

OPPONENSI VÉLEMÉNY

Dr. Rohács Dániel

„Disruptive és fenntartható technológiák, koncepciók fejlesztése a repülésben”

című MTA doktori értekezéséről

1. ÁLTALÁNOS MEGJEGYZÉSEK

Az angol nyelvű disszertáció szakmai-érteményi részének terjedelme 95 oldal. A disszertáció 1 oldal *Köszönetnyilvánítást*, 1 oldal *Kivonatot* és 4 oldalas *Tartalomjegyzéket* tartalmaz. A külső szerzőkre és a saját munkáira vonatkozó hivatkozások felsorolása a 96. oldaltól a 111. oldalig terjed. Megállapítható, hogy a doktori mű téziseihez kapcsolódó eredményeit széles körben publikálta: 11 könyvfejezetekben, 41 nemzetközi szakmai újságokban és 49 rangos nemzetközi és hazai konferencia cikkekben. Publikációi felsorolása, az értekezés 112. oldaltól a 117. oldalig terjed. A kutatási területével kapcsolatos *Projekt jelentések* felsorolása a 117. oldaltól a 119. oldalig terjed. Megállapítható, hogy a bemutatott *példák és összegzések* igen hasznos és értékes gyakorlati alátámasztást nyújtanak az anyagban. Ugyanez állapítható meg a *következtetések* levonásával kapcsolatban is. Az utolsó fokozat (PhD 2007) megszerzése óta összesen 136 tudományos közleménye jelent meg. Független idézői száma: 703, a független WoS-os idézők száma pedig 362.

2. A DISSZERTÁCIÓ TARTALMI RÉSZÉNEK ÁTTEKINTÉSE ÉS A FELMERÜLŐ KÉRDÉSEK

Az 1. fejezet a „Bevezetés” - amelynek terjedelme 5 oldal és három alfejezetet tartamaz.

1.) Bemutatja a kutatás aktualitását. A 2.) Ismerteti a célkitűzéseket. A 3.) Részletezi az alkalmazott általános módszertant.

Jelölt rámutatott arra, hogy a légiközlekedés jelenlegi nehézségeit látva az érintettek - a biztonság, hatékonyság, kiszámíthatóság és kapacitás területén, a stratégiai kutatási menetekben és a fehér könyvekben - új jövőképeket és új célokat fogalmaztak meg. Ezek a megfogalmazott elképzelések viszont, csak radikálisan új, disruptive technológiák bevezetésével valósíthatók meg. Ezzel kapcsolatban, a feladat komplexitása további új és kiforrottabb értékeléseket igényel. (Megjegyzés: A disruptív technológiák általában azok a technológiák, amelyek alapvetően megváltoztatják az adott iparág működését. Ezzel szétzilálják a meglévő piaci viszonyokat is és egy magasabb, hatékonyabb technológiai szinten, ill., formában újjá szervezik azt.)

2. fejezet témája a „disruptive technológia fejlődésének modellezése”, amelynek bemutatása a 6-29. oldalakon történik.

Ez a fejezet két alfejezetből áll: 1.) A jövőbeni légi közlekedés fejlesztését és átfogó modellezését tárgyalja, a 2.) Az igénymodellezést elemzi a kisrepülőgépes szállításra alkalmazva. Ezt követően Jelölt elvégez egy összegzést és ennek eredménye alapján fogalmazza meg a 2.3. alfejezetben az I. Tézisét, a jövőbeni légi közlekedés fejlesztésének átfogó igénymodellezésével kapcsolatban. Az ehhez kapcsolódó publikációit a 29. és a 30. oldalakon mutatja be.

I. Tézisében továbbfejlesztette az általánosan használt előjelző modelleket és ennek újdonságtartalmát három pontban foglalta össze:

(1) A piaci folyamatokat realiztikusan leíró S -görbét alkalmaz. (2) Komplex társadalmi-gazdasági tényezőket vesz figyelembe, pl. utazási hajlandóság, elérhetőség, utazásra fordított keret. (3) A disruptive technológiákhoz köthető bizonytalanság feloldása érdekében, integrált technológiai és iparági stratégiai dokumentumokat, valamint ütemterveket- (roadmap-eket) alkalmaz.

