	4 NM (7,4 km)

2. Táblázat: Turbulencia kategóriák szerinti vízszintes elkülönítés

(Forrás: Saját készítés,

https://www.eurocontrol.int/eec/public/standard_page/EEC_News_2008_3_TBS.html)

„Az ACC által alkalmazható legkisebb radarelkülönítési minimum 5 NM, abban az esetben is, ha az adott légtérre előírt radarelkülönítési minimum ennél kisebb.” [27] Ebből megállapítható, hogy az ACC által használt elkülönítési minimumok az ICAO szabványnál szigorúbbak, ami biztonsági szempontból előnyös, kapacitás szempontjából azonban nem optimális.

A légtérnek és azon belül a szektoroknak is van egy bizonyos áteresztő képessége, amennyinél több légi járművet a légiforgalmi irányítók nem tudnak biztonságosan kezelni. A légiforgalmi szolgálatok kapacitása is számos tényezőtől függ: az útvonal struktúrájától, a légi jármű navigációjának a pontosságától, az időjárási tényezőktől és a légiforgalmi irányítók munkaterhelésétől. Annak érdekében, hogy a járatok gazdaságosan, biztonságosan és lehetőleg késés nélkül tudjanak eljutni az úti céljukhoz a forgalmat előre kell tervezni. Ezt a feladatot látja el az EUROCONTROL által létrehozott NMOC (Network Manager Operation Centre- Hálózatkezelő Műveleti Központ) fennhatósága alá tartozó Flow and Capacity Management- Áramlás és Kapacitás Szervezés. Az áramlásszervezésnek három fázisát különböztetjük meg. Ez a három fázis a következő: stratégiai, pre-taktikai és taktikai. Mind a három fázisnak megvannak a maga sajátosságai.

A stratégiai tervezést a légiforgalmi irányítással és a légi jármű üzemeltetőkkel kell elvégezni. Ennek magában kell foglalnia a következő szezonra vonatkozó keresletet, meg kell vizsgálnia,

hogy várhatóan hol és mikor haladja meg a légiforgalmi irányítás rendelkezésre álló kapacitását és a következő lépéseket teszi a kiegyensúlyozatlanság elkerülése érdekében:

- gondoskodik arról, hogy a légiforgalmi irányítás megfelelő kapacitást biztosítson a szükséges helyen és időben;
- bizonyos forgalom átirányítása;
- ütemezi és átütemezi a járatokat adott esetben;
- azonosítja az ATFM (Air Traffic Flow Management) taktikai intézkedésének szükségességét.

A pre-taktikai tervezésnek a stratégiai terv finomhangolását kell eredményeznie a frissített keresleti adatok fényében. Ebben a fázisban:

- bizonyos forgalmi áramlatok átirányíthatók;
- a terhelés nélküli útvonalak koordinálhatók;
- taktikai intézkedésekről születik döntés; és
- a következő napra vonatkozó ATFM (Air Traffic Flow Management)-terv részleteit közzé kell tenni és minden érintett számára hozzáférhetővé kell tenni.

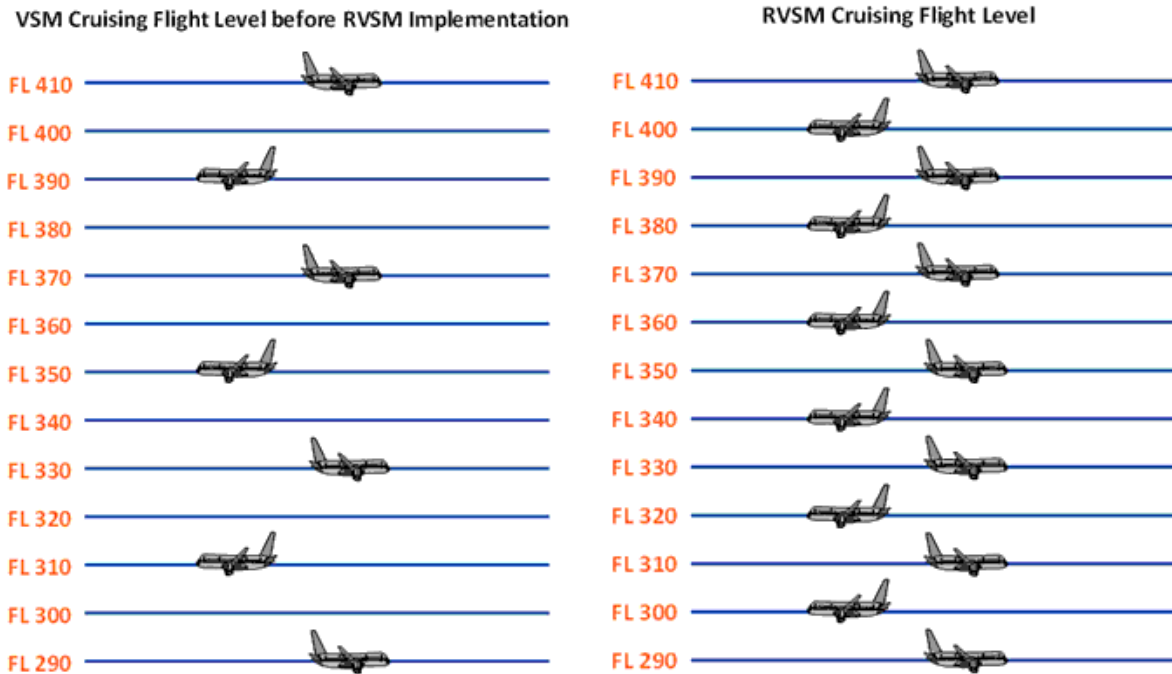
A taktikai ATFM műveleteknek a következőket kell tartalmazniuk:

- az elfogadott taktikai intézkedések végrehajtása, annak érdekében, hogy a forgalom csökkentett és egyenletes legyen, ahol egyébként meghaladná a kapacitást;
- a légiforgalmi helyzet figyelemmel kísérése annak érdekében, hogy az alkalmazott ATFM-intézkedések a kívánt hatást fejtsék ki és tegyenek vagy kezdeményezzenek javító intézkedéseket, ahol nagy késéseket jelentettek, beleértve a forgalom átirányítását és a repülési szintek kiosztását, annak érdekében, hogy a rendelkezésre álló ATC-kapacitást a lehető legnagyobb mértékben kihasználják. [32]

A repülőgépeket nemcsak vízszintesen, hanem függőlegesen is el kell különíteni egymástól. Magyarországon az RVSM (Reduced Vertical Separation Minima - Csökkentett Vertikális Elkülönítési Minimum) technológiát használják, ami azt jelent, hogy FL 290-től FL410-ig függőlegesen két repülőgép között 1000 láb az elkülönítési minimum, ha engedélyezett az adott légi jármű RVSM repülése. 2000 láb az elkülönítési minimum FL 290-től FL410-ig, az alábbi esetekben:

- „, a nem RVSM engedélyezett állami légi jármű(vek) és egyéb légi jármű(vek) között;
- a kötelékrepülést végrehajtó állami légi jármű(vek) és egyéb légi jármű(vek) között;
- a rádióhibás légi jármű és az ott üzemelő többi légi jármű között.” [27]

Az RVSM technológia alkalmazása növeli a légtér kapacitását (lásd 16. ábra) egy szektoron belül, mert a nem RVSM légtérhez képest, ha a megengedett repülési szinteket összehasonlítjuk, akkor azt látjuk, hogy több mint kétszeres kapacitás érhető el ezzel a módszerrel.



16. ábra: RVSM És NEM RVSM Légtér összehasonlítása
(Forrás: <http://www.aerothai.co.th/maar/images/rvsm.gif>)

A kapacitás növelésén kívül számos előnyt biztosít az RVSM légtér. Egyrészt a különböző típusú repülőgépek a saját optimális repülési szintükön tudnak repülni, ami üzemanyag megtakarítást jelent a légitársaság számára, másrészt csökken a légtérkapacitás miatti késések száma, ami csökkenti a légitársaság működési költségét. [33]

Az ACC légiforgalmi irányítóinak a feladatai közé tartozik a Magyarországgal határos országok légiforgalmi irányítóival való kölcsönös együttműködés. Azért hárul rájuk ez a feladat, mert a repülőgépek egy ACC által felügyelt szektorból lépnek ki Magyarországi légteréből. A repülőgépek átadása a szektor határon ugyanúgy történik, mint Magyarország fölött. A kommunikáció a szomszédos országok légiforgalmi irányító szolgálataival az AFTN (Aeronautical Fixed Telecommunication Network) hálózaton keresztül és OLDI (On-line Data Interchange) üzenetek formájában történik.

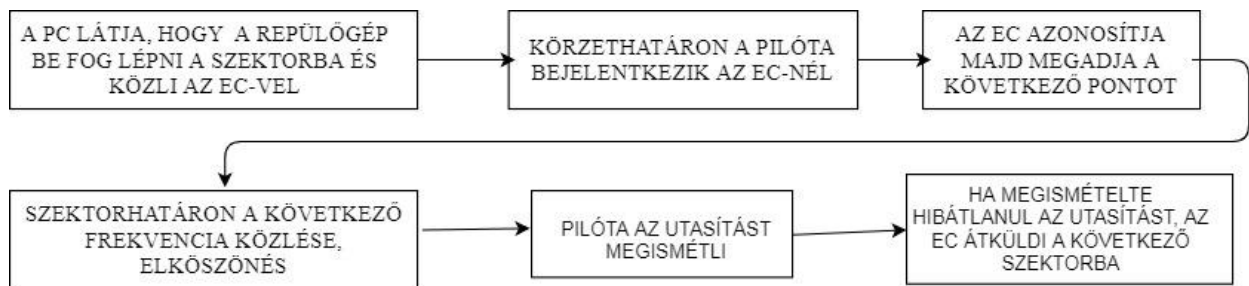
3.2 A távolkörzeti irányítás modellezése

A távolkörzeti irányító páros tevékenységét egy szektor irányításán keresztül három különböző forgalmi szituáció segítségével szeretném bemutatni. A modellek a szektor komplexitásában különböznek egymástól. A modellalkotás során a Liveatc.net internetes oldalon hallottakra és a Hungarocontrol Zrt.-nél tett munkatér látogatás során szerzett tapasztalatomra támaszkodtam.

Az első modellben a távolkörzeti irányítás egy szektorát vizsgálom és bemutatom, hogy egy repülőgép közlekedése során milyen információközlés történik a pilóták és az irányítók között.

Ebben az esetben egy repülőgép közlekedik a szektorban magasságváltás nélkül, így konfliktusba sem kerül más légi járművekkel és az időjárás sem befolyásolja a repülőgép útvonalát.

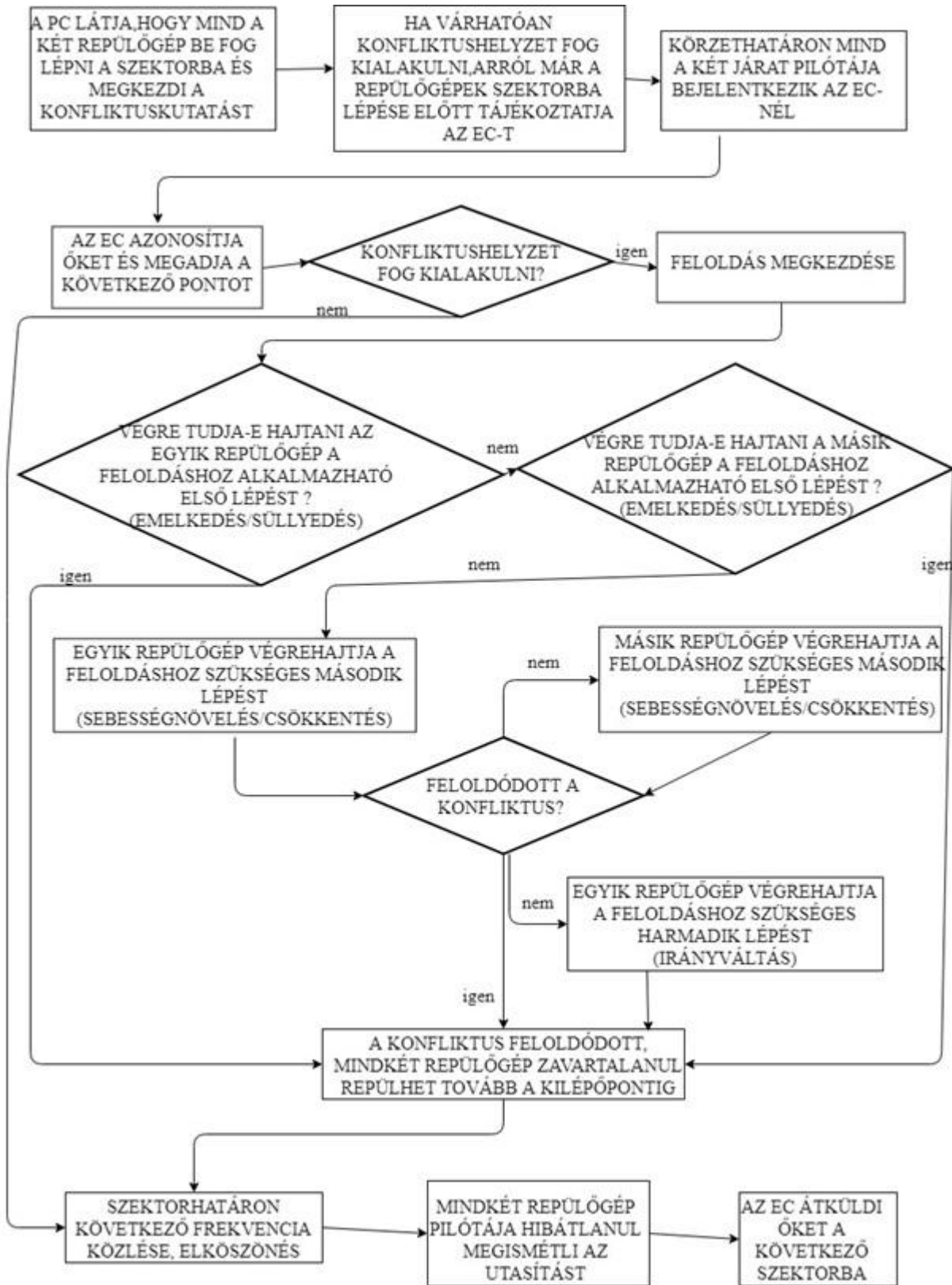
A PC ebben az esetben a repülési terv alapján látja, hogy a repülőgép majd be fog lépni a szektorba és közli az EC-vel. A szektorhatáron a pilóta köteles bejelentkezni az adott szektor EC irányítójához. Ez úgy történik, hogy angolul köszön a pilóta, illetve közli a járatszámot és a repülési magasságot. Ha egyezik a pilóta által közölt járatszám a számítógépen láthatóval, akkor megtörténik a repülőgép azonosítása. Azonosítás után a számítógépen megváltozik a repülőgéphez tartozó címke, ezzel is segítve az irányítót. Ezután az irányító megadja nekik a következő pontot, amerre egyenesen folytatni kell a repülést. Az irányító akkor tekinti megértettnek az utasítást, ha azt a pilóta hiba nélkül megismétli. A szektorhatárra érve a kilépés előtt az EC megadja a következő légiforgalmi irányító központ nevét és frekvenciáját és elköszön a pilótáktól. A pilótának a hallott utasítást meg kell ismételni hibátlanul, ha ez sikerült, akkor az irányító átküldi a következő szektorba a repülőgépet. Ha nem, akkor újra megismétli az utasítást és utána küldi át a következő szektornak a repülőgépet. A folyamatot a jobb átláthatóság és a szemléltetés érdekében folyamatábrán is ábrázoltam.(lásd 17. ábra)



