

## Opponensi bírálat

### Duleba Szabolcs János “A közösségi közlekedés fejlesztésére vonatkozó preferenciák új módszertani megközelítése” c. MTA doktori értekezéséről

Készítette: Péter Tamás

2024.október 14.

#### 1. A témaválasztás értékelése, Jelölt kutatásainak nemzetközi háttere

A közlekedési preferenciák felmérésének széleskörű, több évtizedre visszanyúló szakirodalma van. Ezen a területen összekapcsolódik a közösségi közlekedési rendszer egyes kínálati elemeire vonatkozó elégedettség felmérése és a direkt fejlesztési igényekre történő rákérdező felmérés módszertana. Fontos hangsúlyozni, hogy bár az egyes közlekedési szereplők célfüggvényei eltérőek (pl. a közlekedési vállalatéval szemben az utasoké, a költséghatékonysággal szemben a maximális kiszolgálás színvonala, stb.). Ezzel kapcsolatban, Jelölt helyesen mutatott rá arra, hogy a különböző érintett csoportok preferenciáinak egyfajta konszenzusából kell, hogy kialakuljon a közlekedés-fejlesztési stratégia. Ezt szolgálják a közlekedéstudományban jól ismert MAMCA (Multi-Actor Multi-Criteria Analysis) módszerek, amelyet Macharis és Bernardini (2015) fejlesztett ki és publikált. Jelölt ezzel kapcsolatban vizsgálja a preferenciák felmérésének követelményeit és kiemeli ezek fontosságát. Rámutatott arra, hogy ezzel kapcsolatban elsősorban a felmérésekben résztvevő válaszadói kör meghatározása a kiemelt feladat. Értelemszerűen, adott közösségi közlekedési rendszer felhasználói (De Gruyter et al, 2019, Krauss et al, 2022), esetlegesen potenciális felhasználói (Redman et al, 2013, Ho et al, 2020, Kim et al, 2021) kerülnek a mintába. Megjegyzi, hogy ajánlott kiterjeszteni a válaszadói kört (Hiahou et al, 2022) olyan érintett csoportokra (stakeholder-ek) is, amelyek egy rendszer értékelésének, vagy fejlesztésének döntésében is jelentős szerepet játszhatnak. Ennek megfelelően a fenntartói (Keserű et al, 2021, Liang et al, 2021), valamint a működtetői (Floden, 2021, Huang, 2022) preferenciák is fontosak. További megjegyzése, hogy lehetséges, az az eset is, amikor a kiemelt három szereplőnél - utasok, állami fenntartó, közlekedési vállalat - több érdekcsoport is érintett és ezen esetet is vizsgálni kell. Megállapítja, hogy erre az esetre lehet az példa, amikor a helyi és a központi fenntartó megkülönböztetése is fontos (Ciardiello et al, 2021), vagy a környezetvédelmi szempontokat képviselő érdekcsoport is részese a döntésnek (Gonzalez-Feliu et al, 2018), ekkor négy, öt, vagy akár ennél is több kitöltői csoportot kell kezelni. A minta kapcsán, vizsgálni kell a reprezentativitás kérdését is, a kellően nagy minta választást, az elemzés eredményeinek kiterjeszthetőségét az érintett teljes sokaságra. Kiemeli, hogy élesen külön kell választani a statisztikai jellegű módszereket a döntéstámogatási módszerektől. A döntéstámogatási módszerek vizsgálják a logikai konzisztenciát a kitöltésekben, ezáltal kisebb, de jóval konzisztensebb adathalmazzal dolgoznak, valamint figyelembe kell venni a „wisdom of the crowd” jelenséget is ennél a megközelítésnél. A „tömeg bölcsessége” jelenség vizsgálata először Solomon-nál (2006) jelenik meg karakterisztikusan, később ezt számos kutató verifikálta, pl., Lee et al, (2011) vagy Hosseini et al (2015).

A jelenségnek az lényege, hogy amennyiben döntési preferenciákat vizsgálunk, megfelelően nagy, általában 20 főnél nagyobb minta esetén, a preferencia devianciák nincsenek már jelentős hatással a csoport összességének végleges preferenciájára (Frey and van de Rijt, 2021).

