



**BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM**  
**KÖZLEKEDÉSGAZDASÁGI TANSZÉK**  
**KÖZLEKEDÉSI TUDOMÁNYOK DOKTORI PROGRAM**

**LÉGITÁRSASÁGOK SZEMÉLYZETTERVEZÉSI**  
**FELADATAINAK KOMPLEX FELTÉTELEKET**  
**KIELEGÍTŐ OPTIMÁLÁSA**

**c. Ph.D. értekezés tézisei**

Készítette:

**Kővári Botond**

*okl. közlekedésmérnök*

*okl. gazdasági mérnök*

Témavezető: **Dr. Legeza Enikő**

*egyetemi docens, a közlekedéstudomány kandidátusa*

**Budapest, 2006**

# 1. A KUTATÁSI TÉMA ELŐZMÉNYEI ÉS AKTUALITÁSA

## 1.1 A téma aktualitása

A napjainkban egyre élesebb árverseny, melyet az alacsony tarifájú társaságok megjelenése tovább fokoz, valamint a légi közlekedés általános gazdasági nehézségei körültekintőbb költséggazdálkodást tesznek szükségessé, a fokozott biztonsági követelmények betartása mellett. Mivel a gazdasági tényezőkkel párhuzamosan a biztonság is egyre inkább előtérbe kerül, a személyzet hibáinak csökkentése is újabb feladatok elé állítja a társaságokat.

A légi közlekedés dinamikus növekedése miatt egyre gyakoribbak a késések is, melyek jelentős gazdasági hatással járnak, ezen túlmenően gyorsabb és pontosabb személyzeti optimálást igényelnek a légitársaságok részéről. 1980 és 2000 között az EU15 országaiban a légi személyszállítás teljesítménye több mint négyszeresére, míg a második legnagyobb növekedést mutató közúti személyforgalom csak 1,6-szorosára növekedett. A nagy arányú késések, melyek közel fele a légitársaságok hibájából következett be, költségként 2004-ben az Európában lebonyolódó légiforgalom egészét illetően 3..5 Mrd. Eurót tettek ki, amely nem kis részben az addicionális személyzeti költségek miatt következtek be.

A légi közlekedési piac is változáson megy keresztül, melynek legfontosabb jellemzője a társaságok számának gyors növekedése, az olcsó társaságok dinamikus elterjedése, és ennek hatásaként a verseny éleződése. Az olcsó társaságokkal a versenyt csak úgy lehet felvenni, ha a magas szolgáltatási színvonal mellett a jegyek ára mérséklődik, ami viszont a fajlagos költségek csökkentésével valósítható meg. Ez a megváltozott piaci helyzet a személyzettervezés jelentőségét tovább fokozza, és előtérbe helyezi a termelékenyebb üzem- és munkaszervezést. A személyzet a légitársaságok költségei közül az egyik legnagyobb tételt jelenti, és ez a magas arány gazdasági oldalról is hangsúlyozza a személyzetvezénylés optimálásának jelentőségét.

A személyzet menedzsment a vállalatok többségénél napjainkban kezd egyre fontosabb szerepet kapni, és felismerésre kerülnek azok az alapvető tényezők, hogy az alkalmazottak feladatra történő beosztása még korántsem jelenti a rendelkezésre álló lehetőségek kimerítését. Ennél sokkal komplexebb feladatról van szó, és ezért szükséges a humán erőforrás gazdálkodási feladatokat a vállalati tevékenységek rendszerébe integrálni.

A személyzet tervezését megnehezíti, hogy egyre komplexebb feltételrendszernek kell megfelelni az alkalmazáskor, és a járatokra történő beosztás során meghatározott célrendszerek is sokszor egymásnak ellentmondó célkitűzéseket határoznak meg.

A személyzettervezés komplex modellezését és a modellek megoldásaiból kiinduló hatékonyabb szervezést alapvetően tehát a polgári légiforgalom összes egyéb közlekedési módokat felülmúló dinamikájú növekedése, a hajózó személyzet magas költsége, valamint a forgalom lebonyolításában betöltött fontos szerepe teszi szükségessé. Ez utóbbi tekintetében különösen fontos a forgalom lebonyolításának biztonságára, zavartalanságára és a költségére gyakorolt hatás.

## 1.2 Szakirodalmi áttekintés

A személyzettervezés fontossága ellenére napjainkban nincsenek átfogó, komplex feltételeket kielégítő kutatások a létszám, valamint az optimális munkavégzés meghatározására, továbbá a légitársaságok által alkalmazott személyzettervező programok is csak kvázi optimumokat képesek generálni, és több szempontot is magába foglaló komplex célrendszert nem vesznek figyelembe. A légi közlekedés egészét, valamint a hatékonyabb üzemelést és kisebb fajlagos költségeket szem előtt tartva jelenleg a következő főbb területeken folynak kutatások:

- Repülőtér: a repülőtéri kapacitások növelése, repülőtéri díjszabási rendszerek.
- Légiforgalmi irányítás: a légiforgalmi irányítás optimalása, irányítási szektorok harmonizációja.
- Légitársaságok: általános szervezési kérdések, költségcsökkentési módszerek, üzemanyag politika, bevétel gazdálkodás, marketing.
- Járművek: környezetbarát repülőgépek, a hatótávolság és kapacitás növelése.

Látható, hogy a személyzeti problémával kevésbé foglalkoznak világszerte, holott annak fontossága nem megkérdőjelezhető. A kérdés az egész európai tudásbázist összefogó EU kutatási keretprogramokban is megjelenik: többször hangsúlyozott probléma, hogy a közlekedési alágazatok közül a légi közlekedés a legkevésbé kutatott terület.