17. Ábra: Az irányítás folyamatábrája egy repülőgép esetén

(Forrás: Saját készítés)

A második modellben szintén egy szektort vizsgálók, azonban itt már két repülőgép szerepel a modellben, amelyek konfliktusba is kerülnek egymással. Az időjárás ebben a modellben sem befolyásolja a repülőgépek útvonalát. A konfliktushelyzet feloldása több ponton döntés elé állítja az EC-t (lásd 18. ábra)



18. ábra: Konfliktusfeloldás folyamatábrája két repülőgép esetén

(Forrás: Saját készítés)

A PC a radarernyőn látja, hogy mind a két repülőgép be fog lépni a szektorba és megkezd a konfliktuskutatást. Ha várhatóan konfliktusba fog kerülni a két repülőgép, akkor arról már a szektorba belépés előtt tájékoztatja az EC-t, akivel közösen elkezdik megbeszélni, hogy a szektorba belépés után hogyan oldják fel a konfliktushelyzetet. A szektorba belépéskor a két repülőgép felveszi a kapcsolatot az EC-vel, hasonló módon, mint az első modell esetén. Ezután mind a két repülőgépnek megadja az EC a következő pontot. Ha valóban azt látja az EC, hogy konfliktushelyzet fog kialakulni, akkor megkezd a konfliktusfeloldást. A konfliktus feloldására három eszköz áll rendelkezésére az irányítóknak. Utasíthatja a pilótákat a magasság, az irány és a sebesség megváltoztatására. A Hungarocontrol-nál tett látogatás során azt tapasztaltam, hogy elsősorban a magasság és/vagy a sebesség megváltoztatására utasítják a repülőgépeket és ennek segítségével próbálják meg feloldani a konfliktushelyzetet.

Ezt úgy valószínűsítik meg, hogy megkérdezik a pilótát, hogy képes-e emelkedésre, ha azt válaszolja, hogy nem, akkor megkérdezik a másik járat pilótáját is. Ha ő azt mondja, hogy képes az emelkedésre, akkor őt emelkedésre utasítják és a konfliktus helyzet feloldódott. Arra még figyelni kell az irányítópárosnak, hogy egy konfliktus feloldásával ne generáljanak egy másikat. Ha a kívánt magasság egy másik szektorba tartozik, akkor egyeztetni kell annak a szektornak az irányító párosával, hogy engedélyezik-e az ő szektorukba való belépést.

Ha viszont egyik repülőgép sem képes emelkedésre, akkor a sebesség szabályozásával már lehet, hogy fel lehet oldani a konfliktust. A sugárhajtású repülőgépek utazósebessége nagyjából 0,8 Mach \approx 850 km/h, ha az egyik repülőgépet 0,05 Mach \approx 53 km/h sebességnövelésre, míg a másikat 0,05 Mach sebességcsökkentésre utasítják, akkor már a két repülőgép közötti sebesség különbség több mint 100 km/h lesz, ami már elegendő arra, hogy a konfliktushelyzet feloldódjon. Ha a sebesség változtatásával sem lehet megoldani a konfliktust, akkor valamelyik repülőgép irányát kell megváltoztatni.

Az irányváltás alkalmazása során is arra törekednek, hogy csak akkora irányváltást írjanak elő a repülőgépnek, hogy a konfliktushelyzet feloldódjon. Az irányváltás mértéke a forgalmi szituációtól függ, de általában nem haladja meg a 15 fokot. Azért az irányváltás az utolsó eszköz, amit alkalmaznak a konfliktushelyzetek feloldására, mert a mostani Free Route Airspace koncepciónak az a lényege, hogy a repülőgépek a legrövidebb úton, azaz egyenesen repülnek egy belépő- és egy kilépő pont között, ami a lehető legkisebb zajterhelést, károsanyag kibocsátást és fogyasztást eredményezi. A konfliktus megoldása után mind a két repülőgép folytatja útját a kilépőpontig, ahol az EC elköszön tőlük és átküldi őket a következő frekvenciára. Mint látható a konfliktus feloldáshoz használt „eszközöknek” van egy sorrendje, ezt figyelembe véve lehet szemléltetni a folyamat menetét.

Az irányítás folyamatát részletesebb elemzés érdekében le kell bontani elemi lépésekre. Ehhez én két fontos lépést emelek ki a folyamatábráról és azt vizsgálom, hogy ebben a két folyamatban milyen információáramlás valósul meg az EC és a PC illetve az EC és a pilóták között. Az egyik lépés, konfliktus helyzet fog-e kialakulni, a másik pedig a feloldás megkezdése. Ha konfliktushelyzet alakul ki, azt fejtem ki, hogy a konfliktushelyzet kialakulása milyen

információáramlást generál. Ennél a lépésnél az EC nem kommunikál egyáltalán a pilótákkal. A PC és az EC között egyeztetés zajlik a lehetséges megoldási lehetőségekről, miközben mind a ketten figyelik a radarenyőket és próbálják a legjobb döntést meghozni. A MATIAS rendszer segítségével akár küldhet is információt a PC az EC-nek, de általában szóban kommunikálnak egymással. Egy korszerű légiforgalmi irányító szoftverben vannak olyan eszközök, angol nevén tool-ok, amelyek jelentősen segítik az irányítók munkáját a konfliktusok feloldásában. Mivel az EC végzi a tényleges irányítást, ezért az ő javaslatát biztos, hogy figyelembe veszi a PC.

Arról sajnos nincs tapasztalatom, hogy hogy zajlik egy többlépcsős megoldási javaslat kidolgozása, de azt feltételezem, hogy felállítanak egy sorrendet, ugyanis eldöntendő kérdést tett fel az EC a pilótának, amikor a munkaterem látogatáson voltunk. Azért kell egy sorrendet felállítani, mert ha a válasz negatív, akkor tovább kell lépni a következő lépésre, egészen addig, amíg a konfliktushelyzet fel nem oldódik. A konfliktusfeloldás folyamán már csak az EC és a pilóták között történik információáramlás. Az EC a felállított sorrend alapján elkezd a kommunikációt a pilótákkal. Ezt időben el kell kezdenie, mert ha végig kell menni az összes lépésen, akkor sem sérülhet az elkülönítési minimum a két repülőgép között. Először az első pilótát kérdezi meg egy eldöntendő kérdés formájában, hogy képes-e elérni egy nála nagy valószínűséggel magasabban levő repülési szintet. Ha a pilóta válasza pozitív, akkor nem kell a másik járat pilótájától már semmit kérdezni, hanem azonnal vagy kicsit később utasíthatja az előbb megkérdezett magasságra. Ha a válasz negatív, azaz nem képes azon a magasságon repülni, amit az irányító kérdezett, akkor megkérdezi ugyanezt a másik repülőgép pilótájától is. Ha tőle is negatív válasz érkezik, akkor a konfliktus feloldására kidolgozott terv következő lépése alapján utasítja a további cselekvésekre a repülőgépeket a sebességük megváltoztatására. Az információ a második lépésben a sebességérték, amit a Mach-szám formájában közöl az egyik vagy mindkét pilótával. Ha a második lépés után sem oldódik fel a konfliktus, akkor az egyik repülőgépet fordulásra utasítja. A fordulási utasítást kétféleképpen lehet közölni. Egyrészt kiadhatja úgy az utasítást az irányító, hogy forduljon jobbra vagy balra valamennyi fokot pl. turn left 5 degrees. Másrészt úgy, hogy a repülési irányt adja meg pl. fly heading 240. Ezután már mindenképp fel kell oldódnia a konfliktusnak.

A következőkben egy valódi konfliktus feloldását fogom bemutatni, ami abban különbözik a modelltől, hogy a konfliktus már a következő szektorban alakult volna ki. Az eset 2018. április 6-án történt UTC idő szerint 21:40 és 21:55 között. A radarképek a fliht radar24.com weboldaláról származnak. A két érintett járat közül az egyik az Emirates 13U hívójelű járata volt, amely Frankfurtból Dubaiba tartott 39000 láb magasságban, a másik pedig az Ethiopian Airlines 715-ös járata volt, amely Stockholmból Addis Ababa városába tartott, szintén 39000 láb magasságon. Mind a két repülőgép szélestörzsű volt, az Emirates járatát egy Airbus A380 teljesítette, az Ethiopian Airlines járatát pedig egy Boeing 787 Dreamliner. A PC már látta a szektoron kívül, hogy a két repülőgép összetartó irányba repül (lásd 19. ábra).



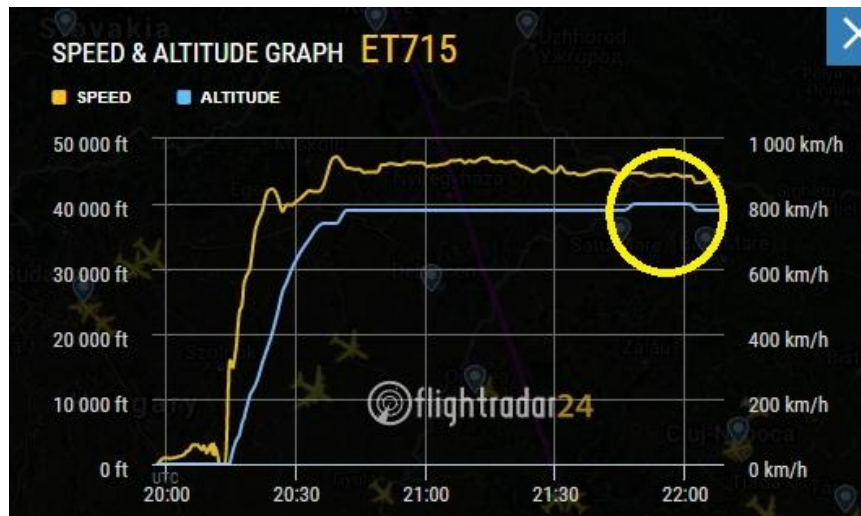
19. ábra: A két repülőgép pozíciója 21:42-kor
(Forrás: Saját készítés, flightradar24.com alapján)

Az Emirates nagyjából 21:40-kor jelentkezett be a magyar ACC szektorba, az EC azonosította és megkérdezte, hogy fel tud-e emelkedni 41000 láb magasságra. Erre azt válaszolta a pilóta, hogy negatív, azaz nem. Ezután nagyjából 1,5-2 perccel később az Ethiopian Airlines is bejelentkezett a szektorba. Az EC azonosította és tőle is megkérdezte, hogy fel tud-e emelkedni 41000 láb magasságra. Erre azt válaszolta a pilóta, hogy túl nehezek a 41000 láb magassághoz. Az EC azonnal visszakérdezett, hogy esetleg 40000 lábra fel tudna-e emelkedni. Erre azt a választ kapta, hogy képesek 40000 lábra emelkedni és megkérdezte a pilóta, hogy kezdjék-e meg azonnal az emelkedést. Az EC azt válaszolta, hogy rövid időn belül vissza fogja őt hívni. Ez 1 perccel később meg is történt és utasította a pilótát, hogy emelkedjen 40000 lábra. Ezt követően előbb az Ethiopian-t majd az Emirates-et is kiléptette a szektorból és átadta őket a román irányításnak. A következő radarképen látszik (lásd 20. ábra), hogy a román légtérbe belépést követően mintegy három perccel később már sérült volna az ACC által alkalmazható elkülönítési minimum, ami 5NM (9,3 km) két repülőgép között, ha az Ethiopian Airlines járata nem emelkedett volna fel 40000 láb magasságra. A sárga kör egy 5 km átmérőjű kör, amit én rajzoltam bele az ábrába a szemléltetés érdekében. Ezzel azt szeretném bemutatni, hogy az elkülönítési minimum fele sem volt a távolság a két járat között, ebből is látszik, hogy teljes mértékben indokolt volt az etióp repülőgép felemelése. Ráadásul az emelkedés a telemetriai adatokra támaszkodva hozzávetőlegesen három perc volt, ezért ha a szektorba belépéskor a román irányító azonnal emelkedésre utasította volna a repülőgépet, akkor is veszélyesen megközelítette volna egymást a két repülőgép.



20. ábra: A két repülőgép közti minimális távolság konfliktusfeloldás nélkül
(Forrás: Saját készítés, flightradar24.com alapján)

A telemetriai adatokból is szépen látszik, hogy csak a konfliktus megelőzése érdekében kellett emelkednie az etióp légitársaság repülőgépének, ugyanis 3 perccel később a román légiforgalmi irányítás visszasüllyesztette 39000 láb magasságra. (lásd 21. ábra) A kék színű grafikon jelzi a magasságot.



21. ábra: Az Ethiopian 715-ös járatának telemetriai adatai
(Forrás: Saját készítés, flightradar24.com alapján)

A pilóták és az irányító között a következő párbeszéd hangzott el:

Emirates13U: Budapest, Hello Emirates 13Uniform, Super Level 390 to ROMBU.

EC: Emirates 13Uniform, Budapest, Good Evening, Radar Contact, Continue to ROMBU. Can you take level 410?

Emirates13U: Continue to ROMBU and negative. Emirates 13Uniform.

EC: Roger.

Ethiopian 715: Good Evening. Ethiopian 715, Flight Level 390.

EC: Ethiopian 715, Budapest, Hello Radar contact. Direct OSTOV. Are you able to Flight Level 410?

Ethiopian 715: Direct OSTOV. We are too heavy for 410. Ethiopian 715.

EC: What about level 400?

Ethiopian 715: We are able 400. Confirm, you want that we climb now?

EC: I call you back short time. 390.

Ethiopian 715: Heading 390. Ethiopian 715.

EC: Ethiopian 715. Climb Flight Level 400.

Ethiopian 715: Flight Level 400. Ethiopian 715.