Jelölt publikációiban és disszertációjában ezen küszöbszámot meghaladó mintákkal dolgozott, így 40 kitöltőtől, több száz kitöltőig. Rámutatott arra is, hogy szintén fontos a közösségi közlekedési rendszer kínálati elemeinek a jó kiválasztása is, mivel ezek kerülnek be a preferenciális értékelésbe, (Pedroso et al, 2018), az utazási idővel kapcsolatban (Ha et al, 2020), a megállók elérhetőségével kapcsolatban (De Vos et al, 2016), a menetrend betartásával kapcsolatban (Van Lierop, 2018), az utasok számára nyújtott információkkal kapcsolatban (Thompson and Schofield, 2007), a járművön történő utazás kényelmével és zsúfoltsággal kapcsolatban (Dell’Olio et al, 2011). Jelölt megállapítja, hogy sajnálatos módon megfigyelhetők a vezető folyóiratoknál is, hogy egy-egy modellben csupán kisszámú kínálati elem szerepel és túlnyomó részt mellérendelt módon. Ez azért sajnálatos, mert hierarchikus struktúrát 2012-ig nem alkottak belőlük.

Jelölt helyesen emeli ki, hogy a hierarchia általi, halmaz-részhalmaz szerkezet, sokkal áttekinthetőbbé teszi a kínálati elemeket és könnyebbé teszi az összehasonlíthatóságukat is, azaz a preferenciák kinyilvánítását. Ezzel kapcsolatban, Jelölt Japánban töltött kutatómunkája során japán kutatótársával, létrehoztak egy olyan hierarchikus modellt, amely három szinten integrálja a közösségi busz közlekedés kínálati elemeit, (Duleba et al, 2012).

## **2. A kutatás módszertana**

Az értekezésben alkalmazott módszerek és eljárások, tetszőleges hierarchia-szinten lévő preferenciákra és új, hatékonyabb felmérésekre vonatkoznak. Jelölt, egy Parsimonious AHP-modellt tárgyal a közlekedés-fejlesztési preferenciákkal kapcsolatban. Vizsgálatai során, rámutat az AHP alkalmazás hátrányára is. Bemutat egy lehetséges megoldást az összehasonlítások redukciójára is, a PAHP-t. A közlekedési felmérésekkel kapcsolatban, kitér a többszintű Parsimonious AHP modell bemutatására is. Részletezi a belső konzisztencia-méréssel kapcsolatos immanens vizsgálatot a közösségi közlekedési igény felméréseivel kapcsolatban, a többszintű PAHP módszert alkalmazva. Tárgyalja a közlekedési preferenciák aggregálásának új útját – az átlagszámítás helyett történő optimum keresést. Áttekinti az eddig alkalmazott preferencia aggregálási eljárásokat is. Ezt követően javasolja az új, távolság-alapú eljárásokat és ezek szimulációs tesztelését. Ismerteti a valós közlekedési felmérési adatokra vonatkozó teszteléseket is. Bemutatja, a közlekedésben érintett csoportok (stakeholderek) vélemény-szintézisének új megközelítését, az optimalizáció által.

Elemzi a mainstream módszereket a közlekedés-fejlesztési vélemény-szintézis kialakítására. Ezt követően tárgyalja az általa javasolt új megközelítéseket. Ezzel kapcsolatban, bemutatja az általa alkalmazott új eljárás tesztelését is egy valós közlekedés-fejlesztési problémával kapcsolatban.

Kitér a konszenzus keresés jelentőségére is a közlekedési fejlesztések és felmérések bizonytalanságával kapcsolatban és hangsúlyozza ennek figyelembevételének fontosságát.

Ezzel kapcsolatban, javasol egy új fuzzy aggregálási eljárást is. Az átfogóbb elemzésekkel kapcsolatban, bemutatja a területen eddigi alkalmazott Fuzzy modelleket amelyet, a “Javasolt konszenzus-meghatározás fuzzy környezetben” fejezetben részletezett. Az általa javasolt konszenzusos eljárás tesztelését, fuzzy környezetben, egy valós közlekedési preferenciafelmérés eredményei alapján hajtotta végre. A doktori mű záró része az új tudományos eredmények összefoglalását és a tudományos eredmények gyakorlati hasznosíthatóságát tartalmazza.