5 lépcsős előre jelzési módszertant dolgozott ki a kisrepülőgépekkel kapcsolatban, amely az alábbiakat foglalja magában:

- 1.) A meghatározó, sajátos, un. vezetői jellemzők (ill., változók) kiválasztása
- 2.) A technológiai, gazdasági és társadalmi hatások előzetes értékelése
- 3.) A független változók előrejelzése
- 4.) A potenciálisan hiányzó vagy hibás adatok harmonizációja
- 5.) Előrejelzés, a piaci penetrációs folyamat esetében

Ez utóbbi, ötödik ponttal kapcsolatban fejlesztette ki az 5.1 eljárást és az 5.2 módszert.

5.1 Az eljárást, egy piaci penetrációs S -görbével egészítette ki annak érdekében, hogy az időben realiztikusabban lehessen modellezni a technológia különböző piaci szegmenseknél bekövetkező adaptációkat és jellegzetességeket, pl., érzékenységet, innovációs nyitottságot stb. (Az S -görbe egy szigmoid függvény, amelynek karakterisztikája alkalmas egy projekt, vagy vállalkozás időbeni fejlődésének leírására. Az S -görbék leírására számos képlet áll rendelkezésre.) Jelölt, a széles körben használt Gömpertz-görbét használja elsősorban annak rugalmassága miatt.

$$V_0 = S \cdot e^{-a \cdot e^{-b \cdot v}}$$

Ahol: V_0 a jármű mennyisége, t idő, S piaci szaturáció, a és b modellparaméterek, v pedig a független változó, amely a t időtől is függ.

5.2 Létrehozott egy speciális Markov modell alapú előrejelzési módszertant, amely a jövőbeni irányított folyamatot olyan Markov láncsal approximálja, amely az iparági stratégiai kutatási agendák, technológiai kitekintések, ill., ütemtervek alapján, egy átmeneti mátrix elemeinek állandó időközönként, (pl., évenként) történő becslésével írja le a jövőbeni repülés fejlesztési folyamatát és kezeli a disruptive fejlesztésekre jellemző adathiányt.

1. Kérdés az I. Tétel értelmezésével kapcsolatos. Az értekezés 9. oldalán az 5. ábra instacionárius sztochasztikus folyamatot szemléltet a $t_0, t_1, \dots, t_j, \dots$ diszkrét időpontokban, az egymástól eltérő (a példaként bemutatott) fogyasztásra vonatkozó sűrűségfüggvények ábrázolásával kapcsolatban. (Ahol pl., az említett vékony kék görbék a különböző I indexhez tartozó légi járműkategóriák esetében az S_I üzemanyag-fogyasztást ábrázolják a t_i időpontban.) Mivel a t idő folyamatos változó, ezt figyelembe véve a (t, S) tartomány felett, a bemutatott mérésekre elvben illeszthető egy $f(t, S)$ kétváltozós függvény is. Ez esetben, egy t idő keresztmetszetre vonatkozó sűrűségfüggvény lényegi tulajdonsága az, hogy ez a teljes tartomány feletti összefüggés alapján lett származtatva. Ebből következik, hogy bármely tetszőlegesen rögzített t perem esetén, a Markov modell nélkül is meghatározható a peremhez tartozó egzakt sűrűségfüggvény. Megkérdezem, hogy ezt figyelembe véve a Markov modell alkalmazása pl., azért előnyös, mert egyszerűbb számítást igényel, mivel a diszkrét időpontok esetében csupán az előző állapotot veszi figyelembe? Illetve, van-e további előny még ezzel kapcsolatban?

Az *S* görbével kapcsolatos eredmények egyértelműen igazolták a piaci penetrációs *S* görbe használatának jogosultságát. Csupán marginális eltérés mutatkozott az előre jelzett és valós adatok között. Jelölt és munkatársai a módszertan számos nemzetközi kutatás-fejlesztési projektben alkalmazták a különböző diszruptív technológiák vonatkozásában, így például, a mágneses levitációs kutatásnál, fejlesztésénél és alkalmazásánál, amelyek demonstrálták a modell gyakorlati alkalmazhatóságát, lásd az alábbiak.

2. Kérdés: A piaci penetráció *S*-görbéjén alapuló előrejelzési módszert a múltban több évtizedes autótulajdonosi rekordok kivetítésével igazolták.

Ezzel kapcsolatban megkérdezem, hogy a légiközlekedés esetében az *S* görbék felfutásának jellege mutatott-e progresszívebb felfutást, vagy valamilyen egyéb jellegzetesebb változást, amely eltért az autópárhuzamban tapasztaltaktól?

