

- MTA Doktori Értekezés –

- Tézisfüzet –

**A közösségi közlekedés fejlesztésére vonatkozó preferenciák új
módszertani megközelítése**

**A new methodological approach toward the public transportation
development preferences**

Írta: Duleba Szabolcs János (Ph.D.)

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

aki a Magyar Tudományos Akadémia doktora címre pályázik

a

Magyar Tudományos Akadémia

Műszaki Tudományok Osztálya (VI.)

Közlekedéstudományi és Járműtudományi Bizottságában.

Budapest

2023

Tartalom

1.	Bevezetés-Helyzetértékelés, célkitűzés.....	3
1.1.	A kutatási terület meghatározása, motiváció	3
1.2.	A probléma megfogalmazása, célkitűzések	4
2.	A kutatás módszertana.....	7
2.1.	Az alkalmazott tudományos módszertan.....	7
2.2.	A kutatás támogatottsága	7
3.	Összefoglalás	9
3.1.	Új tudományos eredmények	9
3.2.	A tudományos eredmények hasznosíthatósága	11
4.	Irodalom – a tézisek témájában megjelent közlemények.....	12
4.1.	Fontosabb publikációk jegyzéke.....	12
4.2.	Tézispontokhoz kapcsolódó saját publikációk jegyzéke.....	21

1. Bevezetés-Helyzetértékelés, célkitűzés

1.1. A kutatási terület meghatározása, motiváció

Jelen értekezés módszertanával, a többszemponú döntéstámogató módszerekkel, és e körön belül is az Analytic Hierarchy Process (AHP) technikával 2005-ben kezdtem el foglalkozni kollégám és barátom, néhai dr. Bokor Zoltán javaslatára. Ph.D. értekezésemben egy átalakított AHP-modellt fejlesztettem ki logisztikai trendek előrejelzésére, ezt sikeresen, „summa cum laude” minősítéssel védtem meg 2008-ban. A védésen az elnöki teendőket a téma talán legnagyobb hazai módszertani szakértője, Prof. Dr. Rapcsák Tamás látta el, akitől a későbbiekben is sokat tanultam, egészen sajnálatos haláláig.

Közösségi közlekedés-fejlesztési döntésekre 2010-ben alakítottam ki egy AHP-modellt egy külföldi kutatómunka során, amelyre Prof. Dr. Tsutomou Mishina hívott meg a japán Akita Egyetemre, 3 hónapos MTA-JSPS ösztöndíj keretében. Együttműködésünk olyan sikeres volt, hogy még két alkalommal, ezután már az Akita Egyetem saját forrásából újra meghívtak, 2011-ben és 2012-ben.

Habilitációmát már ebben a témában védtem meg a Debreceni Egyetem Ihrig Károly doktori iskolájában 2013-ban.

2020-ban védett két Ph.D. hallgatóm közül az egyik, Sarbast Moslem is ezt a témát folytatta, ahogy a 2023 januárjában sikeresen védett Ahmad Alkharabsheh doktoranduszom is.

A 2020-ban elnyert MTA Bolyai ösztöndíjam központi témája szintén a csoportos döntéstámogatási többszemponú módszerek használata a közlekedés-fejlesztés stratégiai döntéseinek leghatékonyabb segítése céljából. Ahogy az eddig elnyert (2020, 2021, 2022) három Új Nemzeti Kiválóság Program témái is (egyikük a fuzzy megközelítéssel egészíti ki, a másik a csoportos preferencia-vektorok új aggregálási módszerével, míg a harmadik a szimulációs esetek vizsgálatával) a 2010-ben elkezdett kutatás szorosán vett, a 2005-ben kezdettnek pedig a tágabb értelmű kiegészítéseinek tekinthetők.

Szakmai motivációm a közel két évtizedes kutatás elvégzésére az volt (és az máig), hogy a közösségi közlekedési fejlesztések preferenciájára használt eddigi nemzetközi modellek meggyőződésem szerint bizonyos pontokon javítandóak, azaz hatékonyabb módszertan kidolgozható a problémára. Egyrészt hatékonytalannak találtam a felmérés folyamatát, másrészt az egyéni preferenciák összegzését, valamint az egyes döntéshozói csoportok

preferenciáinak súlyozását, ez utóbbit fuzzy környezetben is. Jelen MTA doktori értekezésem ezeken a pontokon célozza javítani a jelenleg nemzetközi szinten alkalmazott módszertani megoldásokat, és bizonyításokat is tartalmaz az általam kidolgozott új eljárások nagyobb hatékonyságára.

Kutatási témám a BME oktatásában, az Integrált Áruszállítási Rendszerek, illetve a Logisztikai Kontrolling című tárgyak egyes fejezeteiben is megjelenik.

Értekezésemben az elmúlt 16 év kutatási eredményeit összegeztem, amelynek alapját az ezalatt megjelent 116 publikációm adja. Ezek közül 42 külföldi folyóiratcikk, 4 hazai idegen nyelvű folyóiratcikk, és 16 hazai, magyar nyelvű tanulmány, 11 idegen nyelvű és 6 magyar nyelvű konferenciacikkkel kiegészítve.

Tudomány-metriámban 34 IF-os cikk szerepel, az MTA Műszaki Osztályának iránymutatása alapján kalkulált Q számom 51,483, amelyből 51,231 cikkekből származik. Összes független idézettségem (I szám) 702, ebből WoS-os 477, Hirsch-indexem a független hivatkozásokból 15. Összes impakt faktorom 116,659, egy szerzőre számított, relatív impakt faktorom 42,364.

A publikációs mennyiség mellett kiemelt figyelmet fordítottam a minőségre is, amit igazol 8 db Q1-es cikkem, amelyből 5 db D1 kategóriás is.

1.2. A probléma megfogalmazása, célkitűzések

A közlekedési preferenciák felmérésének széleskörű, és több évtizedre visszanyúló szakirodalma van, amelyben összekapcsolódik a (közösségi) közlekedési rendszer egyes kínálati elemeivel való elégedettség felmérése, a direkt fejlesztési igényekre való rákérdezés felmérési módszerével.

Elsősorban a felmérésekben résztvevő válaszadói kör meghatározása lényeges. 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. Ajánlatos azonban kiterjeszteni a válaszadói kört (Hiahou et al, 2022) olyan érintett csoportokra (stakeholder-ek), amelyek egy rendszer-értékelési vagy fejlesztési döntésben jelentős szerepet játszhatnak, így legalább másik két csoport értékelése; a fenntartói (Keserű et al, 2021, Liang et al, 2021), valamint a működtetői (Floden, 2021, Huang, 2022) preferenciák is fontosak. Megjegyzem, lehetséges az is, hogy a kiemelt háromnál (utasok, állami fenntartó, közlekedési vállalat) több érdekcsoport is érintett, és ezeket is vizsgálni

szeretnénk. Erre az esetre lehet példa, amikor a helyi és a központi fenntartó megkülönböztetése fontos (Ciardiello et al, 2021), vagy a környezetvédelmi szempontokat képviselő érdekcsoport is része a döntésnek (Gonzalez-Feliu et al, 2018), így négy, öt, vagy akár ennél is több kitöltői csoportot kell kezelni.