Ebben a részben, Jelölt bemutatja a fontosabb publikációinak jegyzékét és a tézispontokhoz kapcsolódó saját publikációinak jegyzékét.

Fontos szakmai motivációja volt, hogy a közösségi közlekedési fejlesztések preferenciájára használt nemzetközi modellek - meggyőződése szerint - bizonyos pontokon javítandóak és hatékonyabb módszertan dolgozható ki a probléma megoldására.

Ezzel kapcsolatban megállapította, hogy a felmérési folyamatok hatékonyságát is javítani kell. E-mellett, az egyéni preferenciák összegzését és az egyes döntéshozói csoportok preferenciáinak súlyozását kívánta pontosabban figyelembe venni és ez utóbbit fuzzy környezetben is.

### **3. A disszertáció értékelése, szerkezeti és tartalmi megállapítások**

Jelölt a disszertációjában, részletesen bemutatja az Analytic Hierarchy Process (AHP) technikával kapcsolatban végzett kutatásait, amellyel 2005-ben kezdett el foglalkozni. A doktori műben részletesen alátámasztotta a többkritériumú (szempontú) döntéstámogatási módszerekkel kapcsolatban a téma jelentőségét. Módszertanának kifejlesztésével kapcsolatban, kiemeli, hogy kutatásaira fontos hatás gyakoroltak Bokor Zoltán, Prof. Rapcsák Tamás és Prof. Tsutomou Mishina professzor a Japán Akita Egyetemen és a Debreceni Egyetemen Prof. Ihrig Károly doktori iskolája. Ennek eredményességét támaszja alá a 2020-ban az általa elnyert MTA Bolyai ösztöndíj. Ennek központi témája a doktori művel kapcsolatos kutatásai, a többszempontú csoportos döntéstámogatási módszerek használata a közlekedés-fejlesztés stratégiai döntéseinek hatékonyabb segítése céljából. Ugyanilyen fontossággal bírnak a 2020, 2021 és 2022 években, az általa elnyert három Új Nemzeti Kiválóság Program témái is, amelyek fuzzy megközelítéseket, csoportos preferencia-vektorokra vonatkozó új aggregálási módszert és ezekkel kapcsolatos szimulációs módszert ölelnek fel. A kutatási téma, az integrált áruszállítási rendszerek, illetve a logisztikai kontrolling az egyetemi képzésben hasznosítható. Jelölt, kutatásának háttérére vonatkozó fontos megjegyzése, hogy MTA doktori értekezésének legfontosabb háttérét a BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Karának kutatói közössége adta. Értekezésben az elmúlt 16 év kutatási eredményeit összegezte.

Jelölt új eredményeit a 2.-es, a 3.-as, a 4-es és az 5-ös fejezetben mutatja be. A 6. fejezetben összefoglalja az új tudományos eredményeit.

A bevezetőt követően, a 2. fejezet egy új, több-szempontú preferencia felmérésre vonatkozó modellt mutat be, amellyel hatékonyabban és kisebb költséggel lehet felmérni az utasok közlekedés-fejlesztésre vonatkozó preferenciáit.

A 3. fejezetben, egy szintén új eredménynek tekinthető preferencia-aggregálási eljárást mutat be, amely az extrém véleményekre kevésbé érzékenyen konstruál csoport-véleményt. Ezáltal, közösségi, utas-lakosság konszenzust képes előállítani a közlekedés fejlesztési igényekre vonatkozó matematikai optimalizálási eszközökkel.

A 4. fejezetben, különböző kitöltő-csoportok objektív vélemény-szintézisét mutatja be. Ebben a fejezetben új módszert alkalmaz, amely eltér az eddigi tudományos megoldásoktól, mivel a csoportok súlyát, preferencia-vektorok távolság-minimalizálásával oldja meg és ezáltal, hatékonyabban szintetizálhatja a közlekedési érdek-csoportok (utasok, fenntartó, közlekedési vállalat) fejlesztésre vonatkozó igényeit.

