

Rohács Dániel

## KISREPÜLŐGÉPEK ELÉRHETŐSÉGÉNEK HOSSZÚTÁVÚ ELŐREJELZÉSE

### ÖSSZEFOGLALÓ

Ennek a cikknek a célja, hogy ismertessen egy Európai Kisrepülőgép (EK) elérhetőségének előrejelzésére kifejlesztett modellt, amely elősegítheti az EK-val összefüggő további vizsgálatokat a döntés előkészítés- és kockázat elemzésben. A lehetséges modell struktúrák áttekintése után, végül egy, a Monte Carlo Szimulációra épülő analógiára épülő modellt készült. Többek között, ez lehetővé teszi, hogy felhasználjuk az EK fejlődésével kapcsolatba hozható tényezőket és azok bizonytalanságait, valamint azt, hogy a szimulációs végeredményét valószínűségi eloszlásokkal adjuk meg. Végül az eredmények bemutatják, hogy a kidolgozott modell alapjaként szolgálhat számos további vizsgálatnak, mint például az Európai Kisrepülőgép az ATM paramétereire gyakorolt hatásának analízise.

### BEVEZETŐ

Meghatározásunk alapján, az EK (Európai Kisrepülőgép) egy 4 vagy 6 utast szállító kisrepülőgép, amelynek a meghajtása az előzetes forgalmi elemzések alapján [1,2] egy, illetve két dugattyús motorral biztosított. 2006-ban, körülbelül 60 000 ilyen EK létezett Európában, melyeket 300 000 magán pilóta használt [3]. Ezzel szemben, mivel a rendelkezésre álló technológia már megengedi, hogy egy "személyi" szállításon alapuló új, biztonságos, gazdaságos és környezet barát légiközlekedési rendszer alakuljon (hasonlóan a SATS [4,5], UK JETPOD [6], PATS [3,7] és SkyCar [8] ideológiákhoz), a kisrepülőgépek jövőbeli elérhetősége megváltozhat [4,5,6,8]. Ebből kiindulva, az EK tevékenységet elemezni kell, hogy megválasszunk mi lehet annak a hatása az ATC/ATM-re. Azonban, 2006-ban az EK illetve a hasonló repülőgépek légi forgalma alacsony volt, így a rendelkezésre álló alapadat nem elegendő a fenti cél teljesítéséhez. Következésképpen, a releváns alapadatok meghatározáshoz elsőként egy Európai Kisrepülőgép előrejelző modell létrehozása szükséges amely megkönnyítheti a további vizsgálatokat, és megteremtheti az EK hátterét.

Az irodalmi áttekintés számos Kisrepülőgép előrejelző modellt tárt fel (pl. SATS [4,5], UK JETPOD [6], Skycar [8]). Azonban, mivel egyikük sem az Európai piacra készült, megvizsgáltuk azokat a modelleket is, melyek általánosan használatosak a légi közlekedésben.

Eredményeink szerint a legtöbbet használt modellek az alábbi négy kategóriába sorolhatóak [9]: lineáris, log-lineáris, logit valamint a translog módszer. Ezek közül a leggyakrabban használt modellnek a log-lineárist találtuk [9], köszönhetően az elaszticitás értékek meghatározásában lévő előnyének. Ezt a módszert használva, számos publikáció létezik, amely a különböző országok gazdasági és földrajzi körülményétől függően, terjedelmes skálát ad a lehetséges elaszticitás értékekről. Mindemellett, a log-lineáris, illetve a további általánosan használt előrejelző modellek alkalmazása az EK céljából nem ésszerű az alábbi hátrányoknak köszönhetően: (i) az EK tevékenységet jellemező statisztikai adatok szükségessége, és (ii) a konstans elaszticitás értékek, amely képtelen valóságyszerűen modellezni a lehetséges nemlineáris kapcsolatokat az EK fejlődésében.

### ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

Ahogy az előző fejezet említette, az általánosan használt előrejelző modellek egyszerű használata illetve adaptálása az EK céljából nem ígéretes számos hátrányuk miatt. Ezért, hogy megfeleljünk a speciális modell elvárásoknak és felhasználhassuk a rendelkezésre álló

bizonytalanságokat tartalmazó faktorokat, ez a munka egy analógiai megközelítést ajánl: a személyautók elérhetőségének előrejelzése példájára alapozva. Ez több szempontból is előnyös, mivel (i) statisztikailag a személyautók adatai könnyen elérhetőek, (ii) adottak a különböző Európai országokra amelyek számításba veszik az eltérő gazdasági illetve más jellemző karakterisztikákat [10] és végül (iii) az EK fejlődése hasonlóan alakulhat mint a személyautóké.