Szintén kiemelt jelentőségű a közlekedési rendszer értékelésében résztvevők tehermentesítése, azaz a lehető leggyorsabban és legkönnyebben kitölthető kérdőívek készítése, miközben a nyerhető információkat megpróbáljuk megtartani. Az általam használt Analytic Hierarchy Process (AHP) módszer legnagyobb hátránya, hogy túlzottan sok páros összehasonlítást használ, ezáltal az AHP kérdőívek kitöltése nehéz és hosszadalmas. A szakirodalom évtizedeken keresztül próbált megfelelő választ találni a páros összehasonlítások számának lehetséges csökkentésére az AHP-ben.

Egyik figyelemre méltó megközelítés Ishizakáé (Ishizaka, 2012a), aki az elemek klaszterekbe rendezését javasolta, úgy, hogy minden döntési elem csoportnak legyen egy közös eleme (ami képviselné adott klasztert) egy másik csoporttal, így nem kellene összehasonlítani egy külön mátrixban az összes klaszter elemet. Ennél a módszernél viszont még mindig túl nagyok találta a szükséges összehasonlítások számát.

Másik lehetőség vizsgálni a nem teljesen kitöltött páros összehasonlítási mátrixok tulajdonságait (Bozóki et al, 2010, Chen et al, 2015, Szádóczki et al, 2022). Szempontunkból azért nem megoldás ez a megközelítés, mert a közlekedési preferencia felmérésnél előre (ex-ante) szeretnénk csökkenteni az igényelt összehasonlítások számát, nem pedig a hiányosan értékelt mátrixokat akarjuk utólag (ex-post) kiegészíteni a konzisztencia kritérium alapján.

A harmadik út a probléma enyhítésére valamilyen „benchmark”, vagyis viszonyítási pont használata, amihez viszonyítjuk az összes többi elemet, és ez a viszony meghatározza azok egymáshoz való viszonyát is. Erre két alapvető megoldás született: az AHPSort (Ishizaka et al, 2012b) és a Best-Worst Method (Rezaei, 2015). Mindkét módszertannál kérdéses a benchmark meghatározása, valamint a páros összehasonlítások korlátozott csökkentésének lehetősége is, elsősorban nagyszámú kritérium vagy alternatíva esetén, ugyanis $2n-3$ összehasonlításra mindenképp szükség van ezeknél a modelleknél ($n-1$ a legjobb elemhez, $n-1$ a legrosszabbhoz, valamint 1 a legjobb és legrosszabb összehasonlításához). 2019-ben Abastante et al dolgozott ki egy olyan módszertant, amely hatékonyan képes kezelni az összes fent említett problémát és még a lekérdezés előtt jelentősen redukálja a szükséges páros összehasonlítások számát. A módszert Parsimonious AHP-nek (PAHP) nevezték el, amit szabad fordításban takarékos AHP-

nek címkézhetnénk magyarul, utalva a kisebb igényelt kitöltői erőfeszítésre. A javasolt PAHP azonban csak a döntési probléma alternatíva szintjén került kidolgozásra, így direkt módon közlekedés-fejlesztési döntésekre nem alkalmazható.

Az érintett csoportok bevonásán és a lekérdezés szimplifikációján túl nagyon lényeges probléma az egyéni kitöltések megfelelő módon történő aggregálása a preferencia felméréseknél. Leggyakrabban a közlekedés tervezésnél vagy fejlesztésnél az érintett populáció valamely csoportját kérdezzük le (Kent, 2022), esetleg szakértők vélemény-szintézisét szeretnénk megállapítani (Awad és Jung, 2022), mindkét esetben egyéni értékelések aggregálását kell végrehajtanunk ahhoz, hogy következtetést vonhassunk le. Mindeddig két regnáló technikát ismertünk az egyéni preferenciák összegzésére és globális, közös preferenciává becslésére: Aggregation of Individual Judgements (AIJ) (Aczél és Alsina, 1986), valamint az Aggregation of Individual Preferences (AIP) (Basak és Saaty, 1993; Keeney, 2009).

Azonban mindkét módszer átlagolás-alapú, vagyis az egyéni preferenciák vektorainak koordinátáiból képezzük a csoport preferencia-vektorát. Belátható, hogy így a közös preferencia képzése nagyon érzékeny az extrém értékekre (mint minden átlagolás).

A felvázolt eredményekből kiindulva újabb feladatokat azonosítottam, és ezekkel kapcsolatban a következő hipotéziseket állítottam fel:

- Az eddig ismert páros-összehasonlítási redukciós módszerek közül a PAHP módszerben feloldani az alternatíva-szintre vonatkozó korlátot, hogy alkalmazni lehessen közösségi közlekedési döntésekre is.
- Az egyéni preferenciák aggregálásánál az átlag-alapú módszereknél egy hatékonyabb eljárás kidolgozása és tesztelése egy pontosabb csoport-vélemény kialakítása érdekében a közlekedés-fejlesztési preferenciák vonatkozásában.
- A közlekedés érintett csoportjainak (stakeholderek) optimalizált súlyozása, ami által olyan konszenzus érhető el, ami fenntartható közlekedés-fejlesztéshez vezet.
- Az optimalizált súlyozást megvalósítani fuzzy környezetben is, hogy hatékonyabban figyelembe vehessük a válaszadói bizonytalanságot a közlekedés-fejlesztési döntés kialakításában.

2. A kutatás módszertana

2.1. Az alkalmazott tudományos módszertan

Az előbbieken megadott kutatási témáknál az alábbi vizsgálati módszereket alkalmaztam:

- A matematikai operációkutatás területén belül a többszemponútú döntéstámogatási módszereket, ezen belül is elsősorban az Analytic Hierarchy Process-t (AHP-t).
- Mind az egyéni preferencia-vektorok aggregálásánál, mind az optimális stakeholder-súlyok megállapításánál az optimalizációs eljárásokat, különös tekintettel a Newton-módszerre.
- A fuzzy modellek esetében a fuzzy környezetben való szabályokat, valamint a fuzzy aggregátorokat.