Az 5. fejezetben, a csoportos vélemény-szintézisnél figyelembe veszi a válaszadók esetleges bizonytalanságát is, amely átvezet a fuzzy módszerek területére. Ezzel kapcsolatban, a közlekedés-fejlesztés érintettjeinek valós igényét, a felmérési folyamat bizonytalanságának csökkentésével veszi figyelembe és ebben az esetben is törekszik a vélemény-szintézisre a csoportok között.

A 6. fejezetben összefoglalja az új tudományos eredményeit és kitér a kutatási eredmények várható hasznosítására is.

#### 4. Tézisek értékelése

1. Tézis. Kidolgozott egy olyan, nemzetközileg is új, **többszintű döntési hierarchiára is alkalmazható eljárást**, amely az eredeti AHP módszernél jóval kevesebb, páros összehasonlítást igénylő (azaz, kisebb költséggel és kitöltési igénnyel járó) technika, amely kis és nagy kitöltői mintán egyaránt hatékonyan alkalmazható közösségi **közlekedés-fejlesztési preferenciák felmérésére**.

A tézis eredményeihez 6 publikáció kapcsolódódik: Duleba et al (2012) Transport; Duleba et al (2013); Duleba és Moslem (2021), Applied Sciences; Duleba (2022) Journal of the Operational Research Society; Hamadneh et al, (2022), Transport Policy; Duleba és Moslem (2018) Sustainability

Állítását két valós, közösségi közlekedési rendszer fejlesztésének döntéstámogatására használt felméréssel igazolta.

*Az "1. Tézis" disszertáció 42. oldalán adott megfogalmazását elfogadom új tudományos eredménynek.*

2. Tézis. **Kidolgozott két új eljárást**, amelyeket EDBAM és ADBAM módszereknek nevezett el és amelyek a nemzetközi szakirodalomban jelenleg alkalmazott AIP WAMM és AIP WGMM aggregálási technikáknál, valamint a nemrégiben felmerült CPVP technikánál is hatékonyabbak. A két új eljárás egyéni közlekedési preferenciákból olyan csoportpreferenciát alkot, amely **jobban korrelál az összes egyéni preferenciához**. Az eljárás az Euklideszi távolság-minimalizálásán alapul.

A tézis eredményeihez 6 publikáció kapcsolódódik: Duleba és Szádóczki (2022), Expert Systems with Applications; Szádóczki és Duleba (2022) Journal of Decision Systems; Duleba et al (2021) IEEE Access; Duleba és Moslem (2019), Expert Systems with Applications; Duleba et al (2021) European Transport Research Review; Duleba et al (2022) Transportation Research Interdisciplinary Perspectives

Állítását kétféle szimulációval és valós közösségi közlekedési felmérésből származó adatokkal is bizonyította. Következésképpen az új aggregációval a csoportpreferencia jobban tükrözi az egyes kitöltők preferenciáját, mint bármely más, a jelenlegi nemzetközi kutatásokban használt AHP technika.

*A "2. Tézis" disszertáció 59. oldalán adott megfogalmazását elfogadom új tudományos eredménynek.*

3. Tézis. Kidolgozott egy olyan, nemzetközileg is új **konszenzus-alkotó eljárást közösségi közlekedési** döntésekre, amely szemben a szubjektív, vagy a tárgyalásokon alapuló konszenzus teremtéssel, objektív módon állapítja meg a csoportos AHP modellben az egyes kitöltői csoportok súlyát, mégpedig olyan súlyok hozzárendelésével, amelyek a legkisebb vektor-távolságot biztosítják. Ehhez konvex optimalizálási feladatot kellett megoldani.

A tézis eredményeihez kapcsolódó publikációk száma: 7. Duleba és Blahota, (2022), Journal of the Operational Research Society; Ghorbanzadeh et al, (2018), Sustainability; Moslem és Duleba, (2018) Pollack Periodica; Celikbilek et al, (2022) Evolving Systems, Duleba és Moslem (2019) Expert Systems with Applications; Duleba et al, (2021) European Transport Research Review; Duleba et al, (2022) Transportation Research Interdisciplinary Perspectives.