Hogy kivitelezzük a fenti célt, a lineáris illetve a log-lineáris modellek helyett, egy lehetséges módszer az S-görbékre épülve adható meg. Ez realiztikusabban jellemezheti a kapcsolatot a technológia adoptálás és az idő között, mivel hosszútávon egy új technológia számos különböző karakterisztikákkal jellemezhető [11] piac adoptálási fázison megy keresztül (pl. innovátorok, korai, késői felhasználók). Egyéb kutatások az irodalomban [11,12] már bebizonyították, hogy az S-görbére épülő modellek felhasználhatóak a közlekedési ágazatokban is, mivel hosszútávon ezek viselkedése hasonló az új technológiákéhoz.

Egyéb újszerű módszer az utazási költségek (Utazási Büdzsére - UB) figyelembe vételére épül, melyet először Zahavi figyelt meg, mint egy rögzített arányát a jövedelemnek, mely az utazásra van fordítva. Bebizonyosodott [13,14], hogy értéke minden társadalomban előre jelezhető, illetve hogy változatlan marad még kiszámíthatatlan események bekövetkezésekor is, mint egy olaj krízis. Annak ellenére, hogy a fő meghatározó eleme a GDP, kiszámítható az egyes közlekedési ágazatok (mint a személyautó) Teljes Üzemeltetési Költségéből (TUK) is. Tudván az UB jövőbeli alakulását, végül meghatározható, hogy költség szempontból mikor válik elérhetővé egy új közlekedési rendszer, mint az EK.

Mindemellett, az EK előrejelzése szempontjából, egy fejlettebb módszer nem egy az egész társadalmat jellemző UB-re épül, hanem több alapadatra melyet számos eltérő piaci szegmensű személyautó Teljes Üzemeltetési Költségéből számol annak érdekében, hogy különböző társadalmi osztályokat ábrázoljon. Ez egy, a valóságot jobban szemléltető és logikusabb megközelítés, hiszen figyelembe veszi a társadalmi osztályok eltérő ár és jövedelem érzékenységét [15].

## A KIDOLGOZOTT ELŐREJELZŐ MODELL

Ez a modell egy analógiai megközelítésre épül, így feltételeztük, hogy az EK elérhető amint annak a Teljes Üzemeltetési Költsége (TÜK) eléri a különböző szegmensű személyautók TÜK-ből meghatározott Utazási Budzséit.

Ahogy az 1. ábra mutatja, a modell először előrejelzi az EK valamint a személyautók Teljes Üzemi Költségeit. Gazdasági elméletek, valamint a közlekedésben alkalmazott gyakorlatok alapján [16], a TÜK a közvetlen és a közvetett költségek összegként adható meg. Az EK esetében ez a következő egyenletet adja:

$$TUK_t^{EK} = u_1 + u_2 + u_3 + \dots + u_n \quad (1)$$

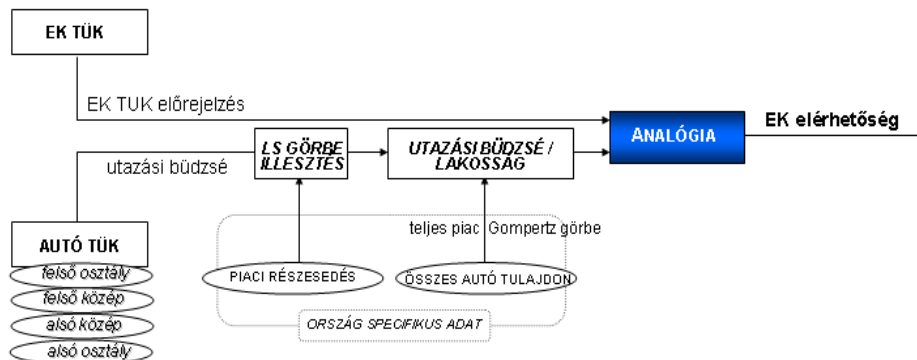
ahol a  $TUK_t^{EK}$  a Teljes Üzemi Költség és az  $u_{n_t}$  a független változók a  $t$  szimulációs időnél.