Mivel mind a 4 tézisem nemzetközi szinten is merőben új megközelítést tartalmaz, mindenképp szükséges volt a javasolt eljárások megfelelő alátámasztása. Kivétel nélkül minden tézisben valós közlekedési felmérési adatokon is kimutattam az új módszerek nagyobb hatékonyság az ismert legjobb (benchmark) metódusokhoz képest. A felmérések Mersin (Törökország) és Amman (Jordánia) városaiban készültek az elmúlt 3 éven belül megfelelő kitöltői mintán. Ezen felül numerikus példákat is hoztam és részletesen kiszámoltam, elsősorban az esetleges extrém kitöltések előfordulási kockázata miatt. Végül, 96.000-es szimulációs esetszámmal tudtam bizonyítani az általam kidolgozott EDBAM és ADBAM preferencia-vektor aggregálási eljárások nagyobb hatékonyságát az eddig alkalmazott átlag-alapú aggregálási eljárásokkal (AIP WAMM, AIP WGMM), valamint a közös preferencia-vektor eljárással (CPVP) szemben. Az adatgyűjtést, feldolgozást és elemzést doktoranduszaimmal, valamint szerzőtársaimmal végeztem, a javasolt eljárások azonban kivétel nélkül saját ötleteim és saját munkám eredményei.

2.2. A kutatás támogatottsága

A mostani MTA doktori értekezésem megírásának talán legfontosabb háttérét az a kutatói közösség adja, amely a BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Karán és azon belül a tanszékemen, a Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszéken fogadott 2016-ban, amikor a Nyíregyházi Főiskoláról ebbe az intézménybe kerültem.

Nagy motivációt adott az is, hogy kutatómunkámat az MTA Bolyai ösztöndíjjal, az Innovációs és Technológiai Minisztérium pedig háromszor is Új Nemzeti Kiválósági ösztöndíjjal

jutalmazta. Szerzőtársaim közül leginkább Szádoczki Zsombornak és Blahota Istvánnak tartozom köszönettel a doktoranduszaimon kívül. A módszertan kapcsán Bozóki Sándor észrevételei is nagyban segítettek az eredményeimet.

Nemzetközi szinten sokat köszönhetek Tsutomu Mishina és Yoshiaki Shimazaki professzoroknak (Akita Prefectural University), akikkel Akitában a Systems Science and Technology Tanszéken dolgozhattam együtt, és akikkel megalkottuk azt az alapmodellt, amelynek továbbfejlesztése adja a jelen értekezésem lényegét. Szintén sok támogatást kaptam Cathy Macharis (Vrije University, Brüsszel) professzor asszonytól elsősorban a stakeholder-súlyok optimalizálása kapcsán.

3. Összefoglalás

3.1. Új tudományos eredmények

1. Tézis:

Kidolgoztam egy olyan, az eredeti AHP eljárásnál jóval kevesebb páros összehasonlítást igénylő (azaz kisebb költséggel és kitöltési igénnyel járó) módszert, amely kis, és nagy kitöltői mintán egyaránt hatékonyan alkalmazható közösségi közlekedés-fejlesztési preferenciák felmérésére.

1./1. Lényeges, nemzetközileg is új eredmény, hogy a $u(c_{kp}) = u(c_{ke}) + \frac{u(c_{ke+1}) - u(c_{ke})}{\gamma_{ke+1} - \gamma_{ke}} (\gamma_{kp} - \gamma_{ke})$ képlet alkalmazásával fel tudtam oldani azt az erős feltételt, hogy a Parsimonious AHP kizárólag a döntési struktúra alsó szintjén, azaz az alternatívákra használható. Ezáltal olyan közlekedés-fejlesztési döntéseket is támogathatunk a módszerrel, mint a menetrend-átalakítások, megálló-áthelyezések vagy az új járművek beszerzési szükségessége.

1./2. Ezen felül a $nu_{ckp} = \frac{u_{ckp}}{\sum_{p=1}^g u_{ckp}}$ és $w_j = \sum_{p=1}^b nu_{ckp}$ képletekkel egy olyan belső ellenőrzési (immanens) eljárást vezettem be, amely alkalmas a Parsimonious döntési szint AHP szintekhez való hasonlítására és így egyfajta érzékenység-vizsgálatra.

1./3. Állításaimat két valós, közösségi közlekedési rendszer fejlesztésének döntéstámogatására használt felméréssel igazoltam.

2. Tézis:

Kidolgoztam két olyan új eljárást, amely hatékonyabb a nemzetközi szakirodalomban jelenleg alkalmazott AIP WAMM és AIP WGMM technikáknál, valamint a nemrégiben felmerült CPVP technikánál is hatékonyabb abból a szempontból, hogy az egyéni közlekedési preferenciákból olyan csoport-preferenciát alkot, amely jobban korrelál az összes egyéni preferenciához. Az általam elnevezett és kidolgozott EDBAM, azaz Euklideszi távolság-minimalizáción alapuló eljárás képlete:

$$f(x) = \sum_{k=1}^m (a_k \cdot d_E(w^{(k)}, x))$$

$$d_E(w^{(k)}, x) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (w_i^{(k)} - x_i)^2}$$

és az Aitchison-távolságot használó ADBAM

$$f(x) = \sum_{k=1}^m (a_k \cdot d_A(w^{(k)}, x))$$

$$d_A(w^{(k)}, x) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[\log\left(\frac{w_i^{(k)}}{g(w^{(k)})}\right) - \log\left(\frac{x_i}{g(x)}\right) \right]^2}$$

aggregálási technikák.

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

3. Tézis:

Kidolgoztam egy nemzetközi szempontból is új konszenzus-alkotási eljárást csoportos közlekedési AHP döntésekre, amely szemben a szubjektív, vagy a tárgyalásokon alapuló konszenzus teremtéssel, objektív módon állapítja meg egy AHP modellben az egyes kitöltői csoportok súlyát, mégpedig olyan súlyok hozzárendelésével, amelyek a legkisebb vektor-távolságot biztosítják. Ehhez a következő konvex optimalizálási feladatot kell megoldani

$$\min \left(\sqrt{(\alpha w_i^{(1)} - \beta w_i^{(2)})^2} + \sqrt{(\beta w_i^{(2)} - \gamma w_i^{(3)})^2} + \sqrt{(\gamma w_i^{(3)} - \alpha w_i^{(1)})^2} \right)$$

azzal a korláttal, hogy a súlyok is 1-re normáltak.

3./1. Állításom bizonyítására teoretikus számpéldát, valamint valós felmérési adatokat használtam, az eredményeket pedig az AIP WAMM, AIP WGMM, 0-szintű AHP és az IAHP ismert benchmark módszerek eredményeihez hasonlítottam. 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.

