

VÉLEMÉNY

Dr. Duleba Szabolcs: „A közösségi közlekedés fejlesztésére vonatkozó preferenciák új módszertani megközelítése”

című MTA doktori értekezéséről

1. ÁLTALÁNOS MEGJEGYZÉSEK

A 114 számozott oldal terjedelmű disszertáció a szokásos formális elemek (Tartalom-, Ábra- és Táblázatok jegyzéke, valamint a használt rövidítések) megadása után az 1. fejezetben (Bevezetés) a szerző részletesen bemutatja az értekezés tartalmi felépítését, az előzményeket és motivációs tényezőket, amelyek befolyással bírtak a kutatómunkájára. Ugyancsak az 1. fejezetben kerül sor dolgozatban használt alapvető kutatási módszerek bemutatására. A dolgozat érdemi, új tudományos eredményeit a 2.-5. fejezetek tartalmazzák, melyeket a disszertáció új tudományos eredményeinek összefoglalása követ (6. fejezet). Ez után sor kerül a hivatkozott irodalom (102 publikáció) és külön, a disszertációban felhasznált és a téziseket alátámasztó saját tudományos közlemények (20 közlemény) megadására. Végül a disszertáció végén az alkalmazott számítási algoritmusok tömör leírására kerül sor. Az értekezés szép kivitelű, jól strukturált, az ábrák és diagramok jól és szépen megrajzoltak, jelentős segítséget nyújtanak a sokirányú összetevőből álló anyag követéséhez. Egy kritikai megjegyzés: a formulákhoz szorosan kapcsolódó számozás zavaróan hat a disszertáció olvasásakor. Az értekezés formai szempontból megfelel az általános követelményeknek.

Jelölt doktori értekezése a közösségi közlekedés fejlesztésével összefüggő többkritériumú döntési feladatokkal foglalkozik. Ez a kutatási terület aktuális és mind elméleti, módszertani, mind pedig gyakorlati modellezési szempontból jelentős feladatokkal foglalkozik. A dolgozatban vizsgált kutatási feladatok jellegüknél fogva csak csoportmunkával oldhatók meg, ezért a publikációk ezen a területen jellemzően többszerzősek. Azt is fontos megemlíteni, hogy társszerzői között több védett doktorandusza is szerepel. A disszertáció témakörében felsorolt és az egyes téziscsoportokhoz kapcsolódó 20 saját folyóiratcikk közül Jelölt 12-ben elsőhelyes, egyben pedig egyedüli szerző. Megállapítható, hogy a disszertáció eredményeinek elérésében Jelöltnek érdemi szerepe volt. Az általános megjegyzések között említésre méltó kiemelni még azt, hogy a Jelölt tudományos eredményeit a nemzetközi szakmai közösség ismeri és elismeri, amit a több mint 1300 független hivatkozási szám is igazol.

2. A TÉMAVÁLASZTÁS, AZ ÉRTEKEZÉS ÉRTÉKELÉSE

Témaválasztás

Általánosan elmondható, hogy a közösségi közlekedési fejlesztések jelentősége igen nagy annak gazdasági, társadalmi, szociális, környezetvédelmi, stb. kihatásai miatt. A fejlesztési döntések meghozatalában számos szempontot (kritériumot) kell figyelembe venni, melyek alapján értékelní kell a lehetséges megoldásokat (alternatívákat) és kiválasztani alternatívákból a leginkább megfelelőt. A szempontrendszer nagyszámú összetevőt tartalmazhat, melyeket az érintettek a páros összehasonlítási mátrix formájában pontoznak és e mátrix alapján lehet különböző módszerekkel értékelní az egyes alternatívák megfelelőségét az érintettek, vagy egyes csoportjaik számára, valamint a kapott eredmények objektív alapot adhatnak a döntéshozók számára a preferált alternatíva kiválasztásánál. Az irodalomban

számos általános eljárás ismert (ezekhez hazai matematikai kutatások is hozzájárultak), azonban a szakterület specifikus tulajdonságai kihívást jelentenek különösen a modellezésnél és a vizsgálati módszerek alkalmazásánál, illetve továbbfejlesztésénél is.

Az értekezés értékelése

Az 1. fejezetben kerül sor dolgozatban használt lényeges kutatási módszerek, az alkalmazott többkritériumú döntési eljárások bemutatására. A közösségi buszközlekedési rendszer vizsgálatával kapcsolatban a dolgozatban alapvető szerepet játszik az új, a szerző által kidolgozott 3 szintű hierarchikus struktúrában megadott kritériumrendszer (ld. 1. ábra). Ez lehetőséget biztosít a specifikus feladatok megfogalmazására, adattakarékos és könnyebben kitölthető összehasonlítási mátrixok megadására, valamint új, az adott feladatkörre vonatkozó kutatási módszerek továbbfejlesztésére.