Ezzel szemben, köszönhetően a több piaci szegmensnek, a személyautók Teljes Üzemi Költsége inkább az alábbiakkal jellemezhető:

$$TUK_i^{autó} = v_1^i + v_2^i + v_3^i + \dots + v_{n_t}^i \quad (2)$$

ahol a  $TUK_i^{autó}$  Teljes Üzemi Költség és az  $v_{n_t}^i$  a független változók a  $t$  szimulációs időnél, valamint az  $i$  piaci szegmensnél.

A gépkocsi iparban használatos gyakorlat alapján [10,17], a személyautók szegmensei a következő osztályokra lettek csoportosítva: alsó-, alsó-közép, felső-közép és felső osztály. Ezt a négy kategóriát



1. ábra. A kidolgozott modell.

és reprezentatív autót alkalmazva mindegyikre melyeknél ismert a piaci részesedés [10], felrajzolható a TÜK, illetve az Utazási Büdzsé és a piaci részesedés görbe. Vizsgálataink értelmében, a görbe amely ráilleszhető ezen pontokra (TÜK-piaci részesedés), az alábbi hatványos egyenlettel jellemezhető:

$$P_i = a_t * TUK_i^{b_t} \quad (3)$$

ahol a  $t$  szimulációs időnél  $P_i$  a piaci részesedés,  $TUK_i$  az  $i$  piaci szegmens Teljes Üzemi Költsége, valamint  $a_t$ ,  $b_t$  az egyenlet ismeretlen paraméterei. Meghatározásukhoz, a legkisebb négyzetek módszere [18,19] lett alkalmazva, köszönhetően a görbeillesztés pontosságának analizésében megfigyelt előnyének.

Ezalatt, hogy megkapjuk a lakosságra vetített utazási büdzsét, a modell kiszámolja az összes autó tulajdon és a lakosság hányadát. Különböző modellek vizsgálata után, végül a Dargay [20] munkáira épülő S-görbe lett kiválasztva ehhez a feladathoz. A választás igazolása a számos előnnyel magyarázható, mint az ország specifikus adathalmaz, amely figyelembe képes venni az eltérő Európai jellegzetességeket. Ennek tükrében, az összes autó tulajdon az alábbi egyenlettel adott:

$$V_t = \gamma * \exp[\alpha * \exp(\beta * GDP_t)] \quad (4)$$

ahol  $V_t$  jelöli a lakosságra vetített összes személyautó tulajdont,  $GDP_t$  a GDP, és  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  a Gompertz S-görbe paraméterek Dargay [20] alapján.

Mindezeket felhasználva, és az 1. ábrán szemléltetett analógiai megközelítést alkalmazva, az EK elérhetőséget az (5). egyenlet adja meg az alábbiak szerint:

$$EK_t = [a_t * TUK_t^{EK}^{b_t}] * [\gamma * \exp(\alpha * \exp(\beta * GDP_t))] \quad (5)$$

ahol minden  $t$  szimulációs időnél az Európai Kisrepülőgép ( $EK_t$ ) a (3). egyenlet ( $a_t$ ,  $b_t$ ) paraméterei; ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) Gompertz görbe mutatói; az EK Teljes Üzemi Költsége ( $TUK_t^{EK}$ ); és végül a GDP ( $GDP_t$ ) függvényében adott.

## MODELL PARAMÉTEREK MEGHATÁROZÁSA

Az EK és a hagyományos légi közlekedés közötti különbség miatt (mint az iroda bérlés, reklámozás, catering, stb.), ez a munka a következő TÜK elemeket veszi figyelembe: (i) légi jármű tulajdoni (vagy bérleti) költség, (ii) légi navigációs költségek (beleértve az en-route illetve terminál részeket), (iii) a repülőtéri költségek (mint parkolás, leszállás, utas kiszolgálás), (iv) pilóta vagy pilóta bérleti díj, (v) karbantartási költség, (vi) üzemanyag költség (megkülönböztetve emelkedés, cruise és süllyedés

részeket) és (vii) a biztosítási költség. A TÜK számításának gyakorlata alapján [21,22], az összes elem egy block-ra számolandó 150 km-es értékkel, mely az EK előzetes légiforgalmi analízis legsűrűbben előforduló repülési távolsága [1,2]. Végül, mivel a TÜK fix költségeket is tartalmaz, amely block-ra kifejezve változik a repülés mennyiségétől (e.g. tulajdoni költség, biztosítás), egy 22 órás átlagos repülési óraszám lett alkalmazva. Ez az érték egyrésztől használatos az irodalomban [22,23], másrészt tükrözi az EK előzetes légiforgalmi analízisének csúcsgazdasági óráinak értékét.