A légi közlekedés *piacának változása* a liberalizáció, valamint újabban az olcsó társaságok megjelenése óta foglalkoztatja a kutatókat. Az európai szakirodalmat tekintve az elsők között említhető Malanik munkája, aki az olcsó társaságok megjelenésével a világméretű hálózatok és nemzeti légitársaságok veszélyeztetettségét jelezte [Mal99]. A piac deregulációjának és liberalizációjának hatásaival foglalkozott Legeza [Leg00]; Adler és munkatársai pedig megvizsgálták ezen szabad piac nyújtotta előnyöket, kitérve a versenyhelyzet alakulására [Adl01b]. A piac alapvető változását elemezte Doganis [Dog01], az olcsó társaságokkal pedig ezt követően többen is foglalkoztak. Kiemelkedő közülük Stewart és Michaels [Ste03], valamint Gross és Schröder [Gro05] munkája. Stewart-ék a piaci növekedés hatásait elemezték, Gross pedig a hatékony működést, és a költségek csökkentését helyezte előtérbe. Hansson és munkatársai 2002-ben publikált tanulmányukban kifejtették azokat a tényezőket, és azt az újszerű gondolkodásmódot, melyek szem előtt tartása hozzásegítheti a társaságokat a veszteségek elkerüléséhez, és a további üzleti sikerekhez [Han02].

A *repülőterek* újszerű kialakításából eredő problémákkal foglalkoztak többek között Andreu és munkatársai is [And02]. Adler az egyre elterjedtebb gyűjtő-elosztó rendszerű üzemelés lehetőségeit értékelt [Adl01a].

A *személyzettervezés*, és a személyzeti feladatok *általános* fontosságát a '60-as években publikálta Lopez [Lop68], és Saltzman [Sal69], azóta számos kutató foglalkozott a feladatok aktualitásával, illetve a humán erőforrással kapcsolatos feladatok és problémák megoldási javaslataival [Thi81; Arn98]. Komplex értékelése,

és újszerű megközelítésmódja miatt kiemelkedő fontosságú Doeringer munkássága [Doe71]. A személyzeti feladatok igen komplex összefoglalását adja Drumm [Dru92].

A *pilótahibák* elemzésének fontosságát, valamint a hibák okait először a '70-es években publikálták [Rol76]. Az első forradalmi kutatómunka a pilótahibákkal összefüggésben Hurst nevéhez fűződik [Hur78], aki megvizsgálta az összes akkor ismert emberi tényező hatását a hibák bekövetkezésére. A hibák elhárításának lehetőségeit több kutató megvizsgálta technológiai, szervezési, kommunikációs megközelítésben. Beaty a balesetek elemzésére fektette a hangsúlyt [Bea96], Helmreich társaival a pilótafülkében történő munkavégzésre összpontosított [Hel99], kiemelve a megfelelő kommunikáció hiányát [Hel03], Rohács műszaki oldalról közelítette meg a kérdéskört [Roh03]. A repülésbiztonság összefoglaló hazai értékelését adták Gausz és munkatársai [Gau02].

A pilóták *sugárzásból* eredő veszélyeztetettségére többek között Beck hívta fel a figyelmet [Bec02]. Ekkoriban indult meg a járatok átfogó értékelése ezen veszély szempontjából, melynek alapját egy átfogó amerikai tanulmány adta [Faa03].

A *személyzetvezénylés matematikai* úton történő megközelítésével először Lavoie foglalkozott [Lav88], bár ő nem kizárólag a légi közlekedés sajátos rendszerére dolgozott ki egyszerűbb összefüggéseket. A légi közlekedésben történő optimálási lehetőségekkel foglalkozott Yu [Yu98], valamint Johnson, Lettovsky és Nemhauser [Joh00]. Ezen munkák a '90-es évek végén születtek, és viszonylag kevés paraméter figyelembe vételével igyekeztek meghatározni a járatokra történő beosztást. Többnyire egy-egy légitársaság rendszerét modellezték, nem térve ki a teljes létszámra és az optimálás komplex kritériumrendszerére. A személyzeti költségek csökkentésének szükségességét hangsúlyozta Alamdari [Ala97]. A légi közlekedés személyzeti kérdéseinek integrált kezelésére hívta fel a figyelmet 2002-ben Johnson [Joh02], majd Hilb [Hil03].

*Játékelméleti* módszereket felhasználva, nem légitársaságokra ugyan, de személyzeti problémával foglalkozott Szidarovszky [Szi03].

A szakirodalom áttekintése és értékelése alapján tűztem ki feladatul a disszertációban vizsgálandó téma komplex szemléletét tükröző feldolgozását.

## 2. A KUTATÁS CÉLJA ÉS MÓDSZERE

A kutatás során a személyzet menedzsment szerepének értékelése, valamint egy új személyzettervezési modell megalkotása jelentette a feladatot. Ehhez első lépésben olyan vizsgálatot hajtottam végre, amely a megváltozott piaci helyzetben, a költségek kiemelésével elemzi a személyzettervezés fontosságát.

