

# Utazástervező rendszerek értékelési szempontjaihoz tartozó súlyszámok meghatározása Fuzzy AHP alapú módszerrel

Az internetes utazástervező rendszerek értékeléséhez felállított szempontrendszerhez az utaspreferenciák (súlyszámok) meghatározása céljából az utasokat csoportokba osztották, és kérdőíves felmérést végeztek. Az utascsoportok és a fő szempontok közötti preferencia összefüggéseket reprezentáló súlyszámok megállapításához a Fuzzy AHP módszert alkalmazták. Meghatározták az eredeti és Fuzzy AHP súlyszámokat, amelyeket összehasonlítottak és megvizsgálták azt, hogy alkalmas-e a Fuzzy AHP módszerhez kapcsolódó páros kikérdezés az eredeti kérdőíves kikérdezés továbbfejlesztésére. A folyamatokat, eredményeket foglalták össze a szerzők.

**Esztergár-Kiss Domokos – Dr. Csiszár Csaba**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék

e-mail: esztergar@kku.bme.hu, csiszar.csaba@mail.bme.hu

## 1. BEVEZETÉS

A multikritériumos döntéstámogató módszerek száma és alkalmazása az utóbbi évtizedekben jelentősen nőtt. A Saaty [1], [2] által kifejlesztett analitikus hierarchikus módszer (AHP) az egyik legismertebb és legelterjedtebb ezek közül, amely a felhasználók preferenciáinak páros összehasonlításain alapul. A módszer legnagyobb problémája, hogy sok esetben nehéz a felhasználók preferenciáit pontos számértékekkel leképezni [3]. Erre jelent megoldást a Fuzzy módszer alkalmazása, amelyet Deng vezetett be [4]. A Fuzzy AHP módszer által generált értékek határai nem olyan élesek, így a súlyszámok finomabb meghatározását generálja. Mikhailov [5], [6] egy olyan Fuzzy módszert dolgozott ki, amely prioritásokat határoz meg páros összehasonlítások alapján.

Van Laarhoven és Pedrycz [7] a Fuzzy AHP módszert a trianguláris Fuzzy számok használatával egészítették ki, ami a számításokat leegyszerűsíti.

Nagyon részletes áttekintést ad Vaidya and Kumar [8] különféle AHP alkalmazásokról. Néhány tanulmány városi mobilitási problémákra keresi a választ, azonban általában tágabb értelemben, mint Campos et al. [9], akik egy városi mobilitásra vonatkozó értékelést (fenntarthatóság, környezet, gazdaságosság, szociális szempontok) végeztek el ezzel a módszerrel. Teng and Tzeng [10] közlekedésberuházási problémákat rangsorolt, míg Duleba et al. [11] az autóbuszokra vonatkozó szolgáltatási minőséget elemezte stratégiai szinten. A szerzők által kidolgozott megoldások közösségi közlekedési fejlesztés-

tések értékelésére alkalmasak. Sivilevicius és Maskeliunaite [12] már utas szempontú megközelítést alkalmaztak, hiszen vasúti közlekedésben nyújtott szolgáltatási minőségi szinteket rangsoroltak. Longo et. al. [13] pedig módváltási preferenciákat vizsgált az AHP módszerrel egy egyetemi kampuszra vonatkozóan. Shafabakhsh et al. [14] a megfelelő közlekedési mód kiválasztását Fuzzy döntéstámogató módszerrel végezték. A hazai alkalmazások közül Farkas [15] az AHP páros összehasonlító mátrixok konzisztenciájával foglalkozott, Markovits-Somogyi és Bokor [16] pedig a DEA-PC (pairwise comparison) módszert használta a logisztikai hatékonyság-értékeléshez.

A Fuzzy AHP módszert már sokféle probléma megoldására használták, azonban multimodális utazástervező rendszerek értékelésére még nem. A cikkben a Chang [17] által kidolgozott megközelítést vettük alapul, amely módszert Catak et al [18] is alkalmazták adatbázis rendszerek kiválasztására. Esetünkben a Fuzzy AHP módszert Fuzzy súlyszámok számolására használtuk, amelyeket multimodális utazástervező rendszerek értékelésénél alkalmaztunk. A kutatás alapkérdése az volt, hogy a Fuzzy módszer alkalmazásával „kisimíthatóak-e” az utascsoportok preferen-

ciáira vonatkozó eredmények, azaz az eredeti kikérdezéses módszerhez hasonló súlyszámok megállapíthatók-e?

## 2. AZ UTAZÁSTERVEZŐ RENDSZEREK ÉRTÉKELÉSI SZEMPONTJAI ÉS AZ UTASCSOPORTOK

Annak érdekében, hogy a multimodális utazástervező rendszereket értékelni tudjunk, egy szempontrendszert állítottunk fel [19]. A szempontok öt fő szempontba (csoportba) sorolhatók: útvonaltervezés, helyfoglalás és díjfizetés, kezelt adatok, kényelmi szolgáltatások, kiegészítő információk (1. táblázat). Ezek a fő szempontok szerepelnek az oszlopfejlécben. Az alszempontok pedig a táblázat további celláiban találhatóak.