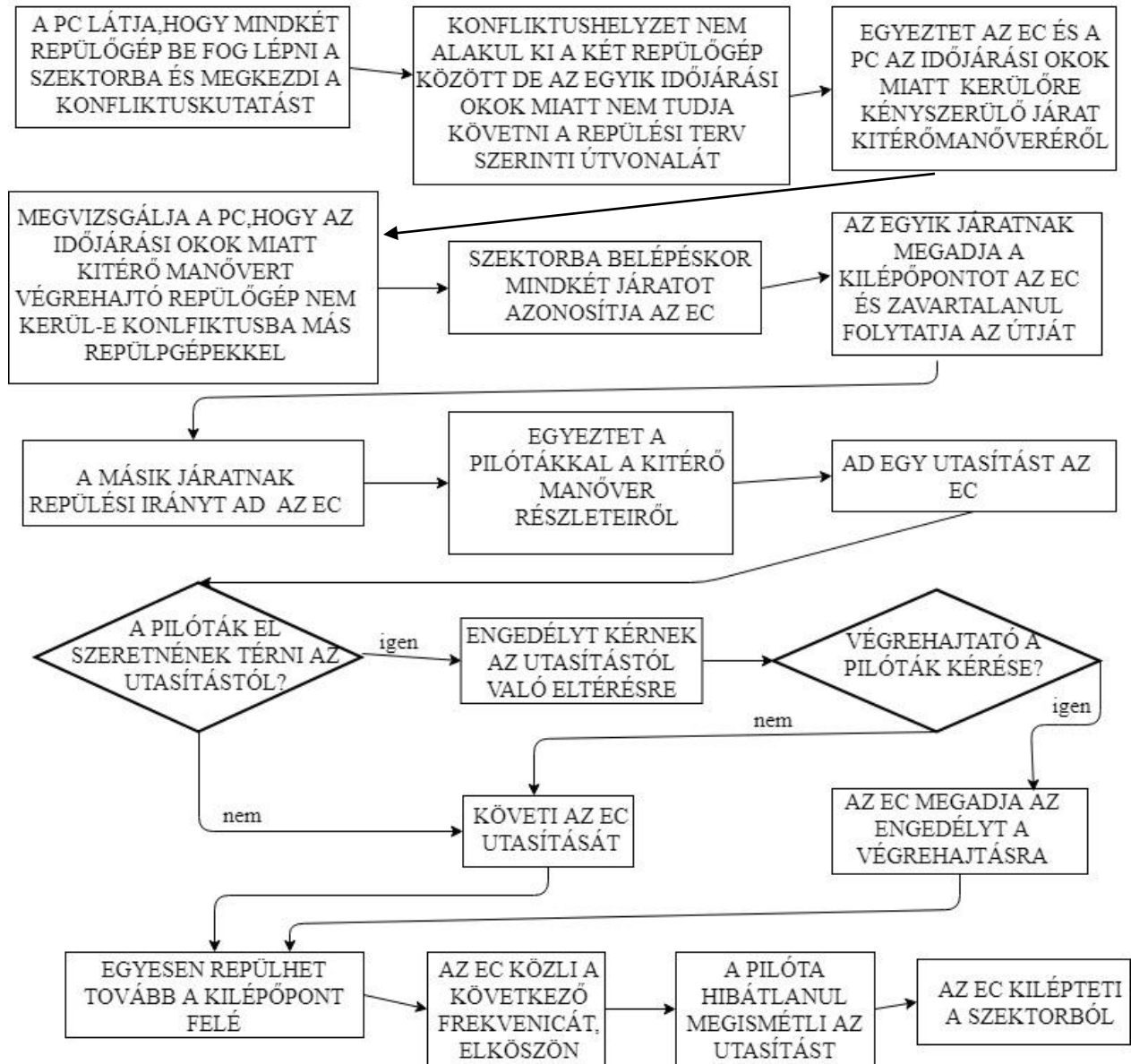
EC: Ethiopian 715 Contact Bukarest 134.460 Bye, Bye.

Ethiopian 715: 134.460 Ethiopian 715, Bye, Bye.

EC: Emirates 13Uniform contact Bukarest 134.460. Good day.

Emirates 13U: 134.460 Emirates 13U. Good day.

A harmadik modellben már az időjárás hatását is figyelembe veszem, és az alapján próbálom meg leírni, hogyan történik egy szektor irányítása.(lásd 21. ábra)

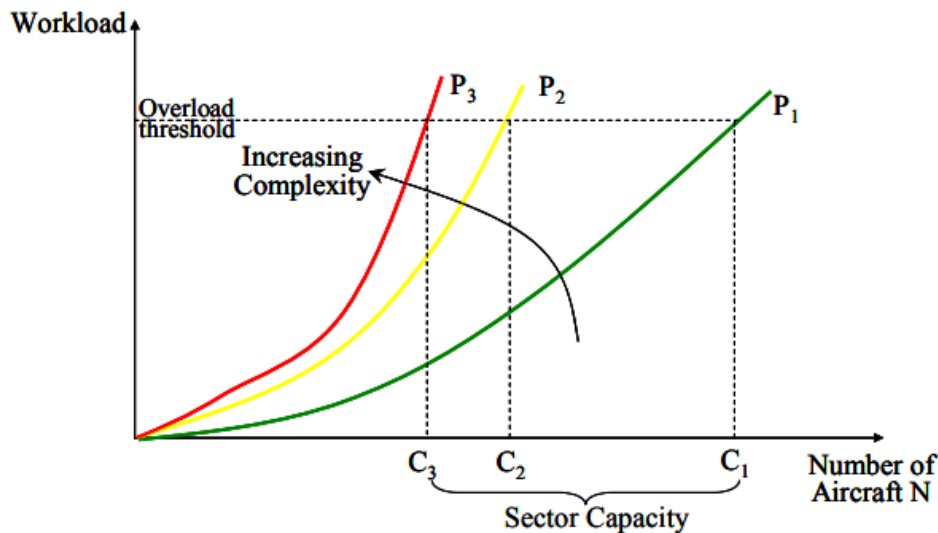


22. ábra: időjárás által befolyásolt irányítási folyamatábrája

(Forrás: Saját készítés)

Ebben a modellben is két repülőgép szerepel, amelyek nem kerülnek konfliktusba egymással, de ebben az esetben az időjárás hatására nem tud az egyik repülőgép a legrövidebb úton átrepülni a szektoron. A PC a radarernyőn látja, hogy mind a két repülőgép be fog lépni a szektorba és elkezd a konfliktuskutatást. Ha nem várható konfliktushelyzet, akkor azt kell felmérnie, hogy az a repülőgép, amely időjárás miatt nem tud a repülési tervben meghatározott irányban és/vagy magasságban repülni a kitérő manőver során nem kerül-e konfliktusba más repülőgépekkel. A kitérő manőver részleteiről egyeztet egymással az EC és a PC. A szektorba belépéskor mind a két repülőgépet azonosítja az EC. Az egyik zavartalanul közlekedhet tovább a kilépőpont felé, amit megadott neki az irányító. A másik járatnak az irányt adja meg az EC, mert nem tud egyenesen

afelé a kilépő pont felé repülni, ami a repülési tervben le van adva. Természetesen közli a pilótával, hogy időjárási okok miatt kell kitérő manővert végrehajtani. A repülőgépen is van meteorológiai radar, aminek a képét a pilóták maguk előtt látják. A kitérő manőver részleteiről a pilóták az irányítóval egyeztetnek, mert ők pontosabban látják az utazómagasságon uralkodó időjárási körülményeket. A légiforgalmi irányító előtt is van radar, de ő csak egy átfogó radarképet lát az ország fölötti időjárásról. Ő az elkülönítésért felelős, de természetesen figyelembe kell vennie az időjárási körülményeket, ha azok a forgalmat korlátozzák. Az irányító az időjárási helyzet függvényében ad utasításokat a pilótáknak, de ha el szeretnének térni attól, amire az irányító utasította őket, akkor engedélyt kell kérniük. Ha végrehajtható, amit kértek, úgy hogy másik repülőgéppel nem kerülnek konfliktusba és az elkülönítési minimum érték sem lesz kisebb a megengedettnél, akkor az irányító ezt engedélyezni szokta. Miután a kitérő végrehajtása sikerült, az EC a kilépő pont felé irányítja a repülőgépet, és amikor eléri azt, akkor kilépteti a szektorból. Az időjárás egy olyan faktor, ami növeli a szektor komplexitását és az irányító munkaterhelését, azonban csökkenti a szektor kapacitását. (lásd 23. ábra)



23. ábra: A komplexitás hatása a munkaterhelésre és a szektorkapacitásra

(Forrás: L. Song et. al., Predicting sector capacity for TFM, MITRE, 2007)

Az irányítási folyamat elemi lépéseit ennél a modellenél is bemutatom két lépést kiemelve. Az egyik az, mikor az időjárás miatt nem kilépőpontot ad az EC, hanem irányt, a másik pedig a kitérő manőver egyeztetése az EC és a pilóta között. Az időjárási okok miatt bekövetkező forgalomkorlátozás alatti irányítási folyamatot a legnehezebb leírni, mert arra nincsenek standard eljárások kidolgozva, az aktuális szituációra a légiforgalmi irányítóknak kell improvizatív módon reagálni. Az előbb említett két lépésben csak a pilóta és az EC között van információáramlás. Amikor az EC nem egy kilépőpontot ad meg a pilótának, hanem egy irányt, akkor vagy a repülési irányt, vagy a forduló irányát és nagyságát adja meg. Ameddig lehetséges azt az irányt engedélyezi az EC, ami a legrövidebb út a repülőgépnél a célállomása felé. Az időjárási okok miatt a szektorban elrendelt korlátozásokat is közli a légijármű vezetőjével. A kitérő manőverről való egyeztetés során

az EC kérdéseket tehet fel a pilótának az aktuális időjárási kondíciók függvényében, illetve a repülési magasságról és irányról kommunikálnak. Ez azért szükséges, mert az EC így információkat gyűjt, és az alapján tud később utasítást kiadni, akár egy másik légi járműnek is.

4. Az automatizálást lehetővé tevő eszközök

Ebben a fejezetben ismertetem azt a két jelenleg is rendelkezésre álló rendszert, amelyek segítségével megvalósítható bizonyos funkciók automatizálása. A két rendszer, a CPDLC és a MATIAS, amelyek nem teljesen függetlenek egymástól, ugyanis a CPDLC funkció 2015 vége óta rendelkezésre áll a MATIAS rendszer-en belül. A MATIAS rendszer hang alapú összeköttetést biztosít a légiforgalmi irányítók és a pilóták között, a CPDLC adatkapcsolaton alapuló kommunikációt tesz lehetővé közöttük, segítségével szöveges üzenetek formájában tudnak kommunikálni.

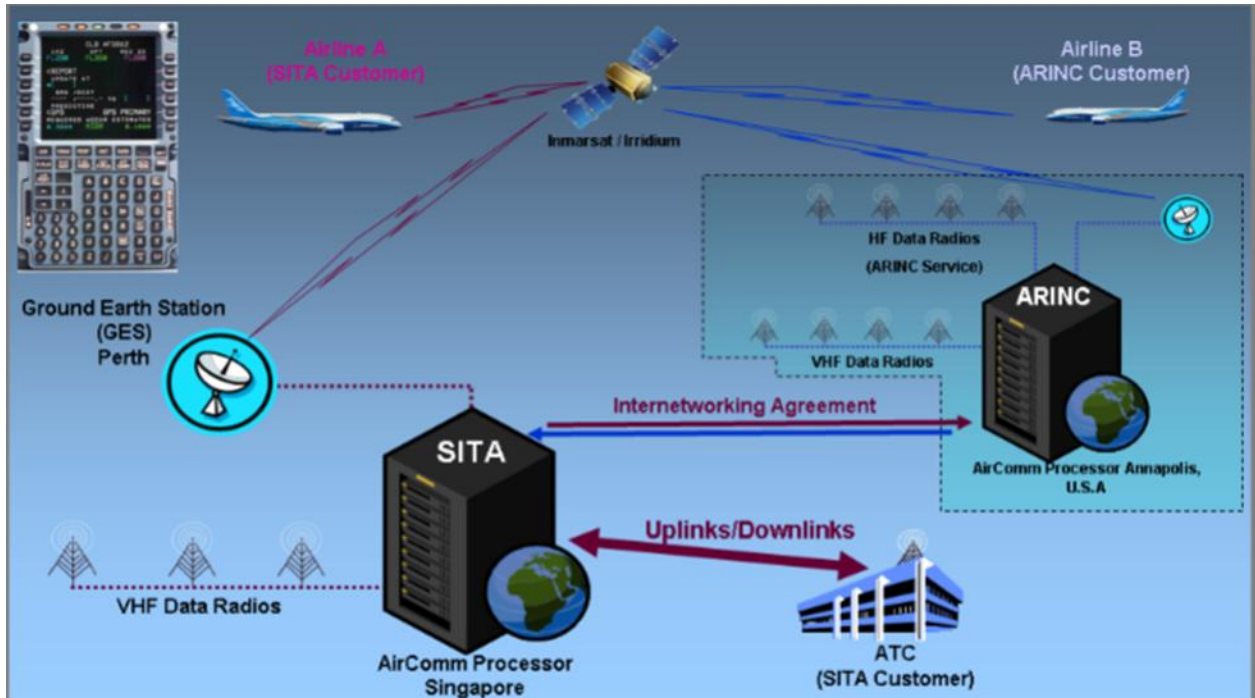
4.1 CPDLC

A CPDLC (Controller-pilot Data Link Communications - Légiforgalmi irányító-pilóta közötti adatkapcsolati kommunikáció) egy adatkapcsolatra épülő kommunikációs eszköz a légiforgalmi irányító és a pilóta között.