A kutatási területen 7 publikációját, 4 további publikációt és 9 gyakorlati alkalmazást, ill., kutatási projektet sorol fel.

A tézishoz kapcsolódó legfontosabb publikációk: [RC18, RC19, RF1, RF2, RC3, RC2, RK8] További publikációk: [RI6, RI20, RF1, RC1] Gyakorlati alkalmazás, kutatási projektek: [RP3, RP5, RP11, RP17, RP18, RP21, RP22, RP23, RP27]

3. Kérdés: A fentiekkel kapcsolatban megkérdezem, hogy a jövőbeni fejlődés modellezésére elegendő-e, az *S*-görbével kombinált Markov-modell alapú módszertan alkalmazása, figyelembe véve az alábbiakat:

Valójában, a jövőbeni fejlődés, előre ismeretlen valószínűségekkel bekövetkező elágazások sorozata. (1.) Véletlen az elágazások bekövetkeztének időpontja és véletlen a lehetséges elágazások száma is. (2.) A vizsgált rendszerek nagyszámú elemből tevődnek össze és ezek lehetséges alkalmazását a műszaki paraméterek mellett, a gazdasági paraméterek is befolyásolják.

A 3. fejezet a 30. oldaltól a 63. oldalig terjed és a „disruptive” és fenntartó fejlesztést és telepítést tárgyalja.

Ez a fejezet 5 alfejezetből áll: 1.) A bomlasztó technológiák és koncepciók azonosítása, kiválasztása és fejlesztésének vizsgálata. 2.) A Gabriel-koncepció, amely az out-of-the-box megközelítés alkalmazása radikálisan új megoldások kifejlesztésével. 3.) Az elektromos és hibrid repülőgépek koncepcióterve. 4.) A Drónok integrálása az intelligens városi közlekedési rendszerben. Végül Jelölt, az 5.) Alfejezet 57-62. oldalakon mutatja be a II., III. és IV. téziseit.

II. Tézisében adaptálta és továbbfejlesztette a technológiai azonosítás, elemzés, kiválasztás módszertanát (TIES), amely támogatja a kimagasló eredményeket létrehozó disruptive, radikális (un. out-of-the-box) technológiák, rendszerek és koncepciók fejlesztését, ezzel elősegítve, a légiközlekedési rendszerhez köthető stratégiai kutatási (un. roadmap) dokumentumokban megfogalmazott ambiciózus célok elérését.

A tézishoz kapcsolódó módszereket és eredményeket az alábbi 3 alponthban részletezte.

1. Részletesen kidolgozta a TIES módszertant.
2. Megtervezte az 5 lépésből álló koncepciókészítési és validálási eljárást.
3. A fentiek kapcsolatban, a módszertant két szakértői workshopon validálta, ahol kiértékelték az adott probléma valamennyi megoldását, továbbá részletesen elemezték

a kidolgozott módszer hatását. Megállapítást nyert, hogy az egyéb, technológiai - azonosítási módszerekhez képest, a Jelölt által javasolt eljárás a hatékonyabb a radikális megoldások azonosításánál.

A tézisével kapcsolatban 8 saját publikációt, 6 gyakorlati alkalmazást és 4 kutatási projektet sorolt fel:

A tézishoz kapcsolódó legfontosabb publikációk: [RI24, RI21, RI6, RC12, RI2, RK5, RI1, RC8] További publikációk: [RI6, RI16, RI17, RI20, RF3, RF4, RK3, RK4, RC12, RC16, RC20] Gyakorlati alkalmazás, kutatási projektek: [RP11, RP12, RP13, RP14, RP15, RP27]

III. Tézisében továbbfejlesztette a disruptive megoldások és a repülőgépek koncepcionális tervezési módszertanát és kiegészítette azt, az energia egyensúlyra és a teljes hatásindexre vonatkozó optimálással és ezt alkalmazta, az elektromos és hibrid –elektromos repülőgépek fejlesztésében.

A tézishoz kapcsolódó módszereket és eredményeket 4 alponban részletezte.

1. Új tervezési feltételt javasolt az elektromos légijárművek tervezési folyamatához, amely a tömegegyensúly mellett, az energia egyensúlyt is bevezeti, hogy valós képet kaphassunk a különböző zöld alternatív meghajtási rendszerek vonatkozásában.
2. Dedikált, új módszereket dolgozott ki a különböző repülési fázisokhoz szükséges energia meghatározására.
3. A javasolt energiaszámítási módszert validálta egy speciális, kutatás-fejlesztési célokra létrehozott elektromos meghajtási rendszer alkalmazásával.
4. Kimutatta, hogy az új koncepcionális tervezési eljárás alkalmazásával, az elektromos és hibrid-elektromos légijármű-rendszerek esetében a hasznos teher közel 250 % -al növelhető.