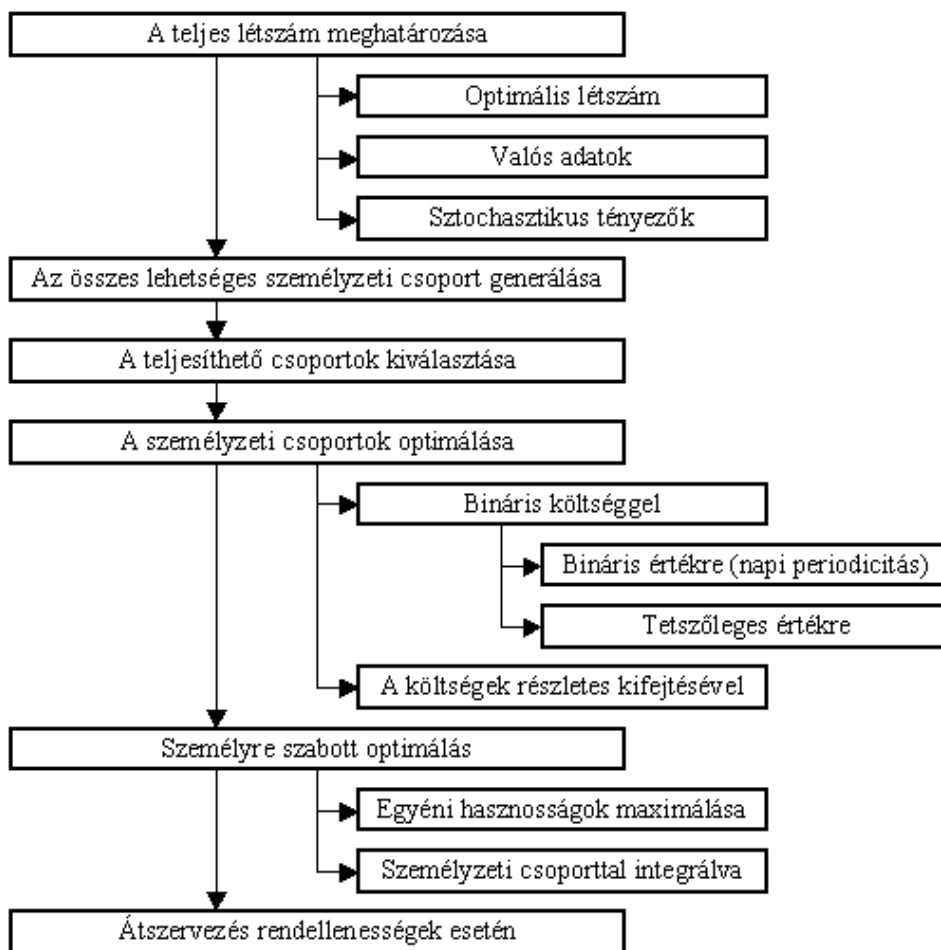
Megvizsgáltam a repülő személyzet paramétereit, valamint a személyzet menedzsmentet befolyásoló tényezőket, amelyek egy része a menetrendi szerkezetre, a piaci jellemzőkre vezethető vissza, de az alapvető korlátokat a nemzetközi és vállalati előírások adják. Mivel a repülés biztonságát az emberi hibák jelentősen befolyásolják, és a balesetek túlnyomó többsége is emberi hibára vezethető vissza, külön foglalkoztam a hajózók döntési folyamatának komplexitásával, a lehetséges hibaforrásokkal, és a légitársaságok képzési rendszerével.

Céлом volt a teljes repülőszemélyzeti létszám meghatározására olyan modellek kidolgozása, melyek komplex gazdasági és üzemi feltételek fennállását, továbbá a befolyásoló tényezők sztochasztikus jellegét is figyelembe veszik.

A személyzet járatokra történő optimális beosztására kidolgoztam lineáris programozási modelleket, majd ezeket példákon keresztül ültettem át a gyakorlatba. Első lépésként az összes, elméletileg lehetséges kombinációból kiindulva foglalkoztam a személyzeti csoportok járatokhoz történő rendelésével, majd ezt követte az optimálisnak minősített csoportok konkrét személyekkel való „feltöltése”. Ebben a fázisban egy olyan modell kidolgozását tűztem ki célul, amely nem csupán gazdasági, hanem munkaszociológiai tényezőket is figyelembe vesz.

Végül megvizsgáltam a rendellenességek esetén szükséges átszervezések kérdését is, aminek egyik legfontosabb elemét az addicionális költségek azonosítása jelentette.

A modellalkotás lépései az alábbi folyamatábrán szerepelnek.



*A modellalkotás lépései*

### 3. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A kutatás során elért eredmények a következő öt tézisben foglalhatók össze.

1. **A személyzettervezés hatékonyabbá tételének érdekében azonosítottam és rendszereztem azon komplex feltételeket, melyek befolyásolják annak optimális kialakítását, kiemelt szempontként kezelve a forgalom lebonyolításának biztonságát.**

A befolyásoló tényezők közül *a fontosabbak* az alábbiak:

- munkaidő korlátok,
- a légitársaság flottája,
- a személyzeti bázisok elhelyezkedése,
- repülőterekre vonatkozó korlátozások,
- előre meghatározott személyzeti csoportok,
- személyzeti kérelmek,
- hosszú távú járatok speciális követelményei,
- a hálózati struktúra,

- munkavégzésen kívüli repülés,
- egyéb, előre nem látható okok.

A megfelelő személyek kiválasztása és képzése igen fontos a repülésbiztonság szempontjából. A magas arányú balesetszám, amely a hajózó személyzet hibájából következik be, az alábbi okokra vezethető vissza: nem megfelelő figyelem (22%), túlzott magabiztosság (19%), rossz repülési technika (18%), egyéb (41%). Másféle felosztás szerint, a pilóta okozta balesetek 50%-a hibás döntéshozatalra vezethető vissza.