A CPDLC egy kétirányú adatkapcsolati rendszer, amellyel az irányítók nem sürgős „stratégiai” üzeneteket küldhetnek a légi járműveknek a hangkommunikáció alternatívájaként. Az üzenet megjelenik a pilótafülke vizuális kijelzőjén. A CPDLC alkalmazás levegő-föld adatkommunikációt biztosít a légiforgalmi irányítás számára. Lehetővé tesz számos olyan adatkapcsolati szolgáltatást (DLS-Data Link System), amely a kommunikációs menedzsment és az engedély/információ/kérelem üzenetek cseréjét biztosítja, melyek megfelelnek a légiforgalmi irányítási eljárások által használt hangszórás módszereknek. Az irányítók képesek vele kiadni az ATC (Air Traffic Control) engedélyeket (szintek hozzárendelése, oldalirányú eltérések / vektorok, sebességekiosztások stb.), rádiófrekvencia-hozzárendeléseket és különféle információkéréseket. A pilóták tudnak vele az üzenetekre válaszolni, információt és engedélyeket kérni és fogadni, valamint információt szolgáltatni. A "szabad szöveg" funkció olyan információcserét biztosít, amely nem felel meg a meghatározott formátumoknak. A CPDLC-t globálisan alkalmazzák, és jelenleg különböző megvalósítási szakaszokban van. [34]

A CPDLC működéséhez szükséges egy adatkapcsolat. A Datalink Service Provider-DSP (adatkapcsolat szolgáltató) létrehozza és kezeli azokat az adatkapcsolatokat, amelyek különböző speciális alkalmazású üzeneteket közvetítenek a repülőgép és a föld között. Olyan földi állomások hálózatát működtetik, amelyek általában a repülőtereken és más területeken helyezkednek el, és biztosítják a VHF (Very High Frequency –ultra nagy frekvencia), a HF (High Frequency - magas frekvencia) és a SATCOM (Satellite Communications - Műholdas kommunikáció) lefedettségét a kontinentális és óceáni légterekben. A világban számos DSP versenyez egymással néhány helyen

átfedő szolgáltatással, mint például Európában. A két elsődleges szolgáltató az ARINC és a SITA. A SITA a nemzetközileg ismert cége a légiforgalmi kommunikációnak. 1949. februárjában több légitársaság alapította annak érdekében, hogy közös infrastruktúrát hozzanak létre kommunikációs hálózataik összekapcsolásával. A SITA jelenleg egy multinacionális IT vállalat, amely a légi közlekedésnek nyújt IT és távközlési szolgáltatásokat. Az ARINC-ot 1929-ben hozták létre és a közlekedési kommunikációs és rendszertechnikai megoldások egyik fő szállítója a különböző iparágaknak, köztük a légi közlekedésnek és a repülőtereknek. Például az ARINC és a SITA is telepített a VHF Data Link (VDL) mód 2 –es hálózatnak földi állomásokat Európában. [35]



24. ábra: FANS 1/A rendszer hálózati felépítése

(Forrás: https://prezi.com/7erqio0gm3x7/cpdlc-overview/?auth_key=1870e4f4a458fca2c71b97729a7aee28254bf9dc)

A CPDLC két fajta koncepción keresztül tud üzeneteket küldeni és fogadni. Az ATN (Aeronautical Telecommunication Network) az OSI 7 rétegű modellje szerint működik. A FANS 1/A (Future Air Navigation System) a FANS 1 és FANS A koncepciók kombinációja. A FANS 1-et a Boeing, a FANS A-t pedig az Airbus fejlesztette ki. Azokra a helyekre fejlesztették ki ahol nincs Radar és ADS-B lefedettség. A FANS 1/A üzeneteket és helyadat jelentéseket küld az Iridium és az Inmarsat műholdrendszeren keresztül. (lásd 24. ábra) a légiforgalmi irányítónak. [36]

A nagyon nagy frekvenciájú (VHF) digitális összeköttetés (VDL) kommunikációs rendszer egyike azoknak a repülőgép-föld alhálózatoknak, amelyek a légiforgalmi távközlési hálózaton (ATN) keresztül repülőgépre telepített egységek és földi bázisok közötti adatkommunikáció támogatására használható fel. [37] A légiforgalmi VHF adatkapcsolatok a 117.975-137 MHz sávot használják. A mód 2 az egyetlen olyan VDL (VHF Digital Link) mód, amely operatív módon

támogatja a CPDLC-t. Az ICAO VDL Mode 2 a VDL alap verziója. Ez az Eurocontrol Link 2000 + programban valósult meg, és a 2009 januárjában elfogadott, egységes európai égboltra vonatkozó uniós szabály (Single European Sky) elsődleges kapcsolataként határozták meg, amely előírja, hogy 2014. január 1-je után minden új, Európában közlekedő repülőgépet fel kell szerelni CPDLC-vel. A CPDLC bevezetése előtt a VDL 2. módot már körülbelül 2.000 repülőgépen megvalósították az ACARS üzenetek továbbítására, egyszerűsítve a CPDLC hozzáadását. A VDL Mód 2 szolgáltatást nyújtó földi állomásokat az ARINC és a SITA telepítette különböző szintű lefedettséggel. A VDL Mód 2 ICAO szabvány három réteget határoz meg: az Alhálózati-, az Adatkapcsolati- és a Fizikai réteget. Az alhálózati réteg megfelel az ICAO légiforgalmi távközlési hálózati (ATN) szabványának, amely meghatároz egy végponttól végpontig terjedő adatátviteli protokollt, melyet többszörös levegő-föld és föld alhálózatokon használ, beleértve a VDL-t is. A VDL Mód 2 Fizikai rétege egy 25 kHz-es széles VHF csatorna használatát határozza meg, 8 állapotú fázisbillentyűzéses modulációs (D8PSK) eljárással, 10.500 szimbólum / másodperc szimbólumsebességgel. A fizikai réteg bitsebessége 31,5 kilobit / másodperc. [38]

A CPDLC egy kommunikációs alkalmazás, amely az adatközlés koncepcióját használja. Csak két adatközlő lehet, ezért legfeljebb két ATS egység (ATSU) csatlakozhat a CPDLC-hez egyidőben. Csak az egyik ATSU (Air Traffic Services Unit- Légiforgalmi szolgáltató egység) tud a repülőgéppel kommunikálni, az úgynevezett CDA (Current Data Authority- Jelenlegi adatközlő egység). A légi jármű és az aktuális adatközlő egység közötti kapcsolat az aktív kapcsolat. A következő (szomszédos) ATSU, amely a CPDLC-n keresztül kommunikál a repülőgéppel, az az úgynevezett NDA (Next Data Authority- Következő adatfelügyelő egység), amit a CDA jelöl ki egy uplink NDA üzenet küldésével, ami tartalmazza a következő ATSU belépési kódját, amely elküldi a kapcsolódási kérelmet. A repülőgép és a következő adatfelügyelő egység (NDA) között létrehozott kapcsolat a címátvitel után inaktív kapcsolat lesz. Ha az NDA üzenetet nem kapta meg a repülőgép, akkor az NDA nem létezik és a CDA-val való kapcsolat megszűnése után a repülőgép CPDLC kapcsolat nélkül repül tovább. Hasonlóképpen, ha a következő ATSU nem rendelkezik adatkapcsolattal, NDA üzenet nem lesz elküldve a repülőgépre. A FIR (Flight Information Region- Repüléstájékoztató körzet) határvonal előtt a legénységet arra utasítják, hogy hangkontaktust létesítsen a következő egységgel. A CPDLC kapcsolat beépített integritással rendelkezik számos biztonsági mechanizmussal. [39]

A következő Data Link Services (DSL)-adatkapcsolati szolgáltatások állnak rendelkezésre:

- Data Link Initiation Capability (DLIC)- Adatkapcsolat kezdeményezés képessége
- ATC Communications Management Service (ACM)- Légiforgalmi irányítói kommunikációs menedzsment
- ATC Clearances (ACL)- Légiforgalmi irányítói engedélyek
- ATC Microphone Check (AMC) - Légiforgalmi irányító mikrofon ellenőrzése.

A DLIC az az adatkapcsolati szolgáltatás, amely biztosítja a szükséges információkat az ATS egység és a pilóta közötti adatkapcsolati kommunikáció lehetővé tétele céljából. „ A LOGON

szolgáltatás teszi lehetővé a légi jármű adatkapcsolati szolgáltatás kezdeményezését. A logon paraméterek biztosítják az ATC számára a légi jármű azonosítót (a/c identification) és az alkalmazási címeket (application address) az azonosítás és az adott FPL-lel való összekapcsolás, továbbá az elkövetkező CPDLC információcsere használata céljából. A CONTACT szolgáltatás teszi lehetővé a Földi Rendszer számára annak kérését, hogy a légi jármű egy másik Földi Rendszerhez is beléphessen, csatlakozhasson (logon).”

„Az ACM szolgáltatás biztosítja az irányítók és a személyzetek közötti automatikus támogatást az ATC kommunikáció végrehajtására (hang és CPDLC) figyelemmel arra az operatív főszabályra, hogy egy adott időben csak egyetlen irányítási felelősségi elem lehet a rendszerben.”

Az ACL szolgáltatás lehetővé teszi a légi jármű személyzetek és a légiforgalmi irányító számára a különböző információk közvetlen cseréjét. Az ACL lehetőséget biztosít:

- a személyzet számára a kérések és jelentések megtételére az ATC felé;
- a légiforgalmi irányító számára az engedélyek, utasítások és tájékoztatások kiadására a személyzet számára.

„Az ACL-t a nem idő-kritikus (non-time-critical) beavatkozásokra tervezték, és a hang kommunikáció helyett vagy azzal együtt alkalmazzák.”

Az AMC szolgáltatás lehetővé teszi a légiforgalmi irányító számára az adott szektorban, egy időben valamennyi CPDLC-vel felszerelt légi jármű felé olyan utasítás kiadását, ami lehetővé teszi annak megállapítását és megerősítését, hogy a légi járművek hang kommunikációs rendszerei nem blokkolják a szektora hang csatornáit. [40]

A CPDLC technológia segítségével a légiforgalmi irányítók és a pilóták szöveges üzeneteken keresztül kommunikálhatnak egymással. Ennek két fajtája van. Az úgynevezett uplink üzeneteket a légiforgalmi irányító küldi a pilótáknak (ground to air), az úgynevezett down link üzeneteket pedig a pilóták küldik a légiforgalmi irányítóknak (air to ground). Az ICAO Global Operational Data Link (GOLD) Manual alapján a legfontosabb üzeneteket és azok jelentését szeretném bemutatni két táblázat segítségével.

Az üzenet elem azonosítója	Üzenetelem rendeltetésszerű használata	Az üzenetelem megjelenítési formátuma	Válasz
COMU-1	Utásítás a meghatározott frekvenciájú ATS egységgel való hangkommunikáció létrehozásához	CONTACT (unit name) (frequency)	WILCO or Unable
SYSU-1	A rendszer által generált hibaüzenet.	ERROR (error information)	No Response
SYSU-2	A rendszer által generált értesítés a következő adatközlő egységről vagy a visszavonásról	NEXT DATA AUTHORITY	No Response
COMU-9	Az aktuális ATC egység tanácsa.	CURRENT ATC UNIT (unit name)	No Response
SYSU-4	Rendszer által generált értesítés, hogy a fogadott üzenet elfogadható.	LOGICAL ACKNOWLEDGEMENT	No Response
COMU-5	Utásítás az adott ATS egység figyelemmel kísérésére az adott frekvencián. A hajózszemélyzet nem köteles beszédkontaktust létesíteni a frekvencián.	MONITOR (unit name) (frequency)	WILCO or Unable

3. táblázat: Uplink üzenetek és azok jelentései

(Forrás: <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/4134.pdf>)

Az üzenet elem azonosítója	Üzenetelem rendeltetésszerű használata	Az üzenetelem megjelenítési formátuma	Válasz
RSPD-1	Jelzés, hogy az utasítást megértették és teljesíteni fogják	WILCO	No Response
RSPD-2	Jelzés, hogy az utasítás nem teljesíthető.	UNABLE	No Response
RSPD-3	Jelzés, hogy az üzenet rövidesen meg lesz válaszolva	STANDBY	No Response
RSPD-4	Jelzés, hogy az üzenet megérkezett	ROGER	No Response
RSPD-5	Az üzenetre adott pozitív visszajelzés	AFFIRM	No Response
RSPD-6	Az üzenetre adott negatív visszajelzés	NEGATIVE	No Response
SYSD-1	A rendszer által generált hibaüzenet	ERROR	No Response
SYSD-3	Rendszer által generált elutasítás minden olyan CPDLC üzenetről, amit nem az aktuális adatközlő földi állomásáról küldtek.	NOT CURRENT DATA AUTHORITY	No Response
TXTD-2	-	(free text)	No Response
SYSD-4	Rendszer által generált értesítés, hogy a földi létesítmény a jelenlegi adatközlő egység.	CURRENT DATA AUTHORITY	No Response

SYSD-2	Rendszer által generált értesítés, hogy a fogadott üzenet megjeleníthető.	LOGICAL ACKNOWLEDGEMENT	No Response
SYSD-5	Rendszer által generált értesítés, hogy a földi rendszer nincs kijelölve, mint következő adatközlő egység, jelezve a jelenlegi adatközlő azonosítóját. Jelenti a következő adatközlő egység azonosítóját, ha van ilyen.	NOT AUTHORIZED NEXT DATA AUTHORITY	No Response

4.Táblázat: Downlink üzenetek és azok jelentései

(Forrás: <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/4134.pdf>)

A CPDLC számos előnnyel rendelkezik, amelyek a következők:

- kevesebb kommunikáció a frekvencián
- növeli a szektorkapacitást
- több pilóta kérése kezelhető egyszerre
- a kommunikációs félreértés valószínűsége csökken
- biztonságosabb frekvenciaváltások, így kevesebb kommunikációs probléma. [41]

4.2 MATIAS rendszer

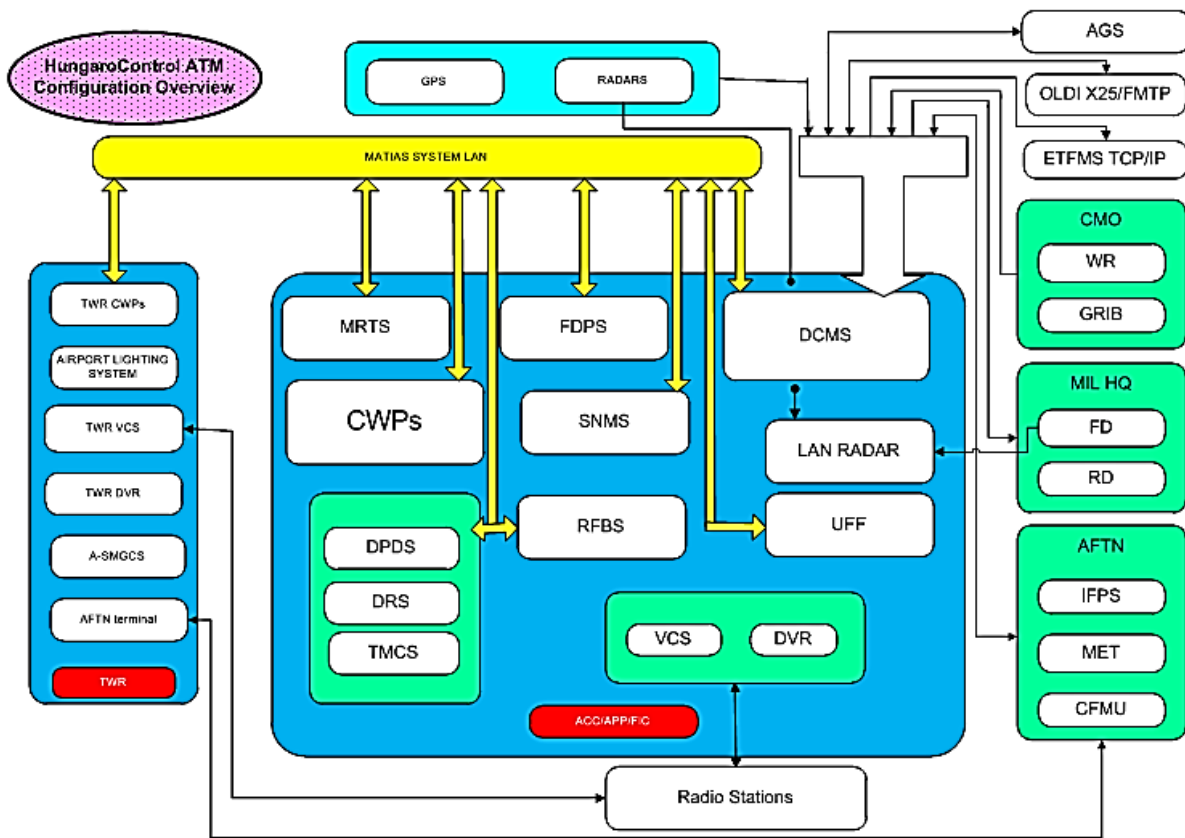
Egy légiforgalmi irányító rendszernek az az elsődleges feladata, hogy releváns információkat jelenítsen meg az irányító számára. A MATIAS rendszer, amely a világ egyik legkorszerűbb légiforgalmi irányító szoftvere, ezt maximálisan teljesíti.