Állítása bizonyítására teoretikus számpéldát, valamint valós közlekedési preferencia felmérési adatokat használt, az eredményeket pedig az AIP WAMM, AIP WGMM, 0-szintű AHP és az IAHP ismert benchmark módszerek eredményeihez hasonlította. Az újonnan javasolt eljárás hatékonyabbnak bizonyult a benchmarkhoz képest abban a legfontosabb tekintetben, hogy a közlekedési preferencia-elemeket nagyobb korrelációval rendezte fontossági sorrendbe, ezáltal elfogadottabb közösségi közlekedés-fejlesztési döntést tesz lehetővé, vagyis a közlekedés-tervezés hatékonyabb erőforrás-allokációt valósíthat meg ezáltal.

*A "3. Tézis" disszertáció 75. oldalán adott megfogalmazását elfogadom új tudományos eredménynek.*

4. Tézis. Megállapította, hogy a vektor-távolságok minimalizációjának elve a konszenzus-teremtésre **működik fuzzy környezetben** is, amely nagyon lényeges a közlekedési felméréseknél az esetleges bizonytalan kitöltői válaszok kezelése miatt.

A tézis eredményeihez kapcsolódó publikációk száma:7.

Duleba et al (2022), Annals of Operations Research; Duleba et al (2021), Informatica; Gudogdu et al (2021), Applied Soft Computing; Moslem és Duleba (2019), Urban Science; Duleba és Moslem (2019) Expert Systems with Applications; Duleba et al (2021) European Transport Research Review; Duleba et al (2022) Transportation Research Interdisciplinary Perspectives.

A valós közösségi közlekedési felmérés eredményeiből kiderült az is, hogy a fuzzy környezetben alkalmazott számtani átlagon alapuló aggregátoros eljárás, valamint a mértani aggregátort használó entropikus konszenzusos eljárás is versenyképes, az általa javasolt vektor-távolság minimalizálásával. Ez alapján, egy olyan új, fuzzy környezetben is alkalmazható konszenzus-teremtést javasol, amely a közlekedési stakeholder csoportok számára, ideális objektív súlyokat tud meghatározni egy közlekedésfejlesztési döntésben.

*A "4. Tézis" disszertáció 92. oldalán adott megfogalmazását elfogadom új tudományos eredménynek.*

## **5. A Jelölt új tudományos eredményeinek értékelése**

Jelölt fontos megállapítása volt, hogy a közösségi közlekedési fejlesztések preferenciájára használt eddigi nemzetközi modellek bizonyos pontokon javítandóak, azaz hatékonyabb módszertan is kidolgozható ebben a vonatkozásban a problémára. Egyrészt, a felmérési folyamat hatékonyságát látta javíthatónak, másrészt az egyéni preferenciák összegzését, továbbá az egyes döntéshozói csoportok preferenciáinak súlyozását -ez utóbbit fuzzy környezetben is.

A különböző kitöltő-csoportok objektív vélemény-szintézisét mutatta be a 4. fejezetben, amely eltér az eddigi tudományos megoldásoktól, ugyanis a csoportok súlyát preferencia-vektorok távolság-minimalizálásával oldja meg, ezáltal hatékonyabban szintetizálhatja a közlekedési érdek-csoportok (utasok, fenntartó, közlekedési vállalat) fejlesztésre vonatkozó igényeit.

Jelölt részletesen bemutatta egyes tudományos eredményeit és ezek gyakorlati hasznosíthatóságát is.

Kiemelendő, hogy minden eredményének inspirációja, egy-egy felmerülő gyakorlati kérdéshez kapcsolódik, így a gyakorlati hasznosíthatóság viszonylag könnyen alátámasztható az egyes esetekben. A közösségi közlekedési igények és preferenciák felmérésénél valóban fontos cél, hogy maga a felmérés is minél kisebb költséggel és időráfordítással történjen és eközben, az eredmények megbízhatósága is biztosítva legyen.

Az **első tézissel** kapcsolatban, egy általa javasolt eljárást mutatott be, amely a közösségi közlekedés-fejlesztésre direkt módon, egyéb közlekedéssel, vagy logisztikával foglalkozó döntés esetében közvetett módon is felhasználható.