4. Tézis:

Megállapítottam a negyedik tézisemben, 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 valós közösségi közlekedési felmérés eredményeiből kiderült az is, hogy a fuzzy környezetben alkalmazott

$$(\tilde{r}_i)^{gl} = \left\langle \left[1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_{\tilde{r}_{ij}}^{gl})^{w_j} \right], \left[\prod_{j=1}^n (v_{\tilde{r}_{ij}}^{gl})^{w_j} \right] \right\rangle$$

számtani átlagon alapuló aggregátort, valamint a

$$(\tilde{r}_{ij})_{\text{nxn}}^{gl} = \left\langle \left[\prod_{k=1}^{s_{gl}} (\mu_{\tilde{r}_{ijk}}^{gl})^{w_{gl}^k} \right], \left[1 - \prod_{k=1}^{s_{gl}} (1 - v_{\tilde{r}_{ijk}}^{gl})^{w_{gl}^k} \right] \right\rangle$$

mértani aggregátort is használó entropikus konszenzus eljárással is versenyképes az általam javasolt vektor-távolság minimalizálás. Ezáltal egy olyan új, fuzzy környezetben is alkalmazható konszenzus-teremtést javaslok, amely a közlekedési stakeholder csoportok számára az ideális objektív súlyokat tudja meghatározni egy közlekedés-fejlesztési döntésben.

3.2. A tudományos eredmények hasznosíthatósága

Minden eredményem inspirációját egy-egy felmerülő gyakorlati kérdés adta, így belátható, hogy a gyakorlati hasznosíthatóság viszonylag könnyen bizonyítható minden esetben.

A közösségi közlekedési igények és preferenciák felmérésénél egyértelmű cél, hogy maga a felmérés minél kisebb költség, és időráfordítással járjon, miközben az eredmények megbízhatósága biztosítva van. Az első tézisemben egy ilyen általam javasolt eljárást mutattam be, amely közösségi közlekedés-fejlesztésre direkt módon, egyéb, közlekedéssel vagy logisztikával foglalkozó döntés esetében pedig közvetett módon felhasználható.

Szintén a gyakorlatban is előforduló probléma egy csoport tagjainak konszenzuális preferenciáját megtalálni, vállalatoknál erre szolgálnak a meeting-ek, a közlekedésben pedig bármely utas-felmérésnél felmerül ennek az igénye. A második tézis ebben nyújt segítséget. Ide tartozik még a Sustainable Urban Mobility Plan (SUMP)-ok európai uniós projektek esetében történő közösségi igény-felmérés, amelynek hatékonyságához jelentősen hozzájárul ez az eredményem.

Az egyes közlekedési stakeholder csoportok konszenzusa lényeges praktikus igény, az általam kínált objektív megoldás pedig kiváltja a hosszadalmas és költséges tárgyalásos/alkudozásos döntéshozatali eljárást, amelyek a közlekedési projekteket több esetben eddig végigkísérték. A harmadik tézis által hosszútávon fenntarthatóbb közlekedési fejlesztések valósulhatnak meg azzal, hogy minden érintett csoport preferenciáit a lehető legteljesebb mértékben figyelembe vesszük a javasolt módszer által.

Negyedik tézisemnél ugyanez valósulhat meg azzal a kiegészítéssel, hogy a végső eredmény figyelembe vesz egy újabb gyakorlati szempontot, nevezetesen a felmérésekben résztvevő válaszadók esetleges bizonytalanságát vagy részleges információhiányát. A javasolt optimalizációs eljárás ennek a kiküszöbölését is elvégzi az eddig ismert lehető legnagyobb mértékben, így járulva hozzá egy pontosabb és megbízhatóbb közlekedés-fejlesztési döntés meghozatalához.

Leginkább a megvalósult és benyújtott közlekedési témájú projektekkal lehet bizonyítani a tudományos eredmények gyakorlati hasznosíthatóságát. A CE 25 Movecit projekt keretein belül (Interreg Central Europe Program) budapesti ingázók közlekedési forma választásánál tudtuk használni az 1. Tézis redukciós tulajdonságát, ennek eredményét ki is publikáltuk a European Transport Research Review folyóiratban. Jelenleg bírálat alatt álló ERC projektünkben (Proposal SEP-210892340, Proposal No. 101115834) pedig mind a 2. Tézis új aggregálási megoldását, mind a 3. és 4. Tézis konszenzus-teremtését alkalmazni fogjuk egy közlekedési applikáció fejlesztése során.

4. Irodalom – a tézisek témájában megjelent közlemények

4.1. Fontosabb publikációk jegyzéke

Könyvek, könyvfejezetek

Curtis, C., Scheurer, J. (2016). Planning for Public Transport Accessibility. London, UK, Routledge. doi: 10.4324/9781315600758

Pekkaya, M., Keles, N., Cakir, F., S. (2023). Freight Village Efficiency Criteria Evaluation via Fuzzy Multi-criteria Decision-Making Methods. In: Sahoo, L., Senapati, T., Yager, R.R. (szerk.) Real Life Applications of Multiple Criteria Decision Making Techniques in Fuzzy Domain. Studies in Fuzziness and Soft Computing, vol 420. Springer, Singapore. doi: 10.1007/978-981-19-4929-6_30

Saaty, T., L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. New York, USA, McGraw-Hill

Saaty, T., L. (1996). The Analytic Network Process, Pittsburgh, USA, RWS Publications

Folyóiratcikkek

- Abastante, F., Corrente, S., Greco, S., Ishizaka, A., Lami, I. (2019). A new parsimonious AHP methodology: Assigning priorities to many objects by comparing pairwise few reference objects. *Expert Systems with Applications*, 127, 109-120. doi: 10.1016/j.eswa.2019.02.036
- Aczél, J., Alsina, C. (1986). On synthesis of judgements. *Socio-Economic Planning Sciences*, 20(6), 333-339. doi: 10.1016/0038-0121(86)90044-3
- Aitchison, J., Barceló-Vidal, C., Martín-Fernández, J., A., Pawlowsky-Glahn, V. (2000). Logratio Analysis and Compositional Distance. *Mathematical Geology*, 32, 271-275. doi: 10.1023/A:1007529726302
- Amenta, P., Ishizaka, A., Lucadamo, A., Marcarelli, G., Vyas, V. (2020). Computing a common preference vector in a complex multi-actor and multi-group decision system in Analytic Hierarchy Process context. *Annals of Operations Research*, 284, 33-62. doi: 10.1007/s10479-019-03258-3
- Atanassov, K. T. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 20(1), 87–96. doi: 10.1016/S0165-0114(86)80034-3
- Awad, J., Jung, C. (2022). Extracting the planning elements for sustainable urban regeneration in Dubai with AHP (Analytic Hierarchy Process). *Sustainable Cities and Society*, 76, 103496. doi: 10.1016/j.scs.2021.103496
- Bansal, P., Kessels, R., Krueger, R., Graham, D., J. (2022). Preferences for using the London Underground during the COVID-19 pandemic. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 160, 45-60. doi: 10.1016/j.tra.2022.03.033
- Barron, F., H., Barrett, B., E. (1996). The efficacy of SMARTER — Simple Multi-Attribute Rating Technique Extended to Ranking. *Acta Psychologica*, 93(1-3), 23-36. doi: 10.1016/0001-6918(96)00010-8
- Basak, I., Saaty, T., L. (1993). Group decision making using the analytic hierarchy process. *Mathematical Computers Modelling*, 17(4-5), 105-109. doi: 10.1016/0895-7177(93)90179-3
- Békefi, Z., Kiss, L., N., Tánzos, K. (2003). Multicriteria Analysis of the financial feasibility of transport infrastructure projects in Hungary. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 41(1), 105-126. doi: 10.1080/03155986.2003.11732671
- Bouraima, M., B., Alimo, P., K., Agyeman, S., Sumo, P., D., Lartey-Young, G., Ehebretch, D. (2023). Africa's railway renaissance and sustainability: Current knowledge, challenges and prospects. *Journal of Transport Geography*, 106, 103487. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2022.103487
- Bozóki, S. (2008). Solution of the least squares method problem of pairwise comparison matrices. *Central European Journal of Operations Research*, 16(4), 345-358. doi: 10.1007/s10100-008-0063-1
- Bozoki, S., Rapcsak, T. (2008). On Saaty's and Koczkodaj's inconsistencies of pairwise comparison matrices. *Journal of Global Optimization*, 42, 157-175. doi: 10.1007/s10898-007-9236-z