A személyzet döntési folyamatainak elemzése, valamint a külső hatások értékelése alapján megállapítottam, hogy az optimális fedélzeti rendszereknek és a repülésirányításnak első sorban a balesetveszélyes helyzetek kialakulásának valószínűségét kell minimalni, miközben ergonomikus, egészséges munkakörnyezetet biztosít, a gazdaságos járatüzemelés, és a menetrend tartását szem előtt tartva.

A balesetek egy része a csapatmunka hiányára, a nem megfelelő kommunikációra vezethető vissza. A képzés és munkavégzés során kellő figyelmet kell fordítani arra, hogy minden emberi, információs és eszköz erőforrást a lehető legjobban használjanak fel a repülés hatékony és biztonságos teljesítéséhez. A biztonság növelése érdekében a hibaforrások felismerése és kommunikálása, valamint megoldási stratégiák kidolgozása is a képzés és továbbképzés részét kell, hogy képezze. Egy jó képzési és felügyeleti csomaggal a teljesítőképesség és biztonság is növelhető.

A tézis a disszertáció 2.1 és 2.2 fejezetén alapul.

## 2. Kidolgoztam a repülőszemélyzet teljes létszámát gazdasági alapokon meghatározó modelljét. Az optimális és a valós adatokkal kapott eredmények eltéréseit elemezve értékeltem a modell gyakorlati használhatóságát.

A kidolgozott új személyzettervezési modell tágabb értelemben vett megalapozását szolgálja a személyzet menedzsment stratégiájának. Ennek során a teljes személyzetszükséglet meghatározás értelmezését és elvi modelljeinek vázolását követően, az igen kevés feltételt (gazdasági vonatkozásokat egyáltalán nem) tekintetbe vevő ún. munkaidő alapú formulát és a gazdasági hatásokat is figyelembe vevő, ún. Doeringer formula légi közlekedési vállalatokra való alkalmazását dolgoztam ki.

A Doeringer formula továbbfejlesztett alakját a következőképpen határoztam meg:

$$L_{BR(t)} = \frac{\left[ \frac{DC_{(t-i)} * T_{f(t-i)} * r_{cc}}{N_{K(t-i)} * LF_{(t-i)} * \mathfrak{S}_{(t-i)}} \right] * N_{K(t)} * LF_{(t)} * \mathfrak{S}_{(t)} * f_{(t)} * (1 - a_{I(t)})}{(1+q/100)^i * T_{PR(t)} * b_{(t-i)}} \quad (3.17^1)$$

<sup>1</sup> Az azonosíthatóság miatt a képletek számozása a disszertációban alkalmazott számozással azonos.

ahol:

- $L_{BR}$ : a személyzet létszáma [fő];
- $DC$ : egy óra repülés közvetlen költsége [Ft/óra];
- $T_f$ : a járatok repülési ideje [óra/járat];
- $r_{cc}$ : a személyzeti költségek aránya a közvetlen költségek között [%];
- $N_K$ : a repülőgép kapacitása [fő/járat];
- $LF$ : a repülőgép kihasználtsága [%];
- $\rho$ : az egyirányú út tarifája [Ft/fő/járat];
- $f$ : járatok száma [járat];
- $a_i$ : egységnyi termékre jutó beruházás értéke [Ft/Ft];
- $q$ : éves szolgáltatási mennyiség növekedés [%];
- $T_{PR}$ : éves produktív időalap [óra/fő];
- $b$ : munkabér [Ft/óra];
- $t$ : a vizsgált időszak;
- $i$ : az előző időszak óta eltelt évek száma.

A munkaidő alapú formula és a Doeringer formula összehasonlító értékelésének eredménye azt mutatja, hogy a továbbfejlesztett Doeringer formulával a valós viszonyok sokkal jobban modellezhetők, továbbá olyan tartalékok tárhatók fel, amelyek kihasználása a személyzettervezés optimalizálását a korábbi gyakorlatot meghaladó módon teszi lehetővé.

A sztochasztikus tényezők figyelembe vétele a kapott személyzeti létszámot módosítja, és a légitársaságok részéről különböző stratégiák alkalmazását teszi szükségessé.

A tézis a disszertáció 3.5 és 3.6 fejezetén alapul.

### 3. A személyzeti csoportok járatokhoz történő optimális hozzárendelésére többfázisú, több paramétert figyelembe vevő, és a gazdasági paramétereket előtérbe helyező, lineáris programozáson alapuló modellt dolgoztam ki.

Az optimális személyzetvezénylési modell meghatározásának és példán keresztül történő alkalmazásának első fázisában még nem névre szól az optimalizálás, hanem az egyes csoportoknak a járatokhoz történő hozzárendelése a cél. Meghatároztam a szükséges létszámot a járatokra, a minimális költséget célként kitűzve. A költségeket azzal a döntési tényezővel fejeztem ki, hogy egy adott személyzeti csoportot alkalmaztam-e a megoldás során. Ezen költségtényező értéke bináris érték, attól függően, hogy sor kerül-e az adott csoport alkalmazására az adott járaton, és nem függ a munkaidő hosszától, valamint egyéb tényezőktől. A modellben napi periodicitást alkalmaztam.

A megoldás során lineáris programozási modellt állítottam fel a következő alap összefüggés szerint.