A **második tézise**, gyakorlatban előforduló problémával kapcsolatos, amely egy csoport tagjainak konszenzuális preferenciájának megtalálása. Vállalatoknál, erre szolgálnak a meeting-ek, a közlekedés tervezésnél pedig bármely utas-felmérésnél felmerül ennek az igénye. A Sustainable Urban Mobility Plan (SUMP)-ok európai uniós projektek esetében történő közösségi igény-felmérése is ide tartozik, amelynek hatékonyságához jelentősen hozzájárulhat ez az eredmény. Az egyes közlekedési stakeholder csoportok konszenzusa fontos és praktikus igény abból a szempontból, hogy a döntésben lehetőleg figyelembe vegyék az egyes csoportok érdekeit. Az általa kínált objektív megoldás pedig kiváltja a hosszadalmas és költséges tárgyalásos/alkudozásos döntéshozatali eljárást, amelyek eddig a közlekedési projekteket több esetben is végigkísérték.

A **harmadik tézis** alkalmazásával, - a konszenzusos közös preferenciára törekvéssel- hosszabb távon fenntartható közlekedési fejlesztések valósulhatnak meg az által, hogy minden érintett csoport preferenciáit szélesebb körben figyelembe lehet venni a javasolt módszer alkalmazásával.

**Negyedik tézisének** a közlekedési felmérésekben résztvevő válaszadók esetleges bizonytalanságát, illetve a részleges információhiányát is figyelembe lehet venni a végső

eredményénél. Az optimalizációs eljárás, így módon járul hozzá egy pontosabb és megbízhatóbb közlekedés-fejlesztési döntés meghozatalához.

Végül kiemelem, hogy a Jelölt a vizsgálati eredményeit, megvalósult közlekedési projektekként is alá tudta támasztani. Ezzel kapcsolatos tudományos eredményeinek gyakorlati hasznosítását a CE 25 Movecit projekttel (Interreg Central Europe Program) bizonyította.

Jelölt a vizsgálatot a budapesti ingázók, közlekedési forma választásával kapcsolatban végezte el. Ezt alkalmazta az 1. Tézis redukciós tulajdonságával kapcsolatban, a 2. Tézis új aggregálási megoldásával kapcsolatban és végül, a 3. és a 4. téziseknél a konszenzus-teremtés alkalmazásánál.

## 6. Kérdések

- 1.) Jelölt, a kutatásai során bemutatott korrelációanalízist és alkalmazott Fuzzy módszert is. Ezen a területen végzett-e matematikai, valószínűségelméleti vizsgálatokat is? Pl., a különböző csoportos döntésekkel kapcsolatban, vagy a közlekedés fejlesztési preferenciák felmérése esetében, a legnagyobb valószínűséggel bekövetkező várható döntések előrejelzésénél?
- 2.) Új eljárásokat dolgozott ki. Ezek hatékony további alkalmazása nyilvánvalóan programfejlesztéseket is eredményez. Milyen új programok fejlesztése történt ezen a területen?

## Összefoglaló

Jelölt jól választotta meg a matematikai-statisztikai eszközöket és vizsgálati módszereket és ezeket megfelelően alkalmazta. A levont következtetései korrektek.

A tézisekben megfogalmazott tudományos eredmények megalapozottak. Az új eredmények elérésében a Jelöltnek meghatározó szerepe volt. Az eredmények megfelelő módon publikálásra kerültek. Ezeket elfogadom, új tudományos eredményekként.

Jelölt a PhD fokozat megszerzése óta jelentős tudományos eredményekkel és gyakorlati alkalmazásokkal gyarapította a közlekedéstudomány területét.

Megállapítom, hogy Duleba Szabolcs János értekezése mind formai, mind tartalmi vonatkozásban kielégíti az MTA doktori szabályzatában előírt követelményeket.

Mindezek alapján javaslom a nyilvános vita kitűzését és Duleba Szabolcs János részére az MTA doktora cím odaítélését.

Budapest, 2024. október 14.



Péter Tamás

MTA doktora