Az utasokat öt jellegzetes csoportba osztottuk: tanulók, dolgozók, turisták, üzletemberek, nyugdíjasok. A beosztás az utasok életkora (fiatal, középkorú, idősebb), utazási motivációja (iskola, munka, szabadidő) és akadályoztatottsága (problémamentes, problémás) alapján készült.

A multimodális utazástervező rendszerek értékelése során minden fő szemponthoz súlyszámokat rendeltünk, amelyeket egy kér-

1. táblázat: Utazástervező rendszerek értékelési szempontjai (fő és alszempontok)

Útvonaltervezés	Helyfoglalás és díjfizetés	Kezelt adatok	Kényelmi szolgáltatások	Kiegészítő információk
adatbevitel módja	tarifainformáció	statikus adatok	szolgáltatások az utasforgalmi létesítménynél	környezeti hatások megjelenítése
tervezési szempontok	helyfoglalás és díjfizetés módja	féldinamikus adatok	szolgáltatások a járművön	idegen nyelvű információk
megjelenített adatok köre	fizetési lehetőségek	dinamikus és előrebecsült adatok	kiegészítő szolgáltatások	ügyfélkapcsolati lehetőségek
megjelenített adatok áttekinthetősége		személyes adatok kezelése		esélyegyenlőségi információk

dőíves felmérés segítségével az utascsoportok preferenciái alapján határoztunk meg. Ezt a kérdőíves felmérést neveztük eredeti módszernek. A súlyozott fő szempontok segítségével az utazástervező rendszereket rangsoroltuk. Az értékelési módszer részletes leírása és eredményei a szerzők korábbi cikkében jelentek meg [19].

Jelen cikkünkben a súlyszámok meghatározására adunk új megoldást, ami a páros összehasonlítások által egyszerűsíti a kérdőívek kitöltését és biztosítja a konzisztens válaszok feldolgozását.

### 3. FUZZY AHP MÓDSZER

Az AHP módszer hatékony megoldást nyújt komplex döntési problémák kvantitatív kezelésére; segítségével rangsorolni lehet különböző alternatívákat (esetünkben utazástervező rendszereket). A Fuzzy AHP módszer az AHP továbbfejlesztett változata, ami a súlyszámok előállításához alkalmazott finomabb skálázásának köszönhetően valóságosabb eredményeket ad. A kutatás során az AHP és a Fuzzy AHP módszerrel is számoltunk súlyszámokat.

#### 3.1. Kérdőíves kikérdezés – az eredeti módszer

133 résztvevővel egy 8 hetes intervallumban online kérdőíves kikérdezést végeztünk az utazástervező rendszerek fő és alszempontjaira vonatkozóan. Az utascsoportok közötti megoszlást tekintve a legtöbb kitöltő tanuló és turista volt, míg a nyugdíjasok aránya a legkisebb (9%), ami valószínűleg a kérdőív típusából (online felület) adódott.

A kikérdezés első része olyan kérdéseket tartalmazott, amelyek a kikérdezettek életkorára és foglalkozására (tanuló, dolgozó, nyugdíjas) vonatkoztak, továbbá kitértek az akadályoztatottságára (mozgássérült-e vagy sem) és az utazás motivációjára (munka, szabadidő, turista) is. Ezen adatok alapján a kikérdezetteket a bemutatott öt utascsoportba osztottunk. A kérdőív második részében egy külön kérdés során a résztvevők rangsorol-

ták 1-5-ig a fő szempontokat aszerint, hogy általánosságban mennyire tartják fontosnak ezeket a szempontokat. Azaz a legfontosabbnak tartott fő szempont kapott 1-es értéket, míg a legkevésbé fontos fő szempont 5-ös értéket.

A kérdőív további része az alszempontokra fókuszált. A válaszokat az egyes kérdésekre egy 10 fokozatú skálán lehetett megadni, ahol az 1 érték jelentette a kevésbé preferált, míg a 10 érték a nagyon preferált szempontot. Az egyes alszempontokra adott válaszok alapján összességében nem biztos, hogy konzisztens válaszokat kapunk, hiszen nagyon sok kérdést kellene együttesen átgondolni, ami egy átlagos felhasználó számára nem egyszerű feladat. Az AHP értékek számolása az egyes válaszadók által az alszempontokra adott értékek átlagolásával történt, amiket utascsoportok szerint is szétbontottuk.

#### 3.2. Páros összehasonlítás

Az AHP módszer páros összehasonlításokon (értékeléseken) alapszik, amit az utasok végeznek el a fő szempontok minden lehetséges párosítása alapján. Az eredeti kérdőíves kikérdezés során az összes szempontot kellett egyszerre figyelembe venni és pontozni, így előfordulhat olyan, hogy az utas a kérdőív kitöltése után már máshogy adná a pontokat, mint ahogy az elején csak néhány szempontra fókuszálva. A páros összehasonlítások segítségével egyszerűsödik a kérdések megválaszolása (a döntések leképezése) és hatékonyan vizsgálható a konzisztencia, így biztosan belső ellentmondásoktól mentes eredmények nyerhetők ki. Bár az egyes összehasonlítások elvégzése gyors és egyszerű, sok szempont esetén nagyon sok összehasonlítást kíván a felhasználótól. A mi esetünkben a válaszok konzisztensek voltak, hiszen a szempontokat önállóan