A rendszert a Thales Air Systems-szel közösen fejlesztette a Hungarocontrol és jelenleg a Build 10-es verzióját használják, amelynek a fő jellemzői a következők:

- „ A Mode S technológiának köszönhetően a MATIAS rendszer a világon elsőként volt képes arra, hogy a légi járművek fedélzetéről letöltött adatokat komplex módon feldolgozza és megjelenítse az irányítók számára.
- Konfliktuskutatás a repülésbiztonság érdekében: a repülési tervek alapján a szoftver 4 dimenziós profilokat rajzol fel százaz nagyságrendben, és ezek között 20-25 percre előre az időben konfliktusokat kutat. A valódi radaradatok alapján rövid távú konfliktuskutatást végez, 5 másodpercenként újraértékeli az egész légtérhelyzetet, és ezek alapján riasztási funkciókat is biztosít.

- Interoperabilitás, amely biztosítja a környező légiforgalmi szolgálatokkal történő automatikus adatcserét.
- Támogatja a pilóták és a légiforgalmi irányítók közti elektronikus, levegő-föld adatkapcsolaton át történő kommunikációt (CPDLC - Controller Pilot Data Link Communications).
- Lehetővé teszi a légiforgalmi irányítók számára személyre szabott radarképernyő betöltését, növelve a munkavégzés hatékonyságát.” [20]

A következő ábrán a MATIAS rendszer áttekintő ábrája látható. Az ábra a rendszer hardver elemeit és az azok közötti kapcsolatokat jeleníti meg.



25. ábra: MATIAS rendszer áttekintő ábra

(Forrás: http://kjit.bme.hu/images/10_ea_MATIAS_2017_18_MU.pdf)

A fontosabb hardver elemek és a funkcióik a következők:

- „ Multi Radar Tracking System (MRTS): radar adatot fogad a radar állomásoktól és feldolgozza azokat Multi-Radar track-ké. Ezek továbbításra kerülnek a helyi hálózaton (LAN) keresztül más funkciók számára a MATIAS rendszeren belül.
- Radar Fallback System (RFBS): tartalék berendezésként szintén radar adatot fogad a radar állomásoktól és feldolgozza azokat. Felhasználására az MRTS meghibásodása esetén kerül sor.

- Safety Nets and Monitoring Aids System (SNMS): az MRTS-től és a RFBS-től érkező Multi-radar track-ek alapján track - repülési terv összerendelést hoz létre (coupling) és számos radar alapú riasztást állít elő, valamint támogatja az úgynevezett Monitoring Aid funkciókat.
- Flight Data Processing System (FDPS): feldolgozza a külső interfészeken keresztül beérkezett repülési terv adatokat és kezeli a repülési terveket. A repülési tervek az AFTN illetve OLDI közleményekből az RPL adatbázisból vagy az operatív munkahelyekről érkehetnek, frissülhetnek.
- Data Communication System (DCMS): a repülési terv és a légiforgalmi információ feldolgozás funkciók külső kommunikációját támogatja. A DCMS a LINES berendezéshez kapcsolódik. Szintén támogatja a légiforgalmi információ és a repülési tervadat feldolgozást.
- Data Recording System (DRS): összegyűjti és tárolja az adatokat egy adott partícióban.
- Data Playback System (DPS): visszajátssza az adatokat egy visszajátszási partícióra egy erre a célra rendelt konfigurációban
- Recording Network Attached Storage (RNAS): hosszú távú és adatvesztés mentes tárolásra képes nagy kapacitású berendezés, amely tárolja a teljes rendszer területéről származó központilag rögzített adatokat.
- Remote Communication Processing System (RCPS): lehetőséget biztosít a MATIAS rendszeren belül a központi és a távoli partíciók összekapcsolására.
- Ultimate Fallback Facility (UFF): automatikusan kinyomtatja a repülési adatokat jelentős rendszer meghibásodás esetén.
- Controller Working Position System (CWPS): támogatja a Human/Machine Interface-t a különböző operatív szerepek számára.
- Data Preparation and Distribution System (DPDS): lehetőséget biztosít a rendszer paraméterek meghatározására és szétosztására.
- Technical Monitoring and Control System (TMCS): támogatja a technikai személyzet műszaki megfigyelő és ellenőrző/irányító tevékenységét.
- LINES: interfész képességet biztosít a külső rendszerek felé (Radar, OLDI, ...).
- AFTN interface: gondoskodik az operatív repülési adat, valamint repülést érintő információ közlemények fogadásáról/továbbításáról az AFTN hálózaton keresztül.
- OLDI interface: célja az operatív repülési adat csere bonyolítása közleményváltások formájában a szomszédos irányító egységekkel.
- AWS and ILS interface a Budapest Airport Meteorológiai Szolgálat Automatic Weather Station (AWS) és ILS berendezéseitől képes üzeneteket fogadni.
- AGS interface a repülőtéri földi szolgálatok (AGS) AODB rendszere felé biztosít kétoldalú adatcsere kapcsolatot.
- Military HQ Radar interface: a Military HQ felé képes radar adatot biztosítani.
- Gridded Binary interface: (GRIB) célja a GRIB adat fogadása a Meteorológiai Szolgálat rendszere felől.

- ETFMS interface: célja az ETFMS ellátása ASTERIX CAT 62 system track adattal, repülési terv adatokkal kiegészítve.
- A-SMGCS interface: célja koordinációs és mozgási adatcsere támogatása az A-SMGCS (Advanced-Surface Movement Guidance and Control System) rendszerrel.
- VCS: (Voice Communication System), levegő-föld összeköttetés a 118,0–136,975 MHz (VHF) and 225- 400 MHz (UHF) sávokban, különböző interfész lehetőségek biztosítása telefon kommunikáció, rádió kommunikáció, hangrögzítés, riasztásjelzés és távellenőrzés, távvezérlés céljára.” [42]
- Airport Lighting System: olyan kezelőfelület a toronyirányítói munkahelyen, amellyel a futópályák és gurulóutak fényeit lehet ki- és bekapcsolni és ellenőrizni az állapotukat.

A rendszer kapcsolatban van a szomszédos országok légiforgalmi irányító rendszereivel, amelyek még azelőtt elküldik a legfontosabb adatokat a repülőgépről, mielőtt az belép a magyar légtérbe. Ezek a következők: az adott repülőgép hol, mikor és milyen magasságon fog megérkezni a légtérbe. [43]

Mint ahogy már említettem a MATIAS elsődleges funkciója, hogy releváns információkat jelenítsen meg a légi járműről a légiforgalmi irányítók számára. Ehhez a repülési adatok feldolgozása (FDP- Flight Data Processing) és a radaradatok feldolgozása (SDP- Surveillance Data Processing) szükséges. Ezen adatokat a szoftver a feldolgozás után rendezzi és az úgynevezett Human Machine Interface (HMI)-n, az irányítói munkapulton jeleníti meg. Egy repülőgép adatai egy mozgatható címkében jelennek meg az irányító előtt (lásd 32. ábra)



26. ábra: Járatnyilvántartó címke a MATIAS-ban
(Forrás: <https://www.youtube.com/watch?v=j2CC4erPrp0>)

A címkén balról jobbra haladva a következő információk láthatók:

- a járat hívójele (BAW198-British Airways 198),
- a repülőgép típusa és turbulencia kategóriája (B744/H- Boeing 747/Heavy),
- az aktuális magassága FL-Flight Level-ben kifejezve (380- 38000 láb),

- melyik az a pont ahol elhagyja a magyar légteret (PITOK),
- a föld feletti sebessége a repülőgépnak (494 knots),
- a célrepülőtér négy betűből álló ICAO kódja (EGLL- London Heathrow),
- mi az a magasság, amit az aktuális irányító engedélyezett (380),
- mi az a magasság, amivel a szomszédos ország várja a repülőgépet,
- a következő irányítói egység által engedélyezett pont (LALES). [44]

A rendszer rendelkezik olyan automatizmusokkal, amelyek segítik az irányítók munkáját. Ilyenek a riasztások és az úgynevezett tool-ok vagy eszközök.

A riasztások arra szolgálnak, hogy figyelmeztessék az irányítót olyan konfliktushelyzetekre, amelyeket esetlegesen nem vett észre. Már akkor jeleznek az irányítónak, amikor még az elkülönítési minimum nem sérül, de a helyzet beavatkozást igényel. A riasztásoknak több fajtája van, de én csak a radar alapú riasztásokat sorolom fel, mivel ezek a legfontosabbak a dolgozatom szempontjából. Ezek a következők:

- „STCA (Short-term Conflict Alert- Rövidtávú konfliktus-kutatás)
- MSAW (Minimum Safe Altitude Warning- Minimális biztonságos magasság-figyelmeztetés)
- DAIW (Danger Area Infringement Warning- Veszélyes légtér megsértés-figyelmeztetés)” [45]

A tool-ok vagy eszközök olyan segítségek a légiforgalmi irányítók számára, amelyek jelentősen hozzájárulnak a repülőgépek gördülékeny irányításához, különösen a nagy forgalmú időszakok esetén. A munkaterem látogatás során azt tapasztaltam, hogy előszeretettel igénybe veszik ezeket a tool-okat:

- „Flight Leg-grafikusan megmutatja (kirajzolja) egy, a rendszerben szereplő Repülési Tervvel rendelkező légi jármű tervezett útvonalát (profil) a rendszer által ismert pontokig. Adott esetekben megfelelő színekkel jelöli a Flight Leg-en, ha a repülés tervezett útvonalán középtávú konfliktust detektálnak (MTCD), vagy elkülönített légtér (TRA) megsértése várható.
- Conflict Filter - egy gombnyomással kiválasztható, hogy csak azon légi járművek radarcímkei legyenek láthatók a radarernyőn, amelyek a kiválasztott légi járműre az AFL, CFL/PEL magasságokat tekintve mérvadóak lehetnek. (Nem szűrhetők a speciális kódokkal repülő légi járművek, valamint azok a track-ek, amelyek valamilyen riasztás alatt állnak.
- Speed Vector - megmutatja egy légi jármű pillanatnyi helyzetéhez és irányához képesti jövőbeni helyét percenkénti osztással. Az időtáv az összes track-re beállítható, 1 és 10 perc között.
- QDM – a mérővonallal az irányítónak lehetősége van a radarernyőn irányt és távolságot mérni (1) két track között, (2) két fix pont között, illetve (3) egy radartrack és egy fix pont között.

- Graph - a Grafikus szerkesztő segítségével különféle színes ábrákat és feliratokat lehet készíteni a radarernyőre, valamint a Graph és a Geo segítségével a valóságnak megfelelő térképelemek is rajzolhatóak a képernyőre.” [46]

A következő ábrán a Flight Leg látható működés közben. A két narancssárga vonal az aktuális sebesség alapján számított repülési profil. A vonal végén látható szám azt jelenti, hogy mekkora lesz a legkisebb távolság a két repülőgép között mérföldben kifejezve. Ebben az esetben a két repülőgép nem fog konfliktusba kerülni, mert az egyik 35000 láb, a másik pedig 41000 láb magasságban közlekedik.



27. ábra: Flight Leg tool működés közben

(Forrás: <http://www.origo.hu/auto/20160330-egy-potty-tobb-szaz-emberet-interju-bencsik-janos-legiiranyitoval.html>)

A riasztásokkal és a tool-okkal kapcsolatban fontos megemlíteni, hogy ezek nem avatkoznak be az irányításba, csak segítséget nyújtanak a légiforgalmi irányító számára. A repülőgépek közti elkülönítésért továbbra is teljes mértékben az irányító a felelős.

5. Javaslat az automatizálni kívánt funkcióra

Ebben a fejezetben felvázolom az irányítói funkciók automatizálhatósági minőségét a korábban ismertetett modellek alapján. Ezután ezen módszer szerint és az automatizálást segítő eszközök figyelembe vételével javaslatot adok egy funkció automatizálására. Ezen kívül arra is kitérek, hogy milyen kockázatokat rejt magában, ha az automatizált funkció nem vagy rosszul működik.

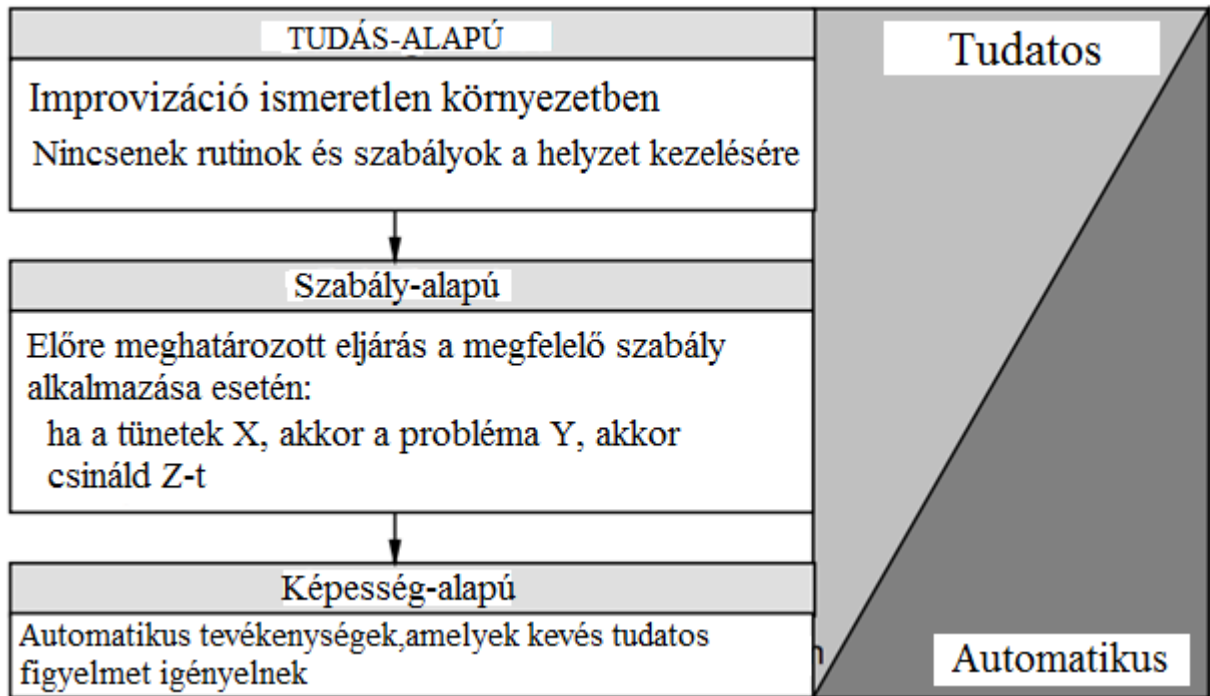
5.1 Az irányítói funkciók automatizálhatóságának minősítése

A modellalkotás után az információfeldolgozás típusairól alkotott megközelítés alapján az irányítói tevékenységeket csoportosítottam, és ezeket a felvázolt modelleken színekkel jelöltem.