- Bozóki, S., Fülöp, J., Rónyai, L. (2010). On optimal completion of incomplete pairwise comparison matrices. *Mathematical and Computer Modelling*, 52(1-2), 318-333. doi: 10.1016/j.mcm.2010.02.047
- Brans, J., P., Vincke, P., Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research*, 24(2), 228-238. doi: 10.1016/0377-2217(86)90044-5
- Chen, K., Kou, G., Tarn, J., Song, Y. (2015). Bridging the gap between missing and inconsistent values in eliciting preference from pairwise comparison matrices. *Annals of Operations Research*, 235(1), 155-175. doi: 10.1007/s10479-015-1997-z
- Chirillo, C., Xu, R. (2011). Dynamic discrete choice models for transportation. *Transport Reviews*, 31(4), 473-494. doi: 10.1080/01441647.2010.533393
- Cho, Y., G., Cho, K., T. (2008). A loss function approach to group preference aggregation in AHP. *Computers and Operations Research*, 35(3), 884-892. doi: 10.1016/j.cor.2006.04.008
- Ciardiello, F., Genovese, A., Luo, S., Sgalamboro, A. (2021). A game-theoretic multi-stakeholder model for cost allocation in urban consolidation centres. *Annals of Operations Research* in press. doi: 10.1007/s10479-021-04013-3
- Corrente, S., Greco, S., Ishizaka, A. (2016). Combining Analytic Hierarchy Process and Choquet integral within Non Additive Robust Ordinal Regression. *Omega*, 61, 2-18. doi: 10.1016/j.omega.2015.07.003
- Csató, L. (2013). Ranking by pairwise comparisons for Swiss-system tournaments. *Central European Journal of Operations Research*, 21, 783-803. doi: 10.1007/s10100-012-0261-8
- De Gruyter, C., Currie, G., Truong L., T., Naznin F. (2019). A meta-analysis and synthesis of public transport customer amenity valuation research. *Transport Reviews*, 39(2), 261-283. doi: 10.1080/01441647.2018.1461708
- De Ona, J., De Ona, R. (2015). Quality of Service in Public Transport Based on Customer Satisfaction Surveys: A Review and Assessment of Methodological Approaches. *Transportation Science*, 49(3), 605-622. doi: 10.1287/trsc.2014.0544
- De Vos, J., Mokhtarian, P., L., Schwanen, T., Van Acker V., Witlox, F. (2016). Travel mode choice and travel satisfaction: bridging the gap between decision utility and experienced utility. *Transportation*, 43, 771-796. doi: 10.1007/s11116-015-9619-9
- Dell'Olio, L., Ibeas, A., Cecin, P. (2011). The quality of service desired by public transport users. *Transport Policy*, 18(1), 217-227. doi: 10.1016/j.tranpol.2010.08.005
- Deveci, M., Öner, S., C., Canitez, F., Öner, M. (2019). Evaluation of service quality in bus transportation using interval-valued intuitionistic fuzzy QFD methodology. *Research in Transportation Business and Management*, 33, 100387. doi: 10.1016/j.rtbm.2019.100387
- Dong, H., Ma, S., Jia, N., Tian, J. (2021). Understanding public transport satisfaction in post COVID-19 pandemic. *Transport Policy*, 101, 81-88. doi: 10.1016/j.tranpol.2020.12.004
- Espinosa-Aranda, J., L., Garcia-Rodenas, R., Ramirez-Flores, M., C., Lopez-Garcia, M., L., Angulo, E. (2015). High-speed railway scheduling based on user preferences. *European Journal of Operational Research*, 246(3), 772-786. doi: 10.1016/j.ejor.2015.05.052

- Esztergár-Kiss, D., Csiszár, Cs. (2016). Utazástervező rendszerek értékelési szempontjaihoz tartozó súlyszámok meghatározása Fuzzy AHP alapú módszerrel. *Közlekedéstudományi Szemle*, 66(6), 35-44. http://real.mtak.hu/49323/1/5_37_u.pdf
- Farkas, A. (2007). The analysis of the principal eigenvector of pairwise comparison matrices. *Acta Polytechnica Hungarica*, 4(2), 99-116. http://www.epa.hu/02400/02461/00010/pdf/EPA02461_acta_polytechnica_hungarica_2007_02_098-116.pdf
- Feng, H., Grifoll, M., Yang, Z., Zheng, P., & Martin-Mallofre, A. (2020). Visualization of container throughput evolution of the Yangtze River Delta multi-port system: the ternary diagram method. *Transportation Research, Part E: Logistics and Transportation Review*, 142, 102039. doi: 10.1016/j.tre.2020.102039
- Floden, J., Woxenius, J. (2021). A stakeholder analysis of actors and networks for land transport of dangerous goods. *Research in Transportation Business and Management*, 41, 100629. doi: 10.1016/j.rtbm.2021.100629
- Földes, D., Csiszár, Cs. (2016). Útvonal értékelő eljárás személyre szabott utastájékoztatáshoz. *Közlekedéstudományi Szemle*, 65(4), 42-57. http://real.mtak.hu/39830/1/Foldes_Csiszar_cikk_u.pdf
- Frey, V., van de Rijt, A. (2021). Social Influence Undermines the Wisdom of the Crowd in Sequential Decision Making. *Management Science*, 67(7), 4273-4286. doi: 10.1287/mnsc.2020.3713
- Fu, S., Zhou, H., Xiao, Y.-Z. (2020). Optimum Selection of Energy Service Company Based on Intuitionistic Fuzzy Entropy and VIKOR Framework. *IEEE Access*, 8, 186572–186584. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3030651
- Garuti, C., E. (2017). Reflections on scales of measurement, not measurement of scales. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 9(3). doi: 10.13033/ijahp.v9i3.522
- Gass, S. I., Rapcsák, T. (1998). A note on synthesizing group decisions. *Decision Support Systems*, 22(1), 59-63. doi: 10.1016/S0167-9236(96)00061-9
- Gonzalez-Feliu, J., Pronello, C., Grau, S. (2018). Multi-stakeholder collaboration in urban transport: state-of-the-art and research opportunities. *Transport*, 33(4), 1079-1094. doi: 10.3846/transport.2018.6810
- Gumus, A., T. (2009). Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 4067-4074. doi: 10.1016/j.eswa.2008.03.013
- Ha, J., Lee, S., Ko, J. (2020). Unraveling the impact of travel time, cost, and transit burdens on commute mode choice for different income and age groups. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 141, 147-166. doi: 10.1016/j.tra.2020.07.020
- Hawas, Y., E., Hassan, M., N., Abulibdeh, A. (2016). A multi-criteria approach of assessing public transport accessibility at a strategic level. *Journal of Transport Geography*, 57, 19-34. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2016.09.011