A célfüggvény:

$$\sum_P c_p x_p \longrightarrow \min. \quad \forall p \in P \quad (4.1)$$



Korlátozó feltételek:

$$\sum_P \alpha_{fp} x_p = n_f \quad \forall p \in P, f \in F \quad (4.2)$$

$$\sum_P m_{jp} x_p \leq m_j \quad \forall p \in P, j \in J \quad (4.3)$$

$$x_p \in [0,1] \quad \forall p \in P \quad (4.4)$$

ahol:

- P: a lehetséges csoportok halmaza,
- F: a járatok halmaza,
- $c_p$ : a p. csoport költsége,
- $x_p$ : a p. csoport döntési tényezője,
- $\alpha_{fp}$ : hozzárendelési tényező, melynek értéke 1, ha az f. járatot a p. csoport teljesíti; 0, ha nem,
- $n_f$ : az f. járatra igényelt összes személyzeti csoport,
- J: munkaidő korlátok halmaza,
- $m_{jp}$ : a p. csoport munkaidő igénybevétele,
- $m_j$ : a munkaidő korlátok.

A célfüggvény a személyzeti költségek minimálását jelenti, miközben a korlátozó feltételek a szükséges létszámkorlátok teljesülésére, valamint a munkaidő korlátok betartására vonatkoznak.

A modell alkalmazásának első fázisában a matematikailag lehetséges teljes személyzeti kombinációból kiindulva példán keresztül vezettem le a fizikailag teljesíthető megoldások halmazát, majd a modell továbbfejlesztésével jutottam el egy – a feltételeket egyszerűsített formában kezelő –, a gyakorlatban is alkalmazható megoldásig.

A modellek gyakorlati feltételeket is figyelembe vevő alkalmazásai bizonyítják a meghatározott lineáris programozáson alapuló összefüggések használhatóságát. A fentiek szerint kiterjesztett és továbbfejlesztett modellek többfázisú, valós optimalást tesznek lehetővé, bináris, vagy tetszőleges paraméter értékek mellett, továbbá a munkabérek repülési időtől függő, valamint állandó napi értéken való figyelembevételével.

A tézis a disszertáció 4.1–4.4 fejezetein alapul.

#### 4. A személyre szóló beosztás optimalálására gazdasági, munkaszociológiai, valamint egyéni hasznossági elveken alapuló modelleket dolgoztam ki.

A modellek segítségével lehetővé válik a személyekre lebontott vezénylés melletti, hasznossági és munkaszociológiai függvények alapján és a költségek egyidejű minimálásával történő optimalálás, amely célok egymással duális viszonyban állnak.

A végrehajtott modellezések szintéziseként meghatározható a személyekre lebontott vezénylés és a személyzeti csoport modell optimumok összevonása, a következő lineáris programozási modell szerint:

Célfüggvény:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n u_{ij} * x_{ij} \rightarrow \max. \quad (4.24)$$

Korlátozó feltételek:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \quad \forall j \in J \quad (4.25)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 2 \quad \forall i \in I \quad (4.26)$$

$$x_{ij} \in [0,1] \quad \forall i \in I, j \in J \quad (4.27)$$

ahol:

- m: a kialakított személyzeti csoportok száma (tetszőleges eleme: i),
- n: az emberek száma (tetszőleges eleme: j),
- $x_{ij}$ : döntési tényező, a j. ember hozzá van-e rendelve az i. csoporthoz,
- $u_{ij}$ : az j. ember hasznossága az i. csoportban.

A modell figyelembe veszi a személyek együttes munkavégzésének hasznosságát, azonban meg kell említeni, hogy a rendszeres együtt dolgozás két személy között idővel rutinná válhat, amely erősen ronthatja a biztonságot.

A tézis a disszertáció 4.5 és 4.6 fejezetén alapul.

## 5. A tervezett menetrendhez képest bekövetkező gyakori változások megkövetelik a személyzeti beosztás rugalmasságát, és előtérbe helyezik a gyors és hatékony átszervezési módszerek alkalmazását.

A személyzetvezénylést optimalizáló modellezés logikus továbbfejlesztése, egyben a modellezés alkalmazkodóképességének próbája, egyúttal nagyfontosságú sikertényezője a személyzetvezénylés átszervezhetőségének megoldása. Ez akkor válik szükségessé, amikor a menetrend nem tartható és a nem tervezhető rendellenességek adják ennek fő okait.

A feladatot elsősorban a lekésett, nyílttá vált járatok lefedése jelenti. A folyamatot nehezíti, hogy gyors megoldás kell, lehetőség szerint figyelembe véve a társaság teljes menetrendjét.

Ilyen szituációkra a célkritériumot a költségek minimálása, a korlátozó tényezőket pedig az előírt biztonsági követelmények betartása, az utasokra gyakorolt hatások minimálása, valamint a társaság működésének legkisebb

zavarása, lehető legkevesebb járatörülés jelenti. A felmerült többletköltség az alábbi összevont képlettel számolható:

$$\Delta c_p = \max \{ (1+\varepsilon) c_p' - c_{p0}; 0 \} \quad (4.29)$$

ahol:

- $\Delta c_p$ : a p. csoport többletköltsége,
- $c_p'$ : az átszervezés utáni költség,
- $c_{p0}$ : az eredetileg tervezett költség,
- $\varepsilon$ : szubjektív súlytényező az eredeti beosztás megtartásának ösztönzésére, a döntéshozó szubjektív ítéletén múlik.

A feladat célfüggvényében a valamennyi felmerülő költség összegének minimalizálását tűzöm ki, amely alapvetően a következő négy tényezőtől tevődik össze:

- a teljesített járatok személyzeti költsége,
- a törölt járatokból eredő költség (veszteség),
- a felszabadult személyzet bázisrepülőterre szállításának költsége,
- a módosult járatok ellátásához szükséges személyzet szolgálaton kívüli szállításának költsége.

A tézis a disszertáció 4.7 fejezetén alapul.