Az EK tulajdoni (vagy bérleti) költségének kiszámításához a 2006-os árjegyzéki ár lett használva 10 évvel bankhitellel és 8 %-os kamattal [23]. A rendelkezésre álló statisztikai adatok értelmében, az évenkénti leértékelődés az elmúlt évekre illeszkedő regressziós görbe alapján került kiszámításra. Különböző modelleken tesztelve végül az exponenciális modell lett használva, hiszen ez adta a legmagasabb megbízhatósági mutatót, 0.9-et átlagosan. A légi navigálási költségei megkülönbözteti az en-route és a terminál navigálás díjakat, ahol az első a repülés hossza alatti légi irányításért, míg a második minden felszállás után fizetendő. Értékeik a EUROCONTROL megfelelő formulái [24] alapján számítottak átlagos Európai paraméterekkel 2006 Márciusán. A repülőtéri költségek a leszállási, parkolási és az utaskiszolgálási részeket tartalmazza, hiszen más költségek (mint a catering) nem értelmezhető az EK esetében. Számos Aeronautical Information Publication (AIP) [25] használva, átlagos Európai értékek lettek alkalmazva, 2006 Áprilisán. Ami az üzemanyag költségeket illeti, elsőként a teljes üzemanyag mennyiség került kiszámításra a Joint Aviation Requirements üzemanyag politikája alapján [26], mely megkülönbözteti az utazási, tartalék és alternatív repülőtér üzemanyag kategóriákat. Mivel az üzemanyag fogyasztás változik a repülési fázis függvényében, az utazási rész tovább lett osztva az emelkedési, süllyedési, illetve en-route egységekre. A fentiekben ismertetett részek százalékos hozzájárulásai a teljes repülési időhöz a Flight Safety Foundation [27] eredményei alapján kerültek kiszámításra, hiszen annak eredményei elérhetőek egy hasonló repülési távolságra, illetve légijármű karakterisztikára. Ennek tükrében, az egyes egységek üzemanyag fogyasztása a EUROCONTROL BADA [28] dokumentumai alapján történt, mert az több kisrepülőgép adatait is lefedi. Végül, a teljes üzemanyag mennyiség ismeretében, az üzemanyag költség a mennyiség és az ár szorzataként állt elő, amely 2006-os átlagos Európai értékeken alapul [29]. A pilóta költség kiszámítása érdekében ez a kutatás feltételezi, hogy 2006-ban az EK professzionális pilóták által üzemeltetett, amely üzleti illetve egyéb PPL (Private Pilot License) nélküli utasok esetében ésszerű. A pilóta költség így pilóta bérleti költségként mutatkozik, 2006-os átlagértékkel számítva.

Ami a karbantartási költséget illeti, egy pontos számítás karbantartási terveket és vizsgálati listákat igényelne. Azonban ezek nyilvános elérhetősége limitált, így inkább a Conklin and de Decker Aircraft Cost Evaluator (ACE) [30] és PalneQuest [31] adatbázisok lettek alkalmazva, mert mindkettő széleskörűen használt más költségelemzésekben, illetve több kisrepülőgépet is lefednek. Míg általánosan a karbantartási költség a repült óra függvénye, sajnálatosan még a fent említett adatbázisok sem elegendőek, hogy ezt a jelenséget figyelembe vegyünk. Így egy átlagos érték lett alkalmazva, mely megkülönbözteti az alkatrészeket, a munkadíjat, illetve a nagyjavítás költségét. Végül, az EK biztosítási költségéhez több szempont alapján (mint popularitás, várható költség, stb [32,33]) egy átlagos becsült érték lett alkalmazva, mely 3 %-a a légijármű árának.