- Ho, C., Q., Mulley, C., Hensher, D., A. (2020). Public preferences for mobility as a service: Insights from stated preference surveys. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 131, 70-90. doi: 10.1016/j.tra.2019.09.031
- Hosseini, M., Moore, J., Almaliki, M., Shahri, A., Phalp, K., Ali, R. (2015). Wisdom of the Crowd within enterprises: Practices and challenges. *Computer Networks*, 90, 121-132. doi: 10.1016/j.comnet.2015.07.004
- Imre, S., Celebi, D. (2017). Measuring Comfort in Public Transport: A case study for İstanbul. *Transportation Research Procedia*, 25, 2441-2449. doi: 10.1016/j.trpro.2017.05.261
- Ishizaka, A. (2012)a. Clusters and pivots for evaluating a large number of alternatives in AHP. *Pesquisa Operacional*, 32(1), 87-102. doi: 10.1590/S0101-74382012005000002
- Ishizaka, A., Pearman, C., Nemerey, P. (2012)b. AHPSort: an AHP-based method for sorting problems. *International Journal of Production Research*, 50(17), 4767-4784. doi: 10.1080/00207543.2012.657966
- Ishizaka, A., Labib, A. (2011) c. Selection of new production facilities with the Group Analytic Hierarchy Process Ordering method. *Expert Systems with Applications*, 38(6), 7317-7325. doi: 10.1016/j.eswa.2010.12.004
- James, A. T., Asjad, M., Kumar, G., Shukla, V., C., Arya, V. (2023). Analyzing barriers for implementing new vehicle scrap policy in India. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 114, 103568. doi: 10.1016/j.trd.2022.103568
- Jiang, W., Wei, B., Liu, X., Li, X., Zheng, H. (2018). Intuitionistic Fuzzy Power Aggregation Operator Based on Entropy and Its Application in Decision Making. *International Journal of Intelligent Systems*. doi: 10.1002/int.21939
- Keeney, R., L. (2009). The foundations of collaborative group decisions. *International Journal of Collaborative Engineering*, 1(1-2), 231-237. doi: 10.1504/IJCE.2009.027438
- Kendall, M. (1938). A new measure of rank correlation. *Biometrika*, 30(1-2), 81-93. doi: 10.2307/2332226
- Kent, J., L. (2022). The use of practice theory in transport research. *Transport Reviews*, 42(2), 222-244. doi: 10.1080/01441647.2021.1961918
- Keserü, I., Coosemans, T., Macharis, C. (2021). Stakeholders' preferences for the future of transport in Europe: Participatory evaluation of scenarios combining scenario planning and the multi-actor multi-criteria analysis. *Futures*, 127, 102690. doi: 10.1016/j.futures.2020.102690
- Kim, Y, Kim, E-J., Jang, S., Kim, D-K. (2021). A comparative analysis of the users of private cars and public transportation for intermodal options under Mobility-as-a-Service in Seoul. *Travel Behaviour and Society*, 24, 68-80. doi: 10.1016/j.tbs.2021.03.001
- Kocak, S., T., Yercan, F. (2021). Comparative cost-effectiveness analysis os Arctic and international shipping routes: A Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Transport Policy*, 114, 147-164. doi: 10.1016/j.tranpol.2021.08.015

- Koohathongsumrit, N., Meethom, W. (2022). A Fuzzy Decision-Making Framework for Route Selection in Multimodal Transportation Networks. *Engineering Management Journal*, 34(4), 689-704. doi: 10.1080/10429247.2022.2027205
- Krauss, K., Krail, M., Axhausen, K., W. (2022). What drives the utility of shared transport services for urban travellers? A stated preference survey in German cities. *Travel Behaviour and Society*, 26, 206-220. doi: 10.1016/j.tbs.2021.09.010
- Lai, Y-J., Liu, T-Y, Hwang, C-L. (1994). TOPSIS for MODM. *European Journal of Operational Research*, 76(3), 486-500. doi: 10.1016/0377-2217(94)90282-8
- Lee, M., D., Zhang, S., Shi, J. (2011). The wisdom of the crowd playing The Price Is Right. *Memory and Cognition*, 39, 914-923. doi: 10.3758/s13421-010-0059-7
- Li, Q., Liu, R., Zhao, J., Liu, H-C. (2022). Passenger satisfaction evaluation of public transport using alternative queuing method under hesitant environment. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 26(3), 330-342. doi: 10.1080/15472450.2020.1859375
- Liang, F., Verhoeven, K., Brunelli, M., Rezaei, J. (2021). Inland terminal location selection using the multi-stakeholder best-worst method. *International Journal of Logistics Research and Applications*, in press. doi: 10.1080/13675567.2021.1885634
- Macharis, C., De Witte, A., Ampe, J. (2009). The multi-actor, multi-criteria analysis methodology (MAMCA) for the evaluation of transport projects: Theory and practice. *Journal of Advanced Transportation*, 43(2), 183-202. doi:10.1002/atr.5670430206
- Macharis, C., Bernardini, A. (2015). Reviewing the use of Multi-Criteria Decision Analysis for the evaluation of transport projects: Time for a multi-actor approach. *Transport Policy*, 37, 177-186. doi: 10.1016/j.tranpol.2014.11.002
- Marcucci, E., Gatta, V, Le Pira, M. (2018). Gamification design to foster stakeholder engagement and behavior change: An application to urban freight transport. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 118, 119-132. doi: 10.1016/j.tra.2018.08.028
- Marquez, L., Cantillo, V., Arellana, J. (2014). How are comfort and safety perceived by inland waterway transport passengers? *Transport Policy*, 36, 46-52. doi: 10.1016/j.tranpol.2014.07.006
- Nagy, O., B., Csipkés, M., Balogh, P. (2018). A közösségi közlekedés résztvevőinek preferenciái. *International Journal of Engineering and Management Sciences (IJEMS)*, 3(3), 158-170. doi: 10.21791/ijems.2018.3.13.
- Nalmpantis, D., Roukouni, A., Genitsaris, E., Stamelou, A., Naniopoulos, A. (2019). Evaluation of innovative ideas for Public Transportat proposed by citizens using Multi-Criteria Decision Analysis. *European Transport Research Review*, 11(22), doi: 10.1186/s12544-019-0356-6
- Nelder, J., A., Mead, R. (1965). A simplex method for function minimization. *The Computer Journal*, 7(4), 308-313. doi: 10.1093/comjnl/7.4.308
- O'Connell, J., Warnock-Smith, D. (2013). An investigation into traveler preferences and acceptance levels of airline ancillary revenues. *Journal of Air Transport Management*, 33, 12-21. doi: 10.1016/j.jairtraman.2013.06.006