#### **4. AZ ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK HASZNOSÍTHATÓSÁGA, A TOVÁBB FEJLESZTÉS LEHETŐSÉGEI**

Az általam kidolgozott modellek elősegíthetik a légitársaságok személyzeti költségeinek csökkentését, valamint előtérbe helyezik a repülés biztonságát is. A költségcsökkentéssel párhuzamosan lehetőség nyílik az optimális munkavégzésre is. A biztonságot a modell a munkaszociológiai követelményeket figyelembe vevő feltételek beépítésével képes növelni, ugyanis ha együtt tartunk jól működő személyzeti párokat, akkor a biztonság és a szolgáltatási színvonal is magasabb lesz. A hasznossági tényezők bevezetése révén ez a biztonsági paraméter számszerűen kifejezhető és az optimalizálás során célkritériumként alkalmazható.

A teljes létszámot optimaláló modellel többek között lehetővé válik a légitársaságokban rejlő tartalékok feltérképezése, ugyanis összevethető az optimálisan meghatározott adat a valós, gazdasági értékeket is magában foglaló eredménnyel.

A sztochasztikus tényezők figyelembevétele, valamint az átszervezések során fellépő addicionális költségek azonosítása révén lehetőség nyílik a tervezett menetrendhez képest bekövetkezett változásokra való hatékony stratégiák kidolgozására.

Az átszervezések kérdése rámutat a további kutatások szükségességére, ugyanis további befolyásoló tényezők és paraméterek figyelembevételével az optimalizációs

eljárások kiterjeszthetők. Az átszervezések kérdésének további tárgyalása is jól mutatja a modell fokozatos, egyre táguló felépítését.

További fejlesztési lehetőséget jelent a határkölség alapú megközelítés is. Megvizsgálható többek között az is, hogy több eltérő repülőgéptípus mennyiben befolyásolja a kapott személyzeti optimumot, továbbá milyen menetrendi és személyzeti szerkezet mellett lesz a vállalati határ-, és átlagkölség minimális.

Fenti kérdésekre további kutatómunkám során kívánom a választ megadni.

Az eredmények további felhasználási lehetőségei az oktatásban rejlenek; azok a szakmai tárgyak tematikájába illeszthetők.

## 5. SZAKIRODALOM

### 5.1 A szerző szorosan az értekezéshez kapcsolódó főbb publikációi

- [1] Kővári Botond: Air Crew Training, Human Factors and Reorganising in Case of Irregularities; *Periodica Polytechnica, Transportation Engineering*, vol. 33/1-2, pp. 77-88, 2005
- [2] Kővári Botond: The Role of Air Crew Management, Recent Issues; *előadás, Bécs, Wirtschaftsuniversität Wien, 2005. 11. 10.*
- [3] Kővári Botond: Személyzet menedzsment a légi közlekedésben; *Poszterelőadás, BME, 2005. 03. 02.*
- [4] Kővári Botond: A személyzeti logisztika szerepe a légi közlekedésben; *Loginfo*, pp.38-39, 2005.09-10.
- [5] Kővári Botond: Cost Optimisation Methods in Air Crew Planning; *1st International Conference on Research in Air Transportation – ICRAT, Zilina, Szlovákia, 2004. 11. 22-24*
- [6] Kővári Botond: System of Air Crew Management, Modelling the Assignment Process; *előadás, Bécs, Wirtschaftsuniversität Wien, 2004. 12. 07.*
- [7] Kővári Botond: Modern crew management methods in air transport; *Periodica Polytechnica, Transportation Engineering*, vol. 31/1-2, pp. 3-16, 2003
- [8] Kővári Botond: A légiközlekedésben alkalmazható főbb személyzettervezési modellek; *Közlekedéstudományi Szemle*, pp.401-407, 2003. 11.

- [9] Kővári Botond: Modern Crew Management Methods in Air Transport; *előadás, Bécs, Wirtschafsuniversität Wien, 2003. 11. 11.*
- [10] Kővári Botond: More effective usage of airspace; *Periodica Polytechnica, Transportation Engineering, vol. 29/1-2 pp. 101-106, 2001*
- [11] Kővári Botond: A légtérkapacitás növelésének néhány módszere; *Közlekedéstudományi Szemle, pp.465-469, 2001. 12.*

## 5.2 A szerző egyéb publikációi

- [12] Kővári Botond: A városi közlekedési folyamatok komplex befolyásoló intézkedései; *Loginfo, pp.18-19, 2005.07-08.*
- [13] Kővári Botond: Setting Airport Charges and the Way of Implementation; *Periodica Polytechnica, Transportation Engineering, vol. 32/1-2, pp. 43-56, 2004*
- [14] Kővári Botond: Hatékony díjszámítási modellek a légitözlekedésben; *Poszterelőadás, BME, 2004. 03. 03.*
- [15] Kővári Botond – Mészáros Ferenc: Szállítmányozási logisztika támogatása telematikai alkalmazásokkal; *Logisztikai Évkönyv, pp. 81-88, 2003*
- [16] Kővári Botond: Telematics as an important tool among transport policy instruments; *Deutsche Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft e.V., The Enlargement of the European Union from the Transport Policy Perspective, 2nd European Meeting of the Young Forum, Budapest, 2003. 07. 04.*
- [17] Kővári Botond: Pótalkatrészek biztosításának stratégiái, különös tekintettel a légitözlekedésre; *Poszterelőadás, BME, 2003. 02. 26.*
- [18] Kővári Botond: Alkatrész logisztika a légitözlekedésben; *Közlekedéstudományi Szemle, pp.337-342, 2002. 09.*
- [19] Kővári Botond: Repülőgépek földi kiszolgálása; *Poszterelőadás, BME, 2002. 02.*