A 2. fejezetben a szerző az AHP módszer továbbfejlesztési lehetőségeivel foglalkozik. A buszközlekedésre vonatkozó multikritériumos döntések esetén a klasszikus AHP módszer alkalmazásakor a kritériumok nagy száma miatt a páros összehasonlítások száma igen nagy lehet. Ez nem csak nagy számításigényhez vezethet, hanem jelentősen megnehezítheti az érintettek számára a felmérésben szereplő nagyszámú összehasonlítás mátrix konzisztens kitöltését. Például, az 1. táblázatba foglalt kritériumok esetén az összehasonlítások száma 27, ennek kitöltése az érintett utasok java részére reménytelennek tűnik. Ha ehhez még hozzávonnánk az utazási díj fizetéséhez kapcsolódó 3 kritériumot (ld. 5. fejezet, 10. ábra), akkor egy kitöltő esetén 30 lenne az összehasonlítások száma.

Jelen fejezetben Jelölt az AHP módszer alkalmazásával kapcsolatos kritikai észrevételek után megoldási javaslatot tesz az összehasonlítási számok csökkentését szolgáló új, PAHP-nek nevezett (Persimonia) AHP eljárásra. Megjegyzendő, hogy a buszközlekedés fejlesztésével kapcsolatban kidolgozott többkritériumú PAHP döntési eljárás alkalmazást nyerhet más hasonló döntési feladatok esetén is, ha a kritériumrendszer hierarchikus struktúrájú.

A módszernek és tulajdonságainak a 2.3-2.4 pontokban történő részletes ismertetése után a szerző két konkrét, a törökországi Mersin városi közlekedésfejlesztés helyi preferenciáira vonatkozó felmérés (2018 és kétszer 2019) adatait vizsgálta. A felméréseket Jelölt irányításával a doktorandusza végezte. A 2019-es AHP-vel történő kiértékelés tapasztalatait felhasználva a 2019-es 500+500 fős felmérés adatain került sor az AHP és a PAHP eljárásokkal nyert eredmények összehasonlító elemzésére, az új eljárás hatékonyságának a tesztelésére. Megjegyzendő, hogy a kisebb számítási igény és a tőle nem független takarékosabb felmérés mellett a harmadik probléma, amely felvetődik az, hogy a nagyszámú kérdés nagyobb bizonytalanságot eredményezhet a kritériumok összehasonlításánál. Az adatokban rejlő bizonytalanság kezelésének problémájával a szerző külön, az 5. fejezetben foglalkozik.

Összevetve az AHP és a szerző által javasolt PAHP módszerrel nyert eredményeket, levonható következményként adódik, hogy a PAHP módszer kevesebb idő és költségfordítás mellett megbízhatóbb eredményekhez vezet.

A 3. fejezetben az egyéni preferenciák aggregálásával foglalkozik a szerző, vagyis azzal, hogy az egyénileg kitöltött páros összehasonlítás mátrixokból hogyan történjen a közös globális preferenciák származtatása. Ismerteti és elemzi a két általánosan használt átlagképzés alapú AIJ (Aggregation of Individual Judgements) és AIP (Aggregation of Individual Preferences) eljárást. Rámutat arra, hogy az átlagképzési eljárásokban, amelyek az 1.6, 3.1, illetve 3.2 formulákat használják fel, az egyéni preferenciákban megjelenhető extrém értékek jelentős hatást gyakorolhatnak a csoport preferenciákra. Ennek kiküszöbölésére Jelölt egy új optimalizációs eljárást javasol, amelyben a feladat egy olyan $p=(p_1, \dots, p_n)$ vektor

meghatározása az egyéni preferenciák vektorainak terében, amelynek egy adott metrikában az egyéni vektoroktól vett távolsága minimális. A különböző alkalmazott metrikák másképpen aggregálják az egyes preferenciákat – különösen az extrém kicsi és nagy értékeket, s ez a megközelítés a szokásos euklideszi, valamint az összetett adatok statisztikai elemzése is használt Aitchison-metrika alkalmazásával vezetett értékes algoritmushoz az általa vizsgált metrikák közül. Jelölt által javasolt aggregálási eljárások jóságát több szempontú átfogó számítógépes szimuláció és valós közlekedési felmérés adatain végzett tesztelés támasztotta alá.

A 4. fejezetben Jelölt a közlekedésben felmerülő fejlesztések többkritériumú döntési problémáira, az érintett csoportok véleményezésére fókuszál, figyelembe véve a problémakör sajátosságait. Röviden ismerteti a közlekedési fejlesztési véleményezésre vonatkozó általános megközelítéseket, majd támaszkodva a 3. fejezetben tárgyalt eredményekre, annak továbbgondolásaként javaslatot tesz egy új konszenzuskereső eljárásra. A feladat formalizálása után konkrét számpéldán keresztül mutatja be a módszer alkalmazását. Az eljárást a fejezet végén, esettanulmányként, egy konkrét közösségi közlekedési területen végzett saját felmérési adatok alapján tesztelte. A kérdőív az AHP eljárás alapján került meghatározásra és kiértékelve (ld. 30.-74. táblázat). Az eredmények alátámasztják a tézisben megfogalmazott állításokat.