- Ossadnik, W., Schinke, S., Kaspar, H., R. (2016). Group aggregation techniques for Analytic Hierarchy Process and Analytic Network Process: A comparative analysis. *Group Decision and Negotiation*, 25, 421-457. doi: 10.1007/s10726-015-9448-4
- Pamucar, D., Deveci, M., Canitez, F., Bozanic, D. (2020). A fuzzy full consistency method Dombi-Bonferroni model for prioritizing transportation demand management measures. *Applied Soft Computing*, 87, 105952. doi: 10.1016/j.asoc.2019.105952
- Paneque, M., P., Bierlaire, M., Gendron, B., Azadeh, S., S. (2021). Integrating advanced discrete choice models in mixed integer linear optimization. *Transportation Research Part B: Methodological*, 146, 26-49. doi: 10.1016/j.trb.2021.02.003
- Pedroso, G., Bermann, C., Sanches-Pereira, A. (2018). Combining the functional unit concept and the analytic hierarchy process method for performance assessment of public transport options, *Case studies on Transport Policy*, 6(4), 722-736. doi: 10.1016/j.cstp.2018.09.002
- Qiuchen, W., Jannicke, H., B., Sebastiaan, M. (2022). The complexity of stakeholder influence on MaaS: A study on multi-stakeholder perspectives in Shenzhen self-driving mini-bus case. *Research in Transportation Economics*, 94, 101070. doi: 10.1016/j.retrec.2021.101070
- Ramanathan, R, Ganesh, L. (1994). Group preference aggregation methods employed in AHP: an evaluation and an intrinsic process for deriving members' weightages. *European Journal of Operational Research*, 79(2), 249-265. doi: 10.1016/0377-2217(94)90356-5
- Redman, L., Friman, M., Garling, T., Hartig, T. (2013). Quality attributes of public transport that attract car users: A research review. *Transport Policy*, 25, 119-127. doi: 10.1016/j.tranpol.2012.11.005
- Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49-57. doi: 10.1016/j.omega.2014.11.009
- Roman, C., Martin, J., C. (2014). Integration of HSR and air transport: Understanding passengers' preferences. *Transportation Research Part F: Logistics and Transportation Review*, 71, 129-141. doi: 10.1016/j.tre.2014.09.001
- Saaty, T., L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281. doi: 10.1016/0022-2496(77)90033-5
- Saaty, T., L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26. doi: 10.1016/0377-2217(90)90057-1
- Saif, M., A., Zefreh, M., M., Török, A. (2019). Public Transport Accessibility: A Literature Review. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 47(1), 36-43. doi: 10.3311/PPtr.12072
- Sarkar, B., Biswas, A. (2021). Pythagorean fuzzy AHP-TOPSIS integrated approach for transportation management through a new distance measure. *Soft Computing*, 25, 4073-4089. doi: 10.1007/s00500-020-05433-2
- Solomon, M. (2006). Groupthink versus „The wisdom of the crowds”. The social epistemology deliberation and dissent. *The Southern Journal of Philosophy*, 44(1), 28-42. doi: 10.1111/j.2041-6962.2006.tb00028.x

- Spearman C.E., (1987). The proof and measurement of association between two things. *American Journal of Psychology* 100(3-4), 441–471. doi: 10.2307/1422689
- Szádóczki, Z., Bozóki, S., Juhász, P., Kadenko, S., Tsyganok, V. (2022). Incomplete pairwise comparison matrices based on graphs with average degree approximately 3. *Annals of Operations Research*, in press. doi: 10.1007/s10479-022-04819-9
- Tánczos, K., Török, Á. (2007). The linkage between climate change and energy consumption of Hungary in the road transportation sector. *Transport*, 22(2), 134-138. doi: 10.1080/16484142.2007.9638112
- Thompson, K., Schofield, P. (2007). An investigation of the relationship between public transport performance and destination satisfaction. *Journal of Transport Geography*, 15(2), 136-144. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2006.11.004
- Torabi, F., K., Araghi, Y., van Oort, N., Hoogendoorn, S. (2022). Passengers preferences for using emerging modes as first/last mile transport to and from a multimodal hub case study Delft Campus railway station. *Case Studies on Transport Policy*, 10(1), 300-314. doi: 10.1016/j.cstp.2021.12.011
- Tumsekali, E., Ayyildiz, E., Taskin, A. (2021). Interval valued intuitionistic fuzzy AHP-WASPAS based public transportation service quality evaluation by a new extension of SERVQUAL model: P-SERVQUAL 4.0. *Expert Systems with Applications*, 186, 115757. doi: 10.1016/j.eswa.2021.115757
- Van de Honert, R., C. (2001). Decisional Power in Group Decision Making: A Note on the Allocation of Group Members' Weights in the Multiplicative AHP and SMART. *Group Decision and Negotiation*, 10, 275-286. doi: 10.1023/A:1011201501379
- Van Lierop, D., El-Geneidy, A. (2018). Is having a positive image of public transit associated with travel satisfaction and continued transit usage? An exploratory study of bus transit. *Public Transport*, 10, 241-256. doi: 10.1007/s12469-018-0175-5
- Xia, M., Xu, Z. (2012). Entropy/cross entropy-based group decision making under intuitionistic fuzzy environment. *Information Fusion*, 13(1), 31–47. doi: 10.1016/j.inffus.2010.12.001
- Xiahou, X., Tang, L., Yuan, J., Zuo, J., Li, Q. (2022). Exploring social impacts of urban rail transit PPP projects: Towards dynamic social change from the stakeholder perspective. *Environmental Impact Assessment Review*, 93, 106700. doi: 10.1016/j.eiar.2021.106700
- Yaya, L., H., P., Fortia, M., F., Canals, C., S. (2015). Service quality assessment of public transport and the implication role of demographic characteristics. *Public Transport*, 7, 409-428. doi: 10.1007/s12469-014-0099-7
- Ye, S., Chen, Q., Tang, Y. (2023). Anger between bus drivers and passengers or among passengers: Development of a bus passenger anger scale (BPAS) and a bus driver anger scale (BDAS). *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 167, 103563. doi: 10.1016/j.tra.2022.103563
- Yuan, J., Luo, X. (2019). Approach for multi-attribute decision making based on novel intuitionistic fuzzy entropy and evidential reasoning. *Computers & Industrial Engineering*, 135, 643–654. doi: 10.1016/j.cie.2019.06.031