Ami a személyautók TÜK számítását illeti, hasonlóan az EK megközelítéshez, az alábbi elemek lettek figyelembe véve [21]: (i) tulajdoni költség, (ii) karbantartási költség, (iii) biztosítási díjak, és (iv) a parkolási, autópálya költségek. Egy 2006-os Európai felmérés alapján, a számításnál az összes elem 15.000 km-es éves átlagos használatra van kifejezve, EUR / utas-km mértékegységben. Hasonlóan az EK számításhoz, a tulajdoni költség 2006-os árjegyzéki ár alapján számított, bankhitellel és 8 %-os kamattal. Az évenkénti leértékelődés a Francia Nemzeti Statisztikai és Gazdaságtudományi Intézet (INSEE) [17] eredményeire épül, köszönhetően a terjedelmes statisztikai adatbázisainak. A karbantartási költséget illetően, számos nyilvános elérhető karbantartási terv, illetve vizsgálati lista található. Ez a munka a gyártók ajánlott karbantartási tervét vette figyelembe [34], hiszen az adott 2006-ra, valamint megkülönbözteti az alkatrész, munkadíj és a kerékköpeny költségeit. Az üzemanyag számításnál – mivel a fogyasztás faktora a különböző forgalmi körülményeknek – ez a modell a városi, országúti, valamint autópálya használatot vette figyelembe [35,36]. Mindazonáltal a személyautók eltérő karakterisztikái miatt (pl. teljesítmény, súly) a fentiekben említett szegmensekhez

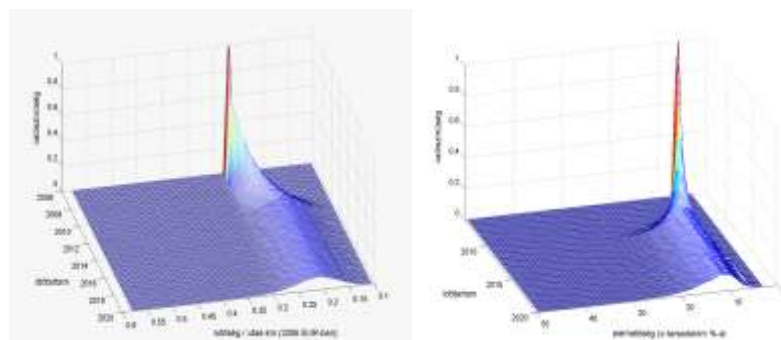
különböző alapadatot használtunk a Vehicle Certification Agency [35] eredményei alapján, mert az évenként frissített adatbázist tesz közzé, valamint lefedi az általunk definiált szegmenseket. Végül a teljes üzemanyag költség az üzemanyag árral történő szorzással áll elő, amely egy Európai átlagot vett figyelembe 2006 áprilisán. Ami az autópálya költségeket illeti, egy átlagos 100 km alapú érték lett figyelembe véve 2006-ban, köszönhetően az eltérő díjfizetési rendszereknek Európában. A biztosítási költség számításánál, számos költségbecslés készült több Európai országot képviselve, így egy 2006-os átlagos érték lett használva, mely megkülönbözteti a személyautó szegmenseket.

## SZIMULÁCIÓ

Az EK és a személyautók 2006-os TÜK értéke számos kisrepülőgép, illetve személyautó költség számításának átlagértékén alapszik. Azonban a jövőbeli TÜK becsléshez bizonytalan faktorokkal kellett szembe nézni, mivel az egyes költség elemek alakulása nem tisztázott. Így egy Monte Carlo Szimuláció (MCS) lett alkalmazva, hiszen ez egy valószínűség számításon alapuló módszer, amely az egyszerű szenáriókhöz illetve regressziókhöz képest számszerűleg képes reprezentálni a bizonytalan faktorokat. Ebben a munkában, a számos eloszlás sűrűség függvényét alkalmaztuk a MCS alatt. Elsőként egy egyenletet, azokban az esetekben ahol semmilyen információ nem állt rendelkezésre az egyes értékek jövőbeli valószínűségéről. Általánosan ezek az EK paraméterei. Példaként a kisrepülőgép professzionális illetve személyes pilótaként is üzemeltethető könnyen kezelhető légi jármű lehet [3], mely hasonlóan a PATS [3,7], illetve a SkyCar [8] projektekhez az új fedélzeti rendszerek alkalmazásával csökkentheti a pilóta elvárt gyakorlati tudását egészen a személyautó szintjére. Ezen felül, a repülések irányított, illetve FIR (Flight Information Region) légterekben is történhetnek VFR (Visual Flight Rules) alapján, amely a EUROCONTROL jelenlegi díjszabási rendszere alapján [24] irrelevánssá teheti az en-route navigációs díjakat. Ami a repülőtereket illeti, az EK használhatja mind a fő (a jobb kiszolgálás érdekében), mind a mellék repülőtereket ahol alacsonyabb költségekkel számolhat. Végül az EK követheti a múltbeli tulajdoni és karbantartási költségeket, illetve lecsökkenhet a mai luxusautók szintjére, ahogy az a SATS [5] és SkyCar [8] programokból adódik a megbízhatóbb alapanyagok és egyéb új technológiák alkalmazásával [3]. Ami az EK és személyautó [17] üzemanyag fogyasztás; személyautó tulajdoni [17], karbantartási [17] és autópálya költséget [37] illeti, egy normál eloszlást használtunk amely a múlt adataira épülő regressziós vonalra épül. Végül az üzemanyag ár és a GDP változók esetére egy háromszög eloszlást alkalmaztunk, ami az általános gyakorlat [38] mikor mind a minimális, maximális, illetve a legvalószínűbb értékek ismeretese.