A szaktudás, a szabály és a tudáson alapuló információfeldolgozás fogalma az egyénnek a tevékenysége során gyakorolt tudatos kontroll mértékét jelenti. A tudás alapú megközelítés alapján az ember szinte teljesen tudatosan végzi a feladatot. Ez abban az esetben fordul elő, amikor egy kezdő old meg egy feladatot vagy egy tapasztalt dolgozó egy teljesen új szituációval találja magát szembe. Mindkét esetben a munkavállalónak jelentős mentális erőfeszítéseket kell tennie a helyzet felmérésében, és válaszai valószínűleg lassúak lesznek. Továbbá minden ellenőrzés után a munkavállalónak további lépések megtétele előtt felül kell vizsgálnia a 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 készség alapú válaszokat általában egy bizonyos esemény kezdeményezi, amely például a szelep működtetésének követelménye, amely riasztóból, eljárásból vagy más személytől eredhet. A nagyon gyakorlott szelepnnyitási művelet elvégezhető nagyrészt tudatos gondolkodás nélkül.

A harmadik információfeldolgozási kategória magában foglalja a szabályok alkalmazását. Ezeket a szabályokat el lehet sajátítani az üzemmel való kölcsönhatás eredményeként, hivatalos oktatáson és tapasztalt dolgozókkal való együttműködés esetén. A tudatos kontroll szintje a tudás és a készség alapú módok között középen helyezkedik el. [47] (lásd 28. ábra)



28. ábra: A tudatos és automatikus viselkedés közti átmenet

(Forrás:

https://www.researchgate.net/publication/266334170_Human_Error_Understanding_Human_Behaviour_and_Error)

Az automatizálásnak az a célja, hogy egy funkció végrehajtásának felelősségét egy arra fejlesztett szoftver vegye át, ezzel is megkönnyítve az irányító munkáját. Automatizálni olyan funkciót lehet, amelyet jól és egyszerűen lehet specifikálni. A specifikálhatóságon kívül azt is meg kell nézni, hogy az egyes tevékenységek rossz végrehajtása vagy nem végrehajtása milyen kockázatokkal jár. Ehhez egy táblázatot állítottam fel, amibe be kell sorolni az egyes tevékenységeket.

Tevékenység		Kárkíhatási kategóriák			
		Katasztrofális	Kritikus	Csekély	Elhanyagolható
Tudás	A				
Szabály	B				
Rutin	C				

29. ábra: Kockázat osztályozás táblázat

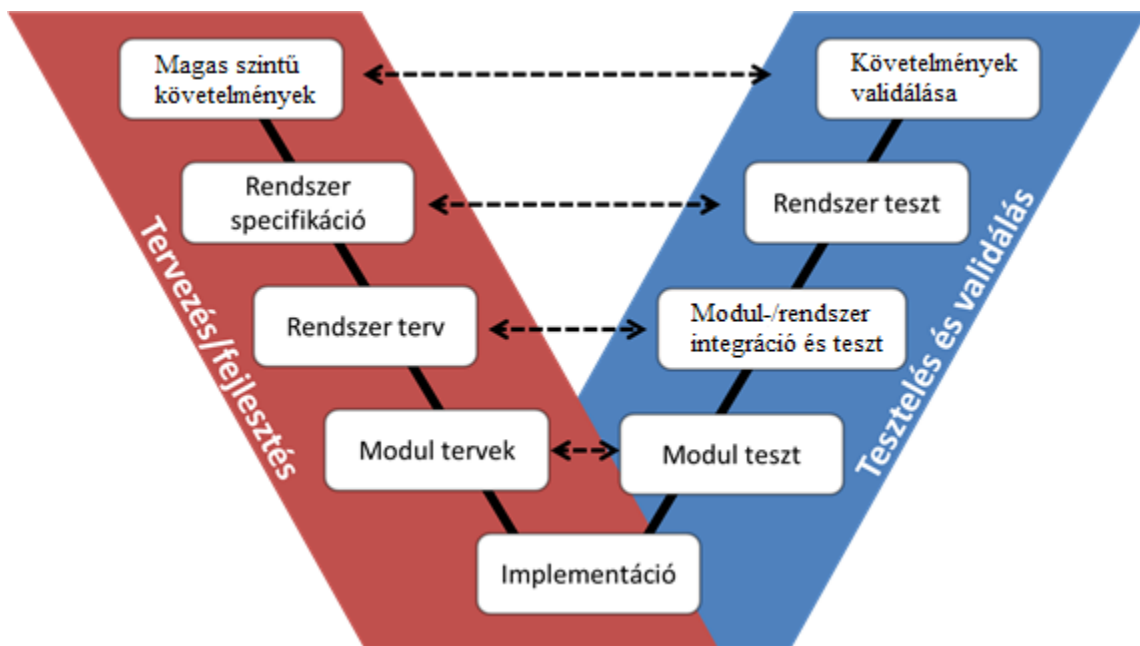
(Forrás: Saját készítés)

Specifikáció szempontjából a következő sorrend állítható fel a tevékenységek között:

- A: bonyolult, szerteágazó, nehezen specifikálható
- B: Specifikálható
- C: egyszerűen specifikálható

Az általam javasolt funkció rövid kockázatelemzését a következő alfejezetben fogom elvégezni. Minél magasabb a kockázata egy funkciónak, annál szigorúbb végrehajtást igényel és annál költségesebb a fejlesztés. Ehhez áll rendelkezésre az úgynevezett V-modell.

A biztonságkritikus számítógéprendszerek fejlesztése esetén az úgynevezett V-modellt használják. A V-modellt a német védelmi minisztérium fejlesztette ki és a német hadsereg szoftverfejlesztésében vált használatossá. „Az elnevezés nemcsak életciklus modellt, hanem egy teljes módszertant jelöl, aminek több elemét az ISO 12207 szabvány is átvette. A V-modell életciklus elképzelése nemcsak az egyes fázisok időbeli sorrendjéről szól, hanem arról is, hogy az egyes fázisokban mely korábbi fázisok termékeit kell felhasználni; illetve az adott fázis tevékenységét és termékét mely korábbi fázisban leírt követelmények, illetve elkészített tervek alapján kell ellenőrizni.” [48] A következő ábra a modell (lásd 30. ábra) fázisait mutatja be.



30. ábra: V-modell

(Forrás: https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0042_autoipari_beagyazott_rendszerek/ch07s02.html)

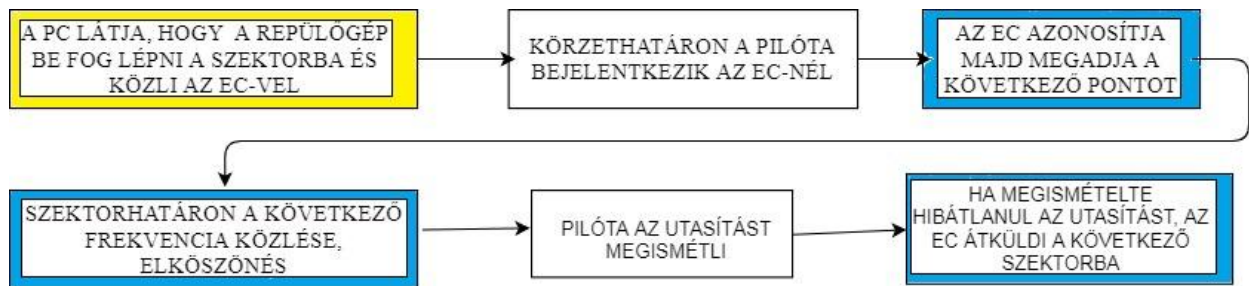
A modell ábrája a fejlesztési folyamat két megközelítését jelöli. A fentről lefelé történő haladás az úgynevezett, top-down megközelítésként kifejezi a tervezési folyamat fentről lefelé történő haladását a diagram baloldali ágában, míg a tesztelési folyamat lentől felfelé halad bottom-up megközelítésben, a jobboldali ágban. Az ilyen ábrázolás csak megközelítőleg írja le a fejlesztést. A gyakorlatban a különböző fázisok nem szigorúan a megadott sorrendben hajtódnak végre. A tervezés gyakran nagyszámú iterációt foglal magában, olyan műveletek sorával, amelyeket addig

kell ismételni, amíg kielégítő eredményre nem jutunk.” Az egyes fejlesztési állomások jelentése a modellben:

- „Követelmények specifikálása: a fejlesztési folyamat kiindulási pontját képező követelmények feltárása, elemzése majd specifikációja történik. A fázis eredménye egy dokumentum, amely részletes információt tartalmaz a rendszer szolgáltatásairól és megszorításairól.
- **Hazárdok és kockázatok elemzése:** célja a lehetséges veszélyhelyzetek meghatározása a rendszerben, a megelőző kiszűrés érdekében. Az analízisek elvégzéséhez különféle módszerek állnak rendelkezésre. A kockázatok elemzésére valószínűség számítási segédeszközöket alkalmaznak. Az elemzési folyamatok eredményeként létrehozandó a biztonsági követelmények dokumentációja.
- **Teljes rendszer-specifikáció:** a funkcionális követelmények valamint a biztonsági követelmények együttese alkotja. Mindezen specifikáció alapján megkezdhető a teljes rendszer konkrét tervezési folyamata.
- **Architektúrális tervezés:** a teljes informatikai rendszer hardver és szoftver architektúrájának megtervezése. A tervezésnek ebben a fázisában azt kell eldönteni, hogy mely funkciók legyenek megvalósítva hardver, és melyek szoftver által.
- **A szoftver modulokra bontása:** a fázisban a fejlesztési folyamatot további kisebb részekre, úgynevezett modulokra bontjuk fel a tervezési folyamat egyszerűsítése, áttekinthetőbbé tétele végett. A tervezés eredményeként a szoftver modulok specifikációja, valamint a köztük levő kapcsolódási folyamatok terve készül el.
- **A modulok elkészítése és tesztelése:** a szakaszban egyes modulok teljes implementációja valósul meg, ezután az elkészült modulok önálló tesztelése következik. Célszerű a tesztelési folyamatokat szintén előzetesen megtervezni.
- **Rendszerintegráció:** ebben a fázisban az elkészült szoftver-modulok integrálása történik egy teljes rendszerré miután mindegyik modul átment a tesztelésen.
- **Rendszerverifikáció:** a fázis feladata annak az eldöntése, hogy rendszer megfelel-e a specifikációjának, funkcionálisan teljesíti-e az összes specifikációs pontot.
- **Rendszervalidáció:** el kell dönteni, hogy a teljes rendszer megfelel-e minden további nem funkcionális követelménynek. Ebbe beletartozik a biztonsági feltételek teljesítésének eldöntése is: az ún. biztonság-igazolás.
- **Bizonylatolás (certification - tanúsítvány):** a hatósági előírások és szabványok szerinti megfelelés eldöntése, és az erre vonatkozó bizonylatok kiállítása.
- **A rendszer üzemeltetése:** üzembe helyezés, üzemeltetés, karbantartás, elavulás, üzemeltetés megszüntetése.” [48]

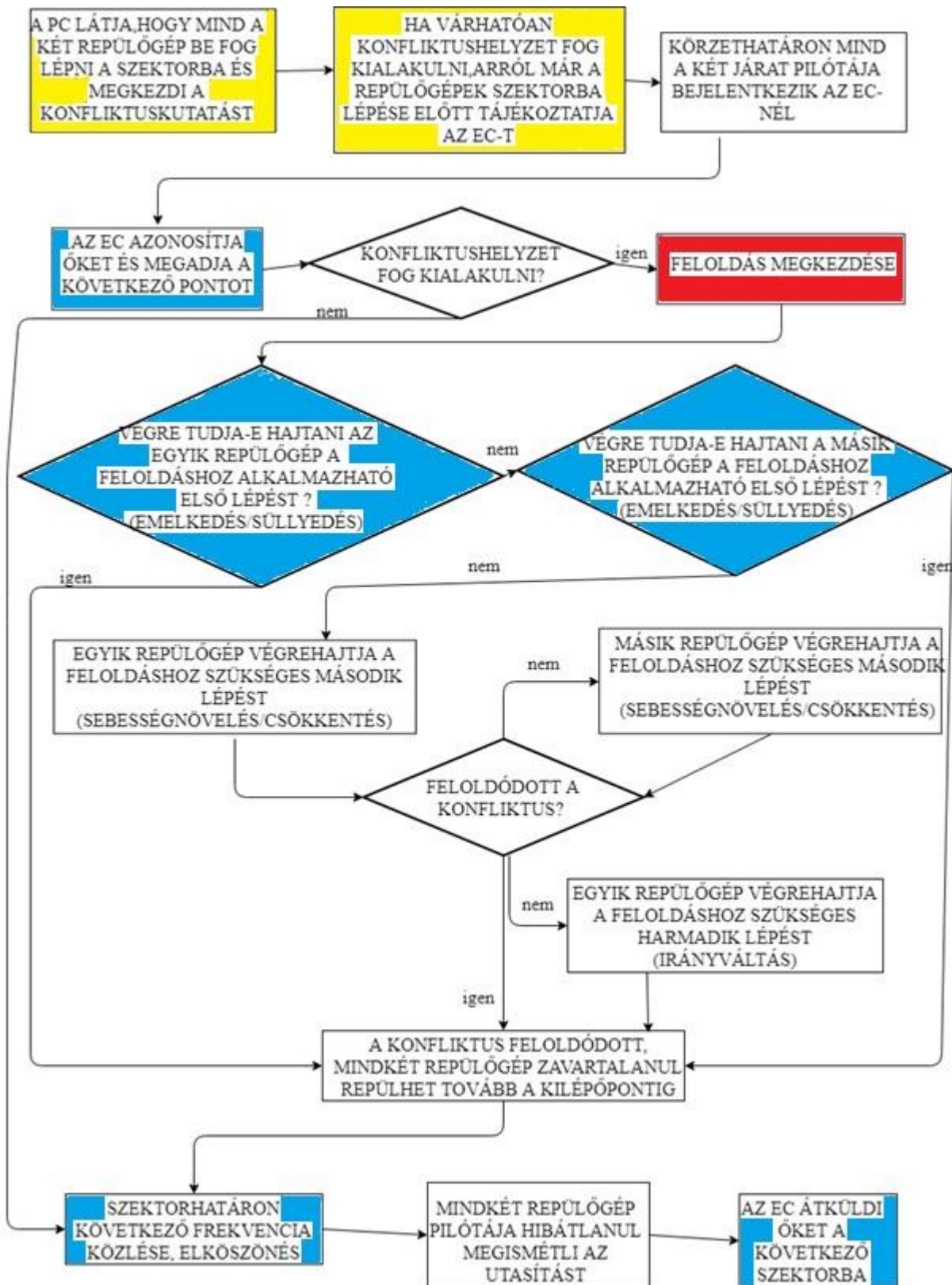
Most következnek a korábban felvázolt ábrák színezéssel együtt. Sorrendben a következő színekkel jelöltem a tevékenységeket:

- Piros- tudás alapú
- Sárga- szabály alapú és
- Kék-készség alapú.