Konferenciakkek

Huang, H. (2022). Involve multiple stakeholder groups to reach a sustainable consensus in mobility projects. The meeting of the EURO Working Group on Multiple Criteria Decision Aiding, Belgrade, 7/04/22 → 9/04/22. <https://mcda93.ekof.bg.ac.rs/>

Roy, B. (1990). The Outranking Approach and the Foundations of Electre Methods. Readings in Multiple Criteria Decision Aid. Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-642-75935-2_8

4.2. Tézispontokhoz kapcsolódó saját publikációk jegyzéke

Könyvek, könyvfejezetek

Folyóiratcikkek

Celikbilek, Y., Moslem, S., Duleba, Sz. (2022). A combined grey multi criteria decision making model to evaluate public transportation systems. *Evolving Systems*, kiadás alatt doi: 10.1007/s12530-021-09414-0

Duleba, Sz., Mishina, T., Shimazaki, Y. (2012). A dynamic analysis on public bus transport's supply quality by using AHP. *Transport*, 27(3), 268-275. doi: 10.3846/16484142.2012.719838

Duleba, Sz., Shimazaki, Y., Mishina, T. (2013). An analysis on the connections of factors in a public transport system by AHP-ISM. *Transport*, 28(4), 404-412. doi: 10.3846/16484142.2013.867282

Duleba, Sz, Moslem, S. (2018). Sustainable urban transport development with stakeholder participation, an AHP-Kendall model: A case study of Mersin. *Sustainability*, 10(10), 3647. doi: 10.3390/su10103647

Duleba, Sz., Moslem, S. (2019). Examining Pareto-optimality in Analytic Hierarchy Process on real data: An application in public transport service development. *Expert Systems with Applications*, 116, 21-30. doi: 10.1016/j.eswa.2018.08.049

Duleba, Sz., Moslem, S., Esztergár-Kiss, D. (2021). Estimating commuting goal split by using the Best-Worst Method (BWM). *European Transport Research Review*, 13, 29. doi: 10.1186/s12544-021-00489-z

Duleba Sz., Gundogdu, F., K., Moslem, S. (2021). Interval-Valued Spherical Fuzzy Analytic Hierarchy Process Method to Evaluate Public Transportation Development. *Informatica*, 32(4), 661-686. doi: 10.15388/21-INFOR451

Duleba, Sz., Moslem, S. (2021). User Satisfaction Survey on Public Transport by a New PAHP based Model. *Applied Sciences*, 11(21), 10256. doi: 10.3390/app112110256

Duleba, Sz, Tettamanti, T., Nyerges, Á., Szalay, Zs.(2021). Ranking the Key Areas for Autonomous Proving Ground Development Using Pareto Analytic Hierarchy Process. *IEEE Access*, 9, 51214-51230. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3064448

Duleba, Sz. (2022). Introduction and comparative analysis of the multi-level parsimonious AHP methodology in a public transport development decision problem. *Journal of the Operational Research Society*, 73:2, 230-243, doi: 10.1080/01605682.2020.1824553

Duleba, Sz., Celibilek, Y., Moslem, S., Esztergár-Kiss, D. (2022): Application of grey analytic hierarchy process to estimate mode choice alternatives: A case study from Budapest. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 13, 100560. doi: 10.1016/j.trip.2022.100560

- Duleba, Sz., Alkharabsheh, A., Gundogdu, F. (2022). Creating a common priority vector in intuitionistic fuzzy AHP: a comparison of entropy-based and distance-based models. *Annals of Operations Reserach*, 318, 163-187. doi: 10.1007/s10479-021-04491-5
- Duleba, Sz., & Blahota, I. (2022). Determining optimal group weights for consensus creation in AHP for three conflicting stakeholder groups by vector distance minimization. *Journal of the Operational Research Society*, 73(7), 1633-1648. doi: 10.1080/01605682.2021.1918588
- Duleba, Sz., Szádoczki, Zs. (2022). Comparing aggregation methods in large-scale group AHP: Time for the shift to distance-based aggregation. *Expert Systems with Applications*, 196, 116667. doi: 10.1016/j.eswa.2022.116667
- Ghorbanzadeh, O., Moslem, S., Blashke, T., Duleba, Sz. (2019). Sustainable urban transport planning considering different stakeholder groups by an Interval-AHP decision support model. *Sustainability*, 11(1), 9. doi: 10.3390/su11010009
- Gundogdu, F., K., Duleba, Sz, Moslem, S., Aydin, S. (2021): Evaluating public transport service quality using picture fuzzy analytic hierarchy process and linear assignment model. *Applied Soft Computing*, 100, 106920. doi: 10.1016/j.asoc.2020.106920
- Hamadneh, J., Duleba, Sz, Estergár-Kiss, D. (2022). Stakeholder viewpoints analysis of the autonomous vehicle industry by using multi-actors multi-criteria analysis. *Transport Policy*, 126, 65-84. doi: 10.1016/j.tranpol.2022.07.005
- Moslem, S., & Duleba, Sz. (2018). Application of AHP for evaluating passenger demand for public transport improvements in Mersin, Turkey. *Pollack Periodica*, 13(2), 10.1556/606.2018.13.2.7
- Moslem, S., & Duleba, Sz. (2019). Sustainable Urban Transport Development by Applying a Fuzzy-AHP Model: A Case Study from Mersin, Turkey. *Urban Science*, 3(2), 55. doi: 10.3390/urbansci3020055
- Szádoczki, Zs., & Duleba, Sz. (2022). Distance-based aggregation in Group AHP. *Journal of Decision Systems*, 31, 98-106. doi: 10.1080/12460125.2022.2070952