## EREDMÉNYEK

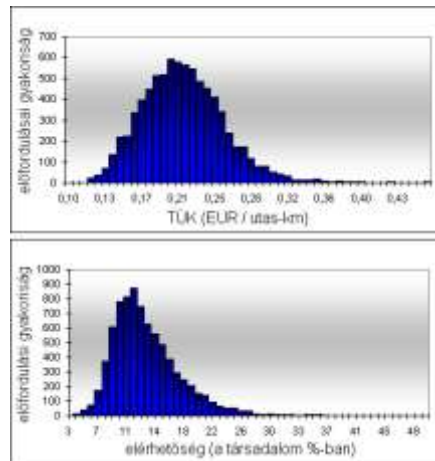
Az EK modell TÜK és elérhetőség eredménye a 2. ábrán látható háromdimenziós eloszlás sűrűség



2. ábra. A EK Teljes Üzemi Költsége (balra, EUR / utas-km-ben) és elérhetősége (jobbra, a társadalom %-ban) 2006 és 2020 között.

függvényként ábrázolva. A két görbe mutatja, hogy a modell elemek bizonytalansága miatt, egy

eredmény valószínűsége csökken, míg az összes lehetséges megoldások száma folyamatosan növekszik a szimulációs időtartam alatt. Az általános alkalmazott előrejelző modellel szemben, ez az előnye a MCS, hiszen ez lehetségessé teszi, hogy meghatározzuk az egyes eredmények valószínűségét. Ahogyan a 3. ábra mutatja, 2020-ban a TÜK eredmények 63.7 % -a 0.17 és 0.23 EUR



3. ábra. A EK Teljes Üzemi Költsége (fent, EUR / utas-km-ben) és elérhetősége (lent, a társadalom %-ban) 2020-ban.

/ utas-km között található, míg a legnagyobb valószínűséggel előforduló eredmény 0.2007 (EUR / utas-km). Mivel az eredmények kevesebb mint egy százaléka (0.8 %) nagyobb mint a 2006-ban megfigyelt érték (0.27 EUR / utas-km), általánosan 26.78 %-os TÜK csökkenés figyelhető meg. Ami az elérhetőséget illeti, a legvalószínűbb érték 11.67 % -ra adódik 2020-ban. Tehát az Európai Kisrepülőgép 2020-ban a társadalom 11.67 %-nak válik elérhetővé, ami a 2006-ban kiszámított értékhez képest 94.5 %-os növekedés. Míg a szimulációs eredmények magasabb százaléku elérhetőséget is megadnak, általánosan ezek valószínűsége alacsony, például 0.005 30 % feletti elérhetőség esetében.

## KONKLÚZIÓ

A légi közlekedésben általánosan használt előrejelző modellek nem alkalmazhatóak megfelelően az EK céljaira, hiszen azok nem képesek tükrözni a kisrepülőgép nemlineáris fejlődési karakterisztikáját, valamint nem kielégítő a rendelkezésre álló statisztikai alapadat egy modell elkészítéséhez. Ennek köszönhetően ez a modell egy analógiai megközelítést használt a kisrepülőgép és a személyautók Teljes Üzemi Költségére épülve. Ez az eljárás több okból is előnyös, hiszen (i) az EK hasonlóvá válhat a mai személyautókhöz, (ii) a kocsik adatai könnyen hozzáférhetőek és számos elmúlt év statisztikai értékeit tartalmazzák, valamint (iii) ország specifikusak, melyek képesek figyelembe venni az eltérő gazdasági adatokat, és egyéb jellemzőket. A jövőbeli TÜK illetve elérhetőség számításánál bizonytalan faktorok álltak elő, melyekre Monte Carlo Szimulációt alkalmaztunk, hiszen ez egy valószínűség számításán alapuló módszer amely számszerűleg képes a bizonytalan értékeket reprezentálni. Végül az eredmények bemutatták, hogy az EK Teljes Üzemi Költsége átlagosan 26.78%-a csökkent a teljes szimulációs időtartam alatt, és 2020-ban elérte a 0.2007 EUR / utas-km értéket. Ez a csökkenés szintén hatott az elérhetőségre, mivel annak értéke 94.5%-al növekedett, elérve így a 11.67 százalékot.