Az 5. fejezetben a pályázó a közlekedésfejlesztéshez kapcsolódó felmérések bizonytalansági kérdéseinek fuzzy alapú modellezésével és új, fuzzy alapú aggregálási és konszenzuskereső eljárások kidolgozásával foglalkozik. A felmérések során az érintettek által a nyelvi kérdésekre adott válaszok között általában nincsenek könnyen definiálható éles határok, ez indokolja azt, hogy az AHP eljárásban a választási lehetőségekhez hozzárendelt Saaty-féle 1,2,...9 skálaértékek helyett az elmosódást tükröző fuzzy számok használatára kerüljön sor. Ennek egy alkalmas leírási háttérrel biztosítható a fuzzy matematikai formalizmus. Jelölt által vizsgált fuzzy alapú modellben trianguláris fuzzy számok (ld. (5.1) formula) alkalmazására kerül sor. A közösségi preferenciák meghatározásához és a (Fuzzy) AHP módszer alkalmazásához adott esetben szükség van páros összehasonlítási mátrixok definiálására, melyre a fuzzy műveletek formalizálása után kerül sor. Ezután bevezeti az intuitív fuzzy számokat (IFN) és vele kapcsolatos műveleteket, definiálja az intuitív fuzzy számok aggregálási módszereit ((5.15) és (5.16)), valamint a defuzzifikálást végrehajtó (5.17) formulát. A formális matematikai háttér bevezetése után részletezi a javasolt intuitív fuzzy alapokon nyugvó FAHP konszenzuskereső eljárást. A kitöltői intuitív fuzzy értékekből kiindulva meghatározza Jelölt a lokális (fuzzy) kritériumsúlyokat, majd a defuzzifikált értékekből származtatja az egyes stakeholder csoportokon belüli kritériumsúlyokat (ld. (5.28)). Az egyes kritériumokra vonatkozó végső konszenzuális súlyok megadása a Shannon-entrópia módszerrel történik. A fejezet végén a javasolt konszenzuskereső eljárásra vonatkozó téziseit egy saját 500 fős, az Amman város közlekedésfejlesztési projektjéhez kapcsolódó felmérés részletes elemzésén keresztül igazolja.

3. KÉRDÉSEK JELÖLTHÖZ

1. A konkrét törökországi felmérések és részletes kutatási eredmények tapasztalatai alapján, véleménye szerint nagyjából hol húzható meg egy alsó határ a kitöltött kérdőívek számában - a közösségi közlekedés fejlesztésével összefüggő kritériumok sajátosságainak figyelembevételével -, hogy a disszertációban elvégzett többkritériumú döntési feladatokkal kapcsolatban megbízható eredmények szülessenek? Más oldalról közelítve, az eredmények a mintaszám függvényében milyen mértékben változhatnak?

2. Az általánosan használt és objektív alapú döntést szolgáló Shannon-entrópia módszer alkalmazásánál (ld. 5. fejezet) valójában nehéz értelmezni, vagy megmagyarázni a kapott

entrópia értékeket. Ökológiában több skálázott entrópiafogalmat használnak a Shannon-entrópia mellett, pl α -rendű Rényi-, Tsallis- és Hill-entrópia. Véleménye szerint vezethetne-e ezek használata a gyakorlatban érdekes eredményekhez a többkritériumú döntési eljárásoknál?

4. ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELÉS

Az értekezés egységes rendszerben, megfelelő formában mutatja be Jelöltnek azokat a modellalkotási, módszertani és szimulációs eljárásait és tudományos eredményeit, amelyek a közösségi közlekedés fejlesztésének igen sokrétű problémáira vonatkoznak és amelyek a közlekedésgazdaságtan dinamikusan fejlődő területét képezik. Ezek a kutatások annak gazdasági és társadalmi vonatkozásai miatt különösen fontosak.

Az értekezés a közösségi közlekedési fejlesztések modellezésében és a döntéseket megalapozó többszemponútú módszerek alkalmazásában új hatékony módszereket mutat be, az eredményeket alátámasztó empirikus és szimulációs vizsgálatok eredményei elméleti és gyakorlati szempontból is egyaránt fontosak az alkalmazott módszertannal együtt.

Elmondható, hogy a Jelölt a matematikai eszközöket, vizsgálati módszereket jól választotta meg és megfelelően alkalmazta, ezért a levont következtetések korrektek. A tézisekben megfogalmazott tudományos eredmények megalapozottak, elérésükben a Jelöltnek meghatározó szerepe volt, továbbá megfelelő módon publikálásra kerültek. A tézisekbe foglalt eredményeket, melyeket a nemzetközi szakmai közösség ismer és elismer, elfogadom új tudományos eredményekként.

Összefoglalóan megállapítom, hogy Duleba Szabolcs értekezése mind formai, mind tartalmi vonatkozásban kielégíti az MTA doktori szabályzatában előírt követelményeket. Jelölt a PhD fokozat megszerzése óta jelentős tudományos eredményekkel és gyakorlati alkalmazásokkal gyarapította a közlekedésgazdaság tudományterületét. A fentiek alapján javaslom a nyilvános vita kitűzését és Duleba Szabolcs részére az MTA doktora cím odaítélését.

Budapest, 2024. október 27.



Dr.Szeidl László
a mat. tud. (MTA) doktora