## 5.3 Az értekezéshez felhasznált szakirodalom jegyzéke

- [Abe97] Aberle, G.: Transportwirtschaft; *München, 1997*

- [Adl01a] Adler, N.; Berechman Y.: Evaluating Optimal Multi-Hub Networks in a Deregulated Aviation Market with an Application to Western Europe; *Transportation Research A*, 35 (5), 2001
- [Adl01b] Adler, N.: Competition in a Deregulated Air Transportation Market; *Europ. Journal of Operations Research*, pp337-345, 2001
- [Alp04] Air Line Pilots Association: Guide to Flight Time Limitations and Rest Requirements; *Amerikai Egyesült Államok*, 2004
- [Ala97] Alamdari, F.E.; Morrell, P.: Airline Labour Cost Reduction: Post-Liberalisation Experience in the USA and Europe; *Journal of Air Transport Management*, pp53-66, 1997/4
- [And02] Andreu, P.; Cuadra, M.; Flagge, I.: World Airports: Vision and Reality, Culture and Technique, Past and Present; *Hamburg*, 2002
- [Arn98] Arnold, E.: Managing Human Resources; *London*, 1998
- [Ata95] Atamtürk, A.; Nemhauser, G.L.; Savelsbergh, M.W.P.: A Combined Lagrangian, Linear Programming, and Implication Heuristic for Large-Scale Set Partitioning Problems; *J. Heuristics*, 1. pp247-259, 1995
- [Ban02] Banks, J.: Simulation in Practice; *Agifors konferencia, Róma*, 2002/5
- [Bar94] Barnhart, C.; Johnson, E.L.; Hatay, L.; Anbil, R.: A Column-Generation Technique for the Long-Haul Crew-Assignment Problem; *Optimization in Industry*, New York, 1994
- [Bar03] Barnhart, C.; Mainville Cohn, A.: Improving Crew Scheduling by Incorporating Key Maintenance Routing Decisions; *Operations Research*, pp387-396, 2003/3
- [Bea96] Beaty, D.: The Naked Pilot – The Human Factor in Aircraft Accidents; *Shrewsbury*, 1996
- [Bec02] Beck, P.: Air Crew Radiation Exposure Monitoring; *Seibersdorf, Ausztria*, 2002
- [Cal01] CALEB Technologies Corp.: Changing the Game in Operations Planning and Recovery; *Agifors konferencia, Cancun, Mexikó*, 2001/4
- [Car01] Carcieri, M.; Paoletti, B.: Airline Crew Recovery Model at Alitalia; *Agifors konferencia, Cancun, Mexikó*, 2001/4
- [Daw02] Dawson, K.: Automated Crew Assignment; *Agifors konferencia, Róma*, 2002/5
- [Doe71] Doeringer, P.B.; Piore, M.J.: Internal Labor Markets and Manpower Analysis; *Lexington, USA*, 1971
- [Dog01] Doganis, R.: The Airline Business in the 21st Century; *London*, 2001
- [Dru92] Drumm, H-J.: Personalwirtschaftslehre; *Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo*, 1992

- [Ecn05a] EUROCONTROL: Standard Inputs for Cost Benefit Analyses; *Brüsszel, 2005*
- [Ecn05b] EUROCONTROL: Medium-Term Forecast, 2005 – 2011; *Brüsszel, 2005*
- [Ecm01] European Commission: White Paper, European Transport Policy for 2010: Time to Decide; *Luxembourg, 2001*
- [Faa03] Federal Aviation Administration: What Aircrews Should Know About Their Occupational Exposure to Ionizing Radiation; *FAA Office of Aerospace Medicine, Washington, 2003*
- [Gau02] Gausz, Zs.; Gausz, T.; Sipos, S.: Hungarian Flight Safety Data on the Basis of 1990-2001 Changes; *14th annual European Aviation Safety Seminar, Budapest, 2002/3*
- [Gro05] Gross, S.; Schröder, A.: Low Cost Airlines in Europa: eine marktorientierte Betrachtung von Billigfliegern; *Drezda, 2005*
- [Han02] Hansson, T.; Ringbeck, J.; Franke, M.: Flight for Survival: a New Operating Model for Airlines; *Strategy and Business, 2002/9*
- [Hel93] Helmreich, R.L.; Foushee, H.C.: Why Crew Resource Management? Empirical and Theoretical Bases of Human Factors Training in Aviation; *Cockpit Resource Management, pp3-45, 1993*
- [Hel99] Helmreich, R.L.; Klinec, J.R.; Wilhelm, J.A.: Models of Threat, Error and CRM in Flight Operations; *Proceedings of the 10. International Symposium on Aviation Psychology, pp677-682, 1999*
- [Hel03] Helmreich, R.L.; Sexton, J.B.: Using Language in the Cockpit: Relationships with Workload and Performance; *Communication in High Risk Environments, pp57-74, Hamburg, 2003*
- [Hil03] Hilb, M.: Integriertes Personal Management: Ziele–Strategien–Instrumente; *München, 2003*
- [Hur78] Hurst, R.: Pilot Errors – The Human Factors; *Nagy Britannia, 1978*
- [Ihd01] Ihde, G.B.: Transport, Verkehr, Logistik: gesamtwirtschaftliche Aspekte und einzelwirtschaftliche Handhaltung; *München, 2001*
- [Jás05] Jászberényi, M.: A globalizáció és a légi közlekedés kapcsolatrendszer; *Közlekedés és globalizáció, pp87-108, Budapest, 2005*
- [Joh00] Johnson, E.L.; Lettovsky, L.; Nemhauser, G.L.: Airline Crew Recovery; *Transportation Science, pp337-348, 2000/11*
- [Joh02] Johnson, E.L.: Integrating Planning over Time; *Agifors konferencia, Róma, 2002/5*
- [Jaa03] Joint Aviation Authorities: Joint Aviation Requirements; *Global Engineering Documents, 2003*
- [Kau68] Kaufmann, A.: Az operációkutatás módszerei és modelljei; *Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968*