## TOVÁBBI MUNKÁK



További munkaként felsorolandó egy érzékenységi vizsgálat, illetve a modell validálása. Mivel más metódusok nem megfelelőek az EK esetében, múltbeli statisztikákon alapuló adatokkal való futtatások során validáljuk a kifejlesztett modellt. Ehhez felhasználjuk a EUROCONTROL CFMU adatbázisát, amely múltbeli EK légiforgalmi adatokat ad.

Ezen kívül bár az előzetes légiforgalmi analízis eredményei azt tükrözték, hogy Európában a leggyakoribbak a dugattyús kisrepülőgépek, a modell továbbfejleszhető a turboprop-ok illetve a jet-ek hozzáadásával.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] ROHACS, D., Analysis of the Impact of a Future Small Aircraft on ATM in Europe. In *Proceedings of the 9<sup>th</sup> Air Transport Research Society World Conference (ATRS)*, Rio de Janeiro, Brazil, July 2005.
- [2] ROHACS, D., Preliminary Analysis of Small Aircraft Traffic Characteristics and its Interaction on ATM for European Market Attributes. In *Proceedings of the 4th International Workshop on Innovative Research applied to Air Transport*, EUROCONTROL Experimental Centre, Bretigny sur Orge, France, December 2005.
- [3] ROHACS, D., *Nouveau système de contrôle automatique pour de petits avions*, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon & BUTE, Lyon, France, July 2004.
- [4] HOLMES, B. J., Small Community Air Transportation. *NASA, OK\_CASI\_11-14-03.ppt*, Oklahoma, USA, November 2003
- [5] HOLMES, B. J., Dr. and SCOTT, J., Transportation Network Topologies. In *Proceedings of the 4th Integrated Communications, Navigation and Surveillance (ICNS) Conference and Workshop*, Fairfax, Virginia, USA, April 2004.
- [6] AVCEN LIMITED: Maker of JETPOD aircraft. <http://www.avcen.com/index3.php> (05/04/2005)
- [7] ROHACS, J., PATS, Personal Air Transportation System. In *Proceedings of the 23rd Congress of the International Council on the Aeronautical Sciences (ICAS)*, Toronto, Canada, September 2002.
- [8] PEAKIN, W., Flying will be as easy as driving a car. *The Observer*, February 25, 2001 [http://www.observer.co.uk/u\\_news/story/0.6903.442773.00.html](http://www.observer.co.uk/u_news/story/0.6903.442773.00.html) (22/04/2006)
- [9] OUM, T.H., Alternative Demand Models and their Elasticity Estimates. *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 23, No. 2, Page 163, May 1989.
- [10] Comité des Constructeur Français d'Automobiles, *L'industrie Automobile Française, Analyse et Statistiques : Edition 2005.*, Gomez, M.J., Editor, France, 2005.
- [11] DARGAY, J., GATELY, J., Income's Effect on Car and Vehicle Ownership Worldwide: 1960-2015. *Transportation Research Part A*, 33 (1999) 101-138, 1999.
- [12] SANSOM, T., FOX, H. and DAWE, G., Developing Car Ownership and Use Models for Dissaggregate Data. In *Proceedings of the 24<sup>th</sup> Seminar D & E Part-1, Transportation Planning Methods*, PTRC, Uxbridge, UK, 1996.
- [13] ZAHAVI, Y., *The UMOT-Urban Interactions*. US Department of Transportation, DOT-RSPA-DPB 10/7, Washington D.C., 1981.
- [14] SCHAFER A., VICTOR D., The Future Mobility of the World Population. *Journal of Transportation Research A*, 34(3) (2000): 171-205, 2000.
- [15] ALPEROVICH, G. and MACHNES, Y., The Role of Wealth in Demand for International Air Travel". *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 28, No. 2, Page 163, May 1994
- [16] GIVONI, M., Evaluating aircraft and HST operating costs. In *New trends in the European air traffic, Land Use and Space*, Cederlund K., Editor, Department of Social and Economic Geography, Lund, Sweden, 2003.
- [17] BONOTAUX, J., CHANUT, J. M., MONESTIER, M. P. and ROUCH, J. M., Automobile, Carburants, Réparations: 20 ans d'évolution des prix. *Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE PREMIERE)*, Division prix à la consommation, n.713, May 2000.
- [18] ABDI, H., Least-squares. In *Encyclopedia for research methods for the social sciences*, Lewis-Becks, pp. 792-795, Thousand Oaks, USA, 2003.
- [19] PAPULA, L., *Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler*. Vol. 3, Vieweg Verlag, 4 Edition, ISBN-10: 3528942363, Germany, 2001.
- [20] DARGAY, J., GATELY, J., Income's Effect on Car and Vehicle Ownership Worldwide: 1966-2015. *Journal of Transportation Research Part A* 33, 101-138, 1999.
- [21] MCGRATH, R. N., NASA's Small Airplane Costs v. Airlines, Autos and the Economic Value of Time". In *SAE International Document* n.: 2002-01-1546, April 2002.
- [22] SZUROVY, G., *Aircraft Partnership*. McGraw-Hill Editions, ISBN 0-07-063347-9, New York, USA, 1998.
- [23] AIRCRAFT ECONOMICS, 50-seat aircraft compared. *Journal of Aircraft Economics*, No. 53, pp. 27-30, January/February 2001.
- [24] EUROCONTROL Central Route Charges Office, *Costumer guide to charges*, Version 3.2, Brussels, Belgium, October 2006.
- [25] REPUBLIC OF HUNGARY, Air Traffic and Airport Administration, *Aeronautical Information Publication*, Fourth Edition, Budapest, Hungary, August 2004.
- [26] JOINT AVIATION AUTHORITIES, *Joint Aviation Requirements*, JAR-OPS Section 1, Part 255, Amendment 9, September 2005.
- [27] MATTHEWS, S., Flight Safety Foundation in 2003. In *Proceedings of the 56<sup>th</sup> International Air Safety Seminar*, Washington, D. C., USA, November 2003.