4. Kérdés: Az utóbbi 4. pontban közölt adat a „hasznos teher közel 250 %-al növelhető” irreálisnak tűnik kérem, hogy ezt az állítását a jelölt részletezze, vagy pontosítsa.

A tézisével kapcsolatban 5 saját publikációt, további 6 publikációt és 4 gyakorlati alkalmazást, ill., kutatási projektet sorol fel.

A tézishoz kapcsolódó legfontosabb publikációk: [RI18, RI12, RI10, RI8, RF6] További publikációk: [RI24, RF6, RC7, RC13, RC15, RC16] Gyakorlati alkalmazás, kutatási projektek: [RP2, RP8, RP11, RP24]

IV. Tézisében kifejlesztett több disruptive módszert és eljárást, a drónok légi és közúti autonóm városi forgalomba történő integrálásának elősegítésével kapcsolatban (pl. konfliktus detektálás és management, drón forgalom szervezési, követési modell).

Ezzel kapcsolatos eredményeit 3 alponban részletezi.

1. Létrehozott egy Markov modellre épülő drón forgalom szervezési és követési modellt (a drónok repülési iránya alapján dinamikusan létrehozott csoportok, vezető és követő drónok kijelölése alapján), a légtér és humán erőforrás gazdálkodás hatékonyságának növelése érdekében:
2. Kialakított egy aktív konfliktus management rendszert a nem autonóm járművek részére, egy központi földi interface segítségével, ami (i) folyamatosan gyűjti a drónok

- vagy egyéb járművek pozíció adatait, (ii) detektálja és megoldja a potenciális konfliktusokat, (iii) visszaküldi a járművek részére az új konfliktus mentes útvonalat.
3. A konfliktus management rendszer, több alkalommal is szerepet a ZalaZone innovációs napokon több drón és közúti jármű közötti kapcsolatok létesítésével.

A tézisével kapcsolatban 7 fontos publikációt, valamint további 7 publikációt és 5 gyakorlati alkalmazás, ill., kutatási projekt sorol fel.

A tézishoz kapcsolódó legfontosabb publikációk: [RI19, RC23, RI14, RI13, RI15, RC21, RI7]
További publikációk: [RC4, RC6, RC8, RC14, RC17, RK10, RK11] Gyakorlati alkalmazás, kutatási projektek: [RP1, RP4, RP9, RP10, RP20]

A 4. fejezet tartalmazza a disruptive módszerrel kapcsolatos keretfejlesztés értékelését és ennek a támogatását szolgáló technológiák bemutatását a disszertáció 63. - 94. oldalain.

Ez a fejezet 4 alfejezetből áll:

- 1.) Foglalkozik a teljes hatáselemzéssel a 63. oldaltól, a 71. oldalig terjedő részben.
- 2.) Az új repülőgép fejlesztések energetikai értékelését tárgyalja a 72- 82 oldalakon.
- 3.) A biztonsági és védelmi filozófiák kidolgozását tartalmazza, személyi repülőgépes szállítási rendszer esetében a 83- 92 oldalakon.

A 4.) alfejezet tartalmazza jelölt V. tézisét, amely a disszertáció 93. és 94. oldalain olvasható.

V. Tézisében új, teljes élettartam alapú hatásvizsgálati indexek alkalmazását javasolja. Ezzel kapcsolatban bevezet egy támogató keretrendszer-szemléletet annak érdekében, hogy a közvetett és közvetlen hatásokat is figyelembe véve lehessen összevetni az alternatív megoldásokat. Célja, ezzel kapcsolatban az, hogy támogató környezetet alkosson a disruptive technológiák bevezetéséhez.