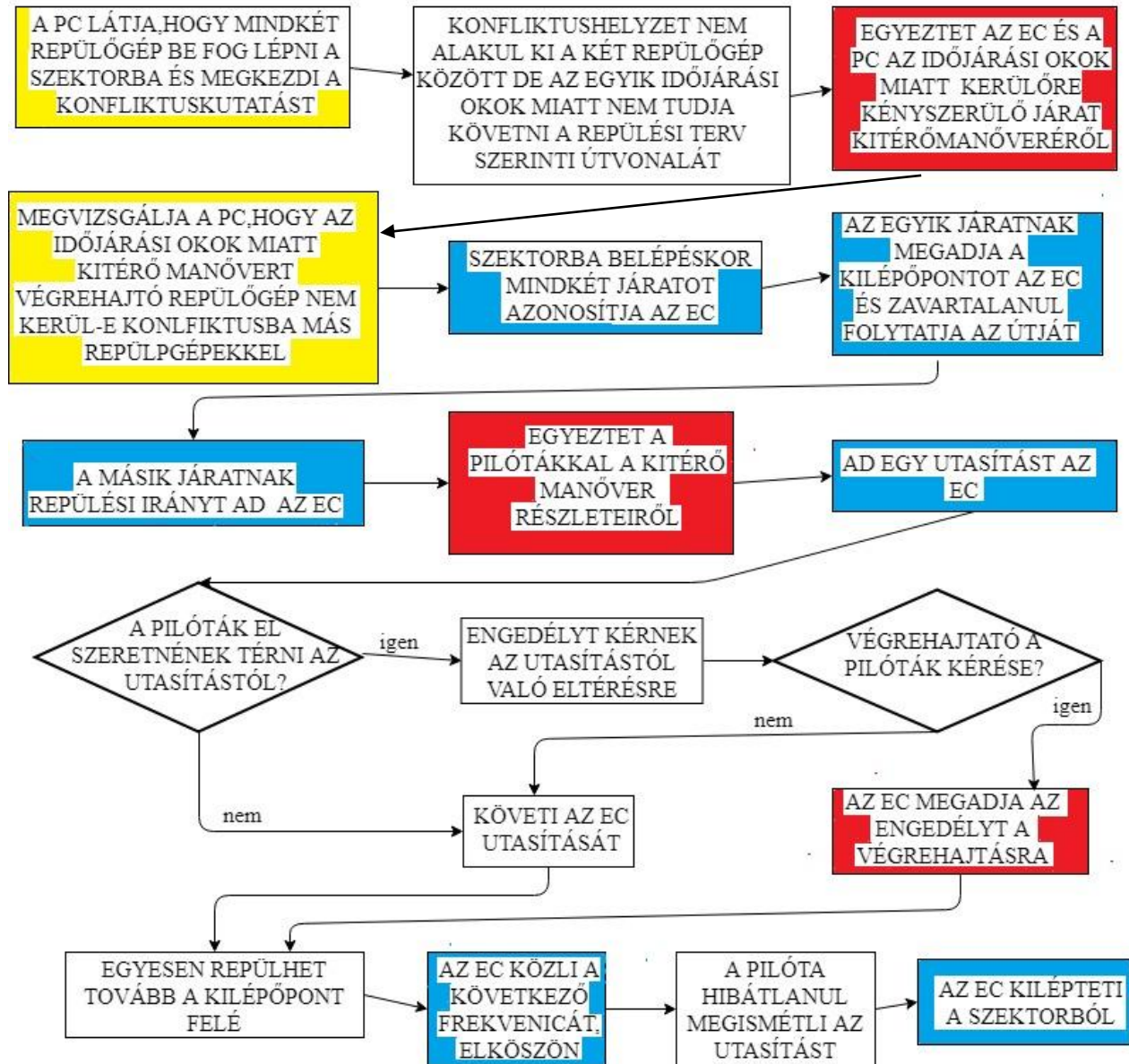
31. ábra: Az irányítói tevékenységek csoportosítása az első modell esetén
(Forrás: Saját készítés)

Sárgával jelöltem a PC tevékenységét, ami szerepel, de az ATS Kézikönyvben, de nincs előre meghatározott eljárás kidolgozva rá, mint ahogy az ábrán megjelenik a szabály-alapú tevékenység. Az azonosítást, a következő pont megadását, és az elkészítés a légiforgalmi irányítók számára rutin feladat, ugyanis ezeket a lépéseket minden repülőgép esetén meg kell ismételnük. Ezért jelöltem ezeket kézzel.



32. ábra: Konfliktusfeloldás irányítói tevékenységeinek csoportosítása
(Forrás: Saját készítés)

A PC tevékenységét sárgával jelöltem, mert a konfliktuskutatás szerepel az ATS kézikönyvben, de nincs előre meghatározott eljárás kidolgozva, hogy hogyan kell végrehajtani. Az EC tájékoztatása a várható forgalommal kapcsolatban szintén szerepel az ATS Kézikönyvben a PC feladatai között, de ennek a részletei sincsenek kifejtve. A repülőgép azonosítása rutinfeladat egy légiforgalmi irányító számára, ezért lett kék színű. A konfliktusfeloldás lépései nincsenek benne az ATS Kézikönyvben. A munkaterem látogatása során azt tapasztaltam, hogy 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 ezért lett ez a lépés piros. 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 elkészítés teljes mértékben a rutin tevékenységek közé tartozik, ezért lettek kék színűek.



33. ábra: Időjárás okok miatt befolyásolt szektor irányítói tevékenységeinek csoportosítása (Forrás: Saját készítés)

A PC tevékenységét ebben az esetben is sárgával jelöltem, mert a konfliktuskutatást, illetve az EC tájékoztatása a várható forgalommal kapcsolatban szerepel az ATS Kézikönyvben, azonban egyik tevékenységre sincs előre meghatározott eljárás a munkatechnológiai utasításban. Az időjárás okok miatt kerülőre kényszerülő járatról, az egyeztetés az EC és a PC között olyan tevékenység, amit nehéz leírni, mert teljes mértékben az aktuális forgalmi szituációtól függ, az irányítók a tudásuk és tapasztalatuk alapján oldják meg a helyzetet, ezért színeztam pirosra. Az azonosítás, és a következő pont megadása, illetve egy repülési irány utasításának kiadása rutin tevékenység ezért kézzel jelöltem. A pilótákkal való egyeztetést sem lehet egyértelműen leírni,

mert az aktuális szituációtól függ és az irányító saját tudása szerint oldja meg a szituációt, ezért lett piros színű. Az utasítás kiadása egy rutinfeladat, ezért kék színű. Abban az esetben, amikor időjárási okok (pl. zivatar-tevékenység) befolyásolják azt, hogy merre haladhat a forgalom meg lehet figyelni, hogy a pilóták esetlegesen el szeretnének térni attól az utasítástól, amit az irányító adott nekik. Ilyen esetben megkérdezik, hogy lehetséges-e abba az irányba vagy azon a magasságon repülni, amit ők szeretnének. Ilyenkor az irányító ellenőrzi, hogy végrehajtható-e a kérés. Az ellenőrzés során figyelembe veszi az aktuális forgalmat, időjárási helyzetet. Ez a tevékenység teljes mértékben az irányító tudásán alapszik, ezért ezt is piros színnel jelöltem. A következő frekvencia megadása és az elköszönés teljes mértékben a rutin tevékenységek közé tartozik, ezért jelöltem kék színnel a folyamatábrán.

5.2 Elsőként automatizálni kívánt funkció

Olyan funkciót lehet könnyen automatizálni, amelyet jól le lehet írni és egyszerűen lehet specifikálni. A következőkben egy táblázat segítségével meghatározok egy sorrendet a tevékenységek automatizálhatóságának szempontjából, majd ezt és a korábbi ábrákat felhasználva javaslatot adok egy irányítói funkció automatizálására, magvalósítási módjára. Egy rövid kockázatelemzést is végzek az automatizált funkcióval kapcsolatban.

Tevékenység		Kárkíhatási kategóriák			
		Katasztrofális	Kritikus	Csekély	Elhanyagolható
Tudás	A				
Szabály	B				
Rutin	C				

34. ábra: Az emberi tevékenységek automatizálhatósága

(Forrás: Saját készítés)

A táblázatban sötétzölddel jelöltem azokat a tevékenységeket, amelyeket könnyű specifikálni és automatizálni. A sárgával jelölt tevékenységeket lehet automatizálni, de nem olyan könnyen, mint a sötétzölddel jelölteket. A pirossal jelölt tevékenységek olyanok, amelyeket nem vagy csak nagyon nehezen lehet leírni és ezért automatizálni. Ez a színezés az általam adott sorrend az automatizálás sorrendjére.

Az irányítási folyamat általam felvázolt folyamatábrái és az emberi tevékenységek automatizálási sorrendjének felállítása alapján, arra jutottam, hogy a frekvenciaváltás, az a

tevékenység, amit elsőként érdemes automatizálni. A tevékenység automatizálása során az a cél, hogy a felelősséget levegyük a légiforgalmi irányító válláról.

Az lenne a megfelelő, hogy azokat az információkat, amelyet jelenleg a légiforgalmi irányító közöl a pilótákkal egy automatizmus juttassa fel a légijármű fedélzetére. Ezt kétféleképpen lehetne megvalósítani. A jelenleg is használt rádió frekvencián beszédszintetizálás segítségével, vagy a CPDLC-n keresztül szöveges üzenet formájában. Azért lenne célszerű a CPDLC-n keresztül, mert akkor csökkenteni lehetne a frekvencia telítettségét. A tapasztalatim alapján, még azelőtt kiadja az EC az utasítást a frekvenciaváltásra mielőtt a repülőgép elérte volna a kilépő pontot. Ennek az utasításnak az automatikus kiküldését úgy lehetne megvalósítani, hogy amikor a repülőgép egy bizonyos távolságra van a kilépőponttól a MATIAS 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). Erre az üzenetre nyugtázást kéne adni a fedélzeten, hogy az üzenet megérkezett és az utasítás végre lesz hajtva. A nyugtázás történhet a frekvencián, hang alapon és a CPDLC-n keresztül is. Ha a nyugtázást megérkezett az irányítóközpontba, utána lehetne átküldeni a repülőgépet a következő irányító szolgálatnak.

A műszaki rendszerek fejlesztésénél arra is kell gondolni, hogy mi történik akkor, ha az nem működik, vagy rosszul működik. Ebben az esetben is számba kell venni azt, hogy mi történik, akkor, ha nem, vagy rosszul működik a rendszer. Erre egy kockázatelemzést kell végezni.

A biztonságkritikus elektronikus rendszerek fejlesztésével kapcsolatos követelményeket az IEC 61508 szabvány tartalmazza. Ebben szerepel, hogy az úgynevezett magas vagy folyamatos igénybevételű rendszerek meghibásodásának valószínűségét egy órára vetítve kell meghatározni. Ez egy biztonságintegritási követelmény. „A SIL szinteket két alapjaiban különböző módszerrel lehet meghatározni. Az egyik a kvalitatív, a másik a kvantitatív. Ez utóbbi előnye, hogy számszerűsíthető végeredménnyel szolgál, ennél fogva konkrétabb; hátránya, ha nem áll rendelkezésre elég kiindulási (pl. statisztikai) adat, teljesen hasznavehetetlen.” [49]

LI. táblázat Magas igénybevételű rendszerek meghibásodási valószínűsége

SIL	Magas vagy folyamatos igénybevételű rendszerek (meghibásodási valószínűség /óra)
4	$10^{-9} \dots 10^{-8}$
3	$10^{-8} \dots 10^{-7}$
2	$10^{-7} \dots 10^{-6}$
1	$10^{-6} \dots 10^{-5}$
0	$.10^{-5}$

5. táblázat

(Forrás: http://mogi.bme.hu/TAMOP/jarmuipari_tesztelés_es_jovahagyas/ch10.html)

LIII. táblázat Hiba a veszélyesség szempontjából

SIL	Hiba a veszélyesség szempontjából
4	Tömegkatasztrófa
3	Több ember halála, súlyos sérülése
2	Súlyosabb sérülések, egy ember halála
1	Kisebb sérülések
0	Nincs sérülés, esetleg horzsolások

6. táblázat

(Forrás: http://mogi.bme.hu/TAMOP/jarmuipari_tesztelés_es_jovahagyás/ch10.html)

Ha nem működik a rendszer, az azt jelenti, hogy nem megy ki az üzenet. Ez okozhat problémát, mert a pilóta magától nem tudja fejből a következő frekvenciát, ráadásul a frekvencia az aktuális szektorizációtól függ. Ilyen esetben kellene egy figyelmeztetés, abban a pillanatban, ahogy a repülőgép elérte a kilépőpontot, mert nem lett átadva a következő szektornak vagy irányító szolgálatnak. Az üzenet ki nem küldése a következő szektorban akkor okozhat problémát, ha az a repülőgép konfliktusba fog kerülni egy másikkal és a következő irányító nem tudja elkezdni vele időben a kommunikációt a konfliktusfeloldással kapcsolatban. Ez alapján én ezt a kockázatot csekélynek értékelem, mert vészfrekvencián nagy valószínűséggel kapcsolatot tud létesíteni az irányító a pilótákkal és az esetleges konfliktust időben fel tudja oldani az irányító páros.

Ha rosszul működik a rendszer, az ebben az esetben azt jelentené, hogy vagy rossz irányító központot közölne a pilótákkal, vagy rossz frekvenciát. Ha rossz irányítóközpont nevét, de jó frekvenciát közöl, akkor csak egy kis félreértést okoz a következő irányító szolgálatnál, de nem okoz olyan problémát, ami a repülésbiztonságot veszélyeztetné. Ez alapján ez elhanyagolható kockázat.

Ha rossz frekvenciát küld fel a rendszer a fedélzetre, akkor a következő szektor irányítója közölni fogja a pilótákkal, hogy vagy nem látja őket a képernyőn, vagy látja őket, de nem az ő szektorában vannak, ugyanis az irányítók mindig csak a saját szektorukat és annak környezetét látják. Ha rossz frekvenciát állítanak be a pilóták, akkor hiába hívja az aktuális szektor irányítója a saját frekvencián, nem fogják hallani. Ekkor az irányítónak meg kell próbálni vészfrekvencián hívni, ha kapcsolatot tud létesíteni a pilótákkal, akkor, tudja velük közölni a helyes frekvenciát, ha nem akkor két perc után az SV-nek riasztani kell a légierőt. Ez is csekély kockázat, mert emberi élet nincs veszélyben, de a légierő beavatkozása költségekkel jár.

Összességében a frekvenciaváltás funkciójának automatizálása esetén az előbbiekből látszik, hogy az automatizmus esetleges hibás működése nagyobb problémát tud okozni, mint a nem működése.

6. Összegzés

Munkámban áttekintettem a légitforgalmi irányítás történeti fejlődését, felépítését majd a távolkörzeti irányítás feladatait és funkcióit. Az irányítási folyamat részletes bemutatását egy szektor irányításán keresztül végeztem el, amit folyamatábrák segítségével meg is jelenítettem. Ezt követően a jelenleg rendelkezésre álló két olyan rendszert vázoltam fel, amelyek segítségével bizonyos funkciók automatizálhatók az irányításban.

Az ötödik fejezetben ismertettem egy olyan módszert, amely alapján csoportosítani lehet az irányító funkciókat és ez alapján javaslatot adtam egy konkrét funkció automatizálására és elvégeztem annak rövid kockázatelemzését is.

Úgy gondolom, hogy a dolgozatban megjelenő módszert fel lehet használni, az irányítás másik két nagy egységének (Torony, Approach) vizsgálatához, automatizálásának előkészítéséhez. A témával kapcsolatban további fejlesztési lehetőséget is látok. Az irányítói funkciók automatizálhatóságát tovább lehet vizsgálni, ha a táblázatban egy harmadik dimenziót is figyelembe veszünk, amely nem más, mint az automatizálás jelenlegi tool-okkal való megvalósíthatósága.

Felhasznált Irodalom

- [1]. 165 éve született Otto Lilienthal a siklórepülés úttörője, <https://kepesrepules.wordpress.com/2013/05/28/165-eve-szuletett-otto-lilienthal-a-siklorepules-uttoroje-2/> (letöltve: 2018. március 18.)
- [2]. A géprepülés kezdete, a Wright testvérek repülésének 110 éves jubileuma, <https://kepesrepules.wordpress.com/2013/12/16/a-geprepules-kezdete-a-wright-testverek-repulesenek-110-eves-jubileuma/> (letöltve:2018. március 18.)
- [3]. Bleriot Budapesten: nálunk is elkezdődött a repülés kora, <http://iho.hu/hir/bleriot-budapesten-nalunk-is-elkezdodott-a-repules-kora-141016> (letöltve:2018. március 19.)
- [4]. Renner Péter: *Fejezetek a magyar légiforgalmi irányítás történetéből 1916-2000.*, PhD értekezés 2007.
- [5]. Mátyásföldi repülőtér 100 éve, <https://kepesrepules.wordpress.com/2017/08/29/matyasfoldi-repuloter-100-eve/> (letöltve: 2018. március 20.)
- [6]. **Az 1921. évi XXXIII. Törvénycikk,** <http://www.trianon.hu/keret.phtml?trianon/tria1920/bekeszerz.phtml> (letöltve:2018. március 20.)
- [7]. Dr. Moys Péter: **Légiforgalmi irányításunk története.** , 2003
- [8]. **Magyarországi Rendeleték Tára, 1924,** https://library.hungaricana.hu/hu/view/OGYK_RT_1924/?pg=780&layout=s (letöltve:2018. március 22.)
- [9]. Radio Conferences, <https://www.itu.int/en/history/Pages/RadioConferences.aspx?conf=4.39> (letöltve: 2018. március 23.)
- [10]. Druzsín József: **A 100 éves mátyásföldi repülőtér katonai, repülés- és gyártástörténeti, valamint katonai logisztikai emlékei 1. rész,** *Katonai Logisztika 2017. évi 3-4. szám*
- [11]. Czervesz Károly: **Az új közforgalmi repülőtér híradóberendezései,** *Tér és forma 1937., X. évfolyam 8. szám* pp 242, https://adtpplus.arcanum.hu/hu/view/TERESFORMA_1937/?pg=395&layout=s (letöltve:2018. március 27.)
- [12]. 75 éves a Budaörsi Repülőtér, <https://kepesrepules.wordpress.com/2012/06/19/75-eves-a-budaorsi-repuloter/> (letöltve: 2018. március 24.)
- [13]. Füstöss László: **Bay Zoltán élete 7.** , <http://www.omikk.bme.hu/archivum/bay/htm/bayelete7.htm> (letöltve: 2018. március 24.)
- [14]. Budapest repülőterei, <http://www.aeronews.hu/index.php/aerohistory/repueloter/181-budapest-repueloterei> (letöltve: 2018. március 24.)
- [15]. Dr. Székely Domokos: **A Ferihegyi (rég) Repülőtér tervezésének és építésének főbb munkálatai (1939-1976),** *Közlekedéstudományi Szemle,* 2000 május, <http://real->

- j.mtak.hu/10221/8/K%C3%B6zleked%C3%A9studom%C3%A1nyi_2000_05.pdf (letöltve: 2018. március 25.)
- [16]. Palik Mátyás: **100 éves a magyar repülésirányítás**, *Repüléstudományi Szemelvények*, 2016, <http://www.repulestudomany.hu/kiadvanyok/RepSzem-2016.pdf> (letöltve: 2018. március 25.)
- [17]. Klátyik István: A hazai légiforgalmi irányítás Bermuda-háromszöge, <http://www.origo.hu/auto/20170608-sziclakozpont-a-legteriranyitas-titkos-objektuma-a-gellerthegyen.html> (letöltve: 2018. április 7.)
- [18]. Our Member States, Partner Countries & Organisations, <https://www.eurocontrol.int/about/member-states> (letöltve: 2018. április 30.)
- [19]. Jánosi Krisztina: **Változások a magyar katonai repülésirányításban**, *Repüléstudományi közlemények - 11. évf. 26. sz. (1999/1.)*, http://epa.oszk.hu/02600/02694/00023/pdf/EPA02694_rtk_1999_01_293-305.pdf (letöltve: 2018. április 30.)
- [20]. ANS III, <http://www.hungarocontrol.hu/legiforgalmi-iranyitas/ansiii>, (letöltve: 2018. május 1.)
- [21]. Európában elsőként a HungaroControl vezeti be a szabad légtérhasználat leghatékonyabb verzióját, <http://www.hungarocontrol.hu/sajtoszoba/hirek/hungarian-free-route-airspace> (letöltve: 2018. május 1.)
- [22]. Szabad repülés és környezetvédelem, <http://iho.hu/hir/szabad-repules-es-kornyezetvedelem-170208> (letöltve: 2018. május 1.)
- [23]. Rövid szöveges üzenetek a légiforgalmi irányításban, <http://www.hungarocontrol.hu/sajtoszoba/hirek/CPDLC-bevezetes> (letöltve: 2018. május 1.)
- [24]. Légtér, <https://doe.hu/mrs-repules-alapjai/7-legter> (letöltve: 2018. március 3.)
- [25]. 1995. évi XCVII. Törvény a légiközlekedésről, <https://mkogy.jogtar.hu/?page=show&docid=99500097.TV> (letöltve: 2018. március 3.)
- [26]. Repülési szabályok Légterek Rádiókezelői ismeretek, http://www.ara.bme.hu/~farkas/CAVOK-NAVI/2016.03.11_repulesi_szabalyok_legterek_elm.pdf (letöltve: 2018. március 3.)
- [27]. Hungarocontrol, **ATS kézikönyv 2017**
- [28]. *Légtér -kapacitás értékek meghatározása matematikai módszerekkel*, Kutatás-fejlesztési tanulmány, 2009
- [29]. G. M. Flynn et. al., **Adaptation of Workload Model by Optimisation Algorithms and Sector Capacity Assessment**, *EEC Note No. 07/05*, 2005. március
- [30]. **Investigating the Air Traffic Complexity, Potential impacts on workload and costs**, *EEC Note No. 11/00*.
- [31]. Air Traffic Control, http://kjit.bme.hu/images/8_ea_KJIT_2017_18_ATM_ATC.pdf (letöltve: 2018. március 5.)
- [32]. ICAO Doc 4444: **Air Traffic Management**, 2016
- [33]. WHAT IS RVSM? , <http://www.aerothai.co.th/maar/rvsmgeneral.php> (letöltve: 2018. március 7.)

- [34]. Controller Pilot Data Link Communications (CPDLC),
[https://www.skybrary.aero/index.php/Controller_Pilot_Data_Link_Communications_\(CPDLC\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Controller_Pilot_Data_Link_Communications_(CPDLC)) (letöltve: 2018. április 10.)
- [35]. Mohamed Slim, Ben Mahmoud, Christophe Guerber, Nicolas Larrieu, Alain Pirovano, José Radzik: **Aeronautical Air–Ground Data Link Communications**, 2014.,
[https://books.google.hu/books?id=5f3eBQAAQBAJ&pg=PA7&dq=Data+Link+Service+Providers+\(DSP\)&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwj70dm1wszaAhXma5oKHR1yC1QQ6AEIjAA#v=onepage&q=Data%20Link%20Service%20Providers%20\(DSP\)&f=false](https://books.google.hu/books?id=5f3eBQAAQBAJ&pg=PA7&dq=Data+Link+Service+Providers+(DSP)&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwj70dm1wszaAhXma5oKHR1yC1QQ6AEIjAA#v=onepage&q=Data%20Link%20Service%20Providers%20(DSP)&f=false) (Letöltve: 2018. április 22.)
- [36]. FANS 1/A Presentation Minnesota Business Aircraft Association,
<https://www.slideshare.net/jokremsreiter/fans-1a-presentation-minnesota-business-aircraft-association> (letöltve: 2018. április 22.)
- [37]. Manual on VHF Digital Link (VDL) Mode 2, ICAO,
http://mid.gov.kz/images/stories/contents/45_Doc%209776.pdf (letöltve: 2018. április 28.)
- [38]. VHF Data Link, https://en.wikipedia.org/wiki/VHF_Data_Link (letöltve: 2018. április 29.)
- [39]. Controller Pilot Data Link Communications (CPDLC),
<http://www.members.optusnet.com.au/~cjr/CPDLC.htm> (letöltve: 2018. április 29.)
- [40]. ATN és a CPDLC,
http://kjit.bme.hu/images/stories/targyak/LEGIR2/II_8_ea_ATN_CPDLC_2015_16_MU.pdf (letöltve: 2018. április 15.)
- [41]. Controller Pilot Data Link Communications (CPDLC),
https://www.skybrary.aero/index.php/Introduction_to_CPDLC_Operations (letöltve: 2018. május 7.)
- [42]. A MATIAS rendszer, http://kjit.bme.hu/images/10_ea_MATIAS_2017_18_MU.pdf
(letöltve: 2018. május 12.)
- [43]. Magyar a világ egyik legjobb légiirányítási szoftvere,
<https://www.hwsz.hu/hirek/42524/hungarocontrol-matias-magyar-automated-and-integrated-air-traffic-system-legiforgalmi-iranyitas-repules.html> (letöltve: 2018. május 12.)
- [44]. H. N. Bemutató kisfilm. Hungarocontrol,
<https://www.youtube.com/watch?v=j2CC4erPrp0> (letöltve: 2018. május 15.)
- [45]. A légiforgalmi irányítás,
http://kjit.bme.hu/images/stories/targyak/LEGIR2/lirkom2_2016/2017/II_1ea_febr9_MU_ATC.pdf (letöltve: 2018. május 15.)
- [46]. Mudra István: *Automatizálás a légiközlekedésben, Közlekedésfejlesztés Magyarországon Konferencia Siófok 2017. május 11.*
- [47]. David Embrey: **Understanding Human Behaviour and Error**, 2005
- [48]. Autóipari beágyazott rendszerek,
https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0042_autoipari_beagyazott_rendszerek/ch07s02.html (letöltve: 2018. május 15.)

- [49]. 10. fejezet - A biztonságkritikus funkciót ellátó elektronikus rendszerekre vonatkozó irányelvek (IEC 61508),
http://mogi.bme.hu/TAMOP/jarmuipari_teszteles_es_jovahagyas/ch10.html (letöltve: 2018. május 15.)

Ábrajegyzék

1. ábra: 250 W-os Csepeli Huth adó.....	7
2. ábra: A Tétényi-fennsík adóközpontja.....	10
3. ábra: SAS radar sematikus rajza.....	11
4. ábra: A ferihegyi irányítótorony az ötvenes években	12
5. ábra: A Mirákulum nevű találmány	14
6. ábra: Plessey AR 1 típusú radarberendezés	15
7. ábra: Járatnyilvántartó szalag.....	16
8. ábra: Magyarország feletti légifolyosók a hatvanas-hetvenes években.....	17
9. ábra: KORENY másodlagos radar.....	18
10. ábra: A bevezető irányítás által használt SZIGMA rendszer Ferihegyen.....	19
11. ábra: Jelek megjelenítése a DDS-80-as indikátoron	20
12. ábra: Magyarország magaslégtéri útvonalai 1992-2015-ig.....	21
13. ábra: Ferihegyről induló repülőgépek számára kijelölt pontok.....	23
14. ábra: Légtér Típusok Magyarországon	26
15. ábra: A magyar légtér osztályozása	28
16. ábra: RVSM És NEM RVSM Légtér összehasonlítása.....	36
17. Ábra: Az irányítás folyamatábrája egy repülőgép esetén.....	37
18. ábra: Konfliktusfeloldás folyamatábrája két repülőgép esetén	38
19. ábra: A két repülőgép pozíciója 21:42-kor	41
20. ábra: A két repülőgép közti minimális távolság konfliktusfeloldás nélkül.....	42
21. ábra: Az Ethiopian 715-ös járatának telemetria adatai	42
22. ábra: időjárás által befolyásolt irányítási folyamatábrája.....	44
23. ábra: A komplexitás hatása a munkaterhelésre és a szektorkapacitásra.....	45
24. ábra: FANS 1/A rendszer hálózati felépítése.....	48
25. ábra: MATIAS rendszer áttekintő ábra	54
26. ábra: Járatnyilvántartó címke a MATIAS-ban	56
27. ábra: Flight Leg tool működés közben	58
28. ábra: A tudatos és automatikus viselkedés közti átmenet.....	60
29. ábra: Kockázat osztályozás táblázat.....	60
30. ábra: V-modell.....	61
31. ábra: Az irányítói tevékenységek csoportosítása az első modell esetén	63
32. ábra: Konfliktusfeloldás irányítói tevékenységeinek csoportosítása	64
33. ábra: Időjárási okok miatt befolyásolt szektor irányítói tevékenységeinek csoportosítása	66
34. ábra: Az emberi tevékenységek automatizálhatósága.....	67