- [28] EUROCONTROL, ATM and CNS System Engineering Projects: *Base of Aircraft Data* (BADA), BADA 4.0 Internal Release, EEC, Bretigny sur Orge, France, 2006.
- [29] DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AVIATION CIVIL, Direction des Affaires Stratégiques et Techniques, *Pétrole et transport aérienne : une dépendance coûteuse*. n. 1, August 2005.
- [30] CONKLIN AND DE DECKER AVIATION INFORMATION, *The Aircraft Cost Evaluator* CD-ROM, Spring Edition, 2000
- [31] PLANQUEST, *Operating Costs*. Available at <http://www.planequest.com/operationcosts/default.asp> (11/11/2006)
- [32] EUROPEAN PARLIAMENT, Regulation of the European Parliament and of the Council, Insurance Requirements for Air Carriers and Aircraft Operators. Regulation (EC) No 785/2004, *Journal of the European Union*, L138/1, 30.04.2004.
- [33] MACKAY, B., Aircraft Hull (Physical Damage) Insurance: You've got options. EAA Aircraft Insurance Plan. Available at [http://www.eaa.org/communications/eaanews/060824\\_insurance.html](http://www.eaa.org/communications/eaanews/060824_insurance.html) (09/11/2006)
- [34] MANUFACTURERS RECOMMENDED MAINTENANCE SCHEDULE. Available at <http://www.edmunds.com/maintenance/MaintenanceServlet> (29/05/2006)
- [35] VEHICLE CERTIFICATION AGENCY, United Kingdom <http://www.vcacarfueldata.org.uk/index.asp> (30/05/2006)
- [36] BARBUSSE, S., Motorcycles, mopeds: polluting emissions and energy consumption – Initial observations. *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, Département Technologies des Transport*, France, May 2001.
- [37] EUROSTAT, Statistical Office of the European Communities, Economy and Finance, Sustainable Development Indicators: "Inflation rate". Available at <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/> (12/10/2006)
- [38] EVANS, M., HASTINGS, N., and PEACOCK, B. Triangular Distribution. In *Statistical Distributions*, 3rd ed. New York: Wiley, pp. 187-188, 2000.