Ezzel kapcsolatos eredményeit 5 alponthban részletezte:

1. Bővített értelmezésű teljes élettartam alapú hatásvizsgálati indexet vezetett be a komplex externáliát is figyelembe véve.
2. A komplex externáliákat is figyelembe véve a javasolt index realisztikusabb képet ad a fenntarthatóság vonatkozásában az egyszerű élettartam alapú elemzésekhez képest.
3. Új biztonságfilozófiát alkotott a kisrepülőgépek vonatkozásában a biztonság növelése érdekében.
4. Létrehozott egy komplex szituáció detektálás – elemzés – döntés – végrehajtás modellt a légiközlekedés vonatkozásában. A kidolgozott modellt repülésszimulátoron tesztelte számos eltérő kompetenciával és tapasztalattal rendelkező kereskedelmi pilóta bevonásával.
5. Kidolgozott és bevezetett egy radikális technológiákhoz köthető komplex védelmi kockázatértékelési eljárást.

Téziséhez kapcsolódva, 9 publikációt, további 21 publikációt és 8 gyakorlati alkalmazás, ill., kutatási projekt sorol fel.

A tézishoz kapcsolódó legfontosabb publikációk: [RI23, RI22, RI21, RI16, RI17, RI9, RI5, RI4, RI3] További publikációk: [RI2, RI10, RI12, RI21, RI23, RI24, RF5, RF6, RF7, RF8, RF9, RC5, RC7, RC8, RC10, RC11, RC22, RC24, RK1, RK2, RK9] Gyakorlati alkalmazás, kutatási projektek: [RP3, RP6, RP7, RP8, RP16, RP24, RP25, RP26]

Jelölt következtetéseit az 5. Fejezet 95. oldalán foglalta össze.

3. A DISSZERTÁCIÓ ÁTFOGÓ ÉRTÉKELÉSE

Tetszetős és a lényegét jól szemléltető informatív ábrák jellemzik a doktori művet. A fontos információkat és a lényegi részeket Jelölt jól kiemelte a munkájában. A disszertáció felépítése jól strukturált. A „Példák – Következtetések – Összegzés” szerkezet jó áttekintést biztosít a tudományos terület háttérének megismeréséhez. Mindez nagyban segíti a Tézisekben kimondott új eredmények értelmezését.

Jelölt munkásságának célja, hogy egy új és fejlett modellezési módszertant támogató filozófiát és gyakorlatot dolgozzon ki a bomlasztó és fenntartható koncepciók, technológiák és rendszerek számára. Ez magában foglalja (1) a zavaró technológiai fejlődés-modellezését, pl. a fejlett keresletmodellezést, (2) a jövőbeli technológia fejlesztést és kiépítést, beleértve a technológia azonosítását és kiválasztását, a radikálisan új technológiai fejlesztési eljárásokat, valamint (3) az értékelést és a támogató keretmeghatározást - a teljes hatáselemzéssel, energetikai értékeléssel, a fejlett biztonsággal és védelemmel kapcsolatban. Jelölt vizsgálataival kapcsolatos hipotézise, hogy az értekezésében kidolgozott fejlett modellezési technikák és támogató gyakorlatok segíthetik a disruptive technológiák, rendszerek és koncepciók fejlesztését. Egyúttal, ezeknek meg kell felelniük a légiközlekedéssel kapcsolatos stratégiai elképzeléseknek, kihívásoknak és követelményeknek is. A kutatási terület fontos, mivel napjainkban a bomlasztó technológiai fejlesztés minden magasszintű stratégiai csoport, ill., politika fókuszában áll.

Megállapítható, hogy a Jelölt által kutatott - disruptive technológiák és rendszerek - területén kidolgozott eljárásai és módszertana, komoly hatást gyakorol a hazai és nemzetközi kutatási tevékenységre. Az ezzel kapcsolatos eredmények, ill. fogalmak kiemelkedő támogatást nyújtanak a további vizsgáltokhoz.

Jelölt átfogó eredménye az a hozzájárulás, amely segíti a bomlasztó technológiák létrehozását, vizsgálatát, tesztelését és megvalósítását - a légiközlekedési ágazat jövőbeli ambiciózus céljainak elérésében, amellyel kapcsolatos új tudományos eredményeit 5 tézisben foglalta össze.

Nyilatkozom arról, hogy az értekezés hiteles adatokat tartalmaz. Nyilatkozom arról, hogy Jelölt valamennyi tézisét elfogadom új tudományos eredménynek. Fentiek alapján, a Jelölt által bemutatott doktori értekezés tudományos eredményeit elegendőnek tartom az MTA doktora cím megszerzéséhez. Egyúttal javaslom az értekezés nyilvános vitára bocsátását és Jelölt számára az „MTA doktora” cím odaítélését.

Budapest, 2025. március 20.



Péter Tamás
MTA doktora