- [Lam95] Lam, M.: An Introduction to Airline Maintenance; *Fall Church, USA, 1995*
- [Lar02] Larsson, T.: Carmen Systems; *Agifors konferencia, Róma, 2002/5*
- [Lav88] Lavoie, S.; Minoux, M.; Odier, E.: A New Approach for Crew Pairing Problems by Column Generation with an Application to Air Transportation; *Europ. Journal of Operations Research, pp45-58, 1988*
- [Leg99] Legeza, E.: A légi személyszállítás bevételnövelési lehetőségei; *Közlekedéstudományi Szemle, pp96-104, 1999/3*
- [Leg00] Legeza, E.: A légiközlekedés forgalmi és kereskedelmi liberalizációjának és deregulációjának hatásai az USA példáján; *Közlekedéstudományi Szemle, pp325-332, 2000/9*
- [Lop68] Lopez, F.: Evaluating Employee Performance; *Chicago, 1968*
- [Lhs03] Lufthansa Systems: Netline / Crew Overview; *Berlin, 2003*
- [Mal99] Malanik, P.: Nationale Fluggesellschaften – eine traurige Zukunft zwischen Globalen Netzen und Low Cost Airlines; *Transportwirtschaft im Umbruch, Bécs, 1999*
- [Mlv03] MALÉV Rt.: Üzemeltetés Irányítási Eljárások; *MALÉV Hungarian Airlines, 2003*
- [Mau01] Maurer, P.: Luftverkehrsmanagement: Basiswissen; *München, Bécs, 2001*
- [Móz03a] Mózsa, Sz.: Klinikai sugárvédelem; *Semmelweis Orvostudományi Egyetem, 2003*
- [Móz03b] Mózsa, Sz.: Az ionizáló sugárzások biológiai hatása; *Semmelweis Orvostudományi Egyetem, 2003*
- [Neu77] Neumann, K.: Operations Research Verfahren; *München, Bécs, 1977*
- [Reg74] Regula, H.: Meteorologie und Luftverkehr; *Luftfahrt Verlag Walter Zuerl, 1974*
- [Rem78] Remer, A.: Personalmanagement; *Berlin, New York, 1978*
- [Roh90] Rohács, J.: Analysis of Methods for Modeling Real Flight Situations; *17th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, pp2046-2054, Stockholm, 1990/9*
- [Roh03] Rohács, J.: A veszélyhelyzet menedzsment technológia alapjai; *Veszélyhelyzet menedzsment technológia konferencia, Balatonfüred, 2003/12*
- [Rol76] Rolfe, J.M.: Human Factors and Flight Deck Design; *Aircraft Engineering, pp6-14, 1976/11*
- [Sal69] Saltzman, A.W.: Manpower Planning in Private Industry; *Madison, Wisconsin, 1969*
- [San02] Santostefano, S.: A Manpower Optimization Model for Daily Activities Staff in Airport at Alitalia; *Agifors konferencia, Róma, 2002/5*



- [Sch02] Schlickenrieder, W.; Wittwer, G.: Linear Programming and the Pursuit of Happiness; *Agifors konferencia, Róma, 2002/5*
- [Ste03] Stewart, D.; Michaels, K.: Low Cost Carriers Growth: Implications for the Suppliers; *Aviation Strategy, pp17-19, 2003/3*
- [Sze80] Szentpéteri, Sz.: Gazdasági döntések bizonytalanság esetén; *Budapest, 1980*
- [Szi86] Szidarovszky, F.; Molnár, S.: Játékelmélet műszaki alkalmazásokkal; *Budapest, 1986*
- [Szi03] Szidarovszky, F.; Ghoseiri, K.; Asgharpour, M.J.: A Two-Person Conflict Model in Train Scheduling; *International Game Theory Review, pp105-125, 2003/6*
- [Thi81] Thielenhaus, J.P.: Strategische Personalentwicklungsplanung; *Frankfurt am Main, 1981*
- [Yu98] Yu, G.: Operations Research in the Airline Industry; *Austin, USA, 1998*
- [Yu03] Yu, G.; Arguello, M.; Song, G.; McCowan, S. M.; White, A.: A New Era for Crew Recovery at Continental Airlines; *Interfaces, pp5-22, 2003/1-2*
- [Vol01] Volvo Data AB: CARMEN – The System that Keeps Flight Operating Expenses at a Minimum; *USA, 2001*
- [Zsó85] Zsótér, F.: Repülés meteorológia; *KPM-LRI Repülésoktatási Osztály, Budapest, 1985*

#### Internetes források

- Eurocontrol: <http://www.eurocontrol.int>
- EASA: <http://www.easa.eu.int>
- IATA: <http://www.iata.org>
- JAA: <http://www.jaa.nl>
- Baleseti adatok: <http://www.planecrashinfo.com/cause.htm>
- Eurostat: <http://epp.eurostat.cec.eu.int>
- British Airways: <http://www.britishairways.com>
- EasyJet: <http://www.easyjet.com>
- Lufthansa: <http://www.lufthansa.com>
- Malév: <http://www.malev.hu>
- Ryanair: <http://www.ryanair.com>
- WizzAir: <http://wizzair.com>
- World Health Organization: <http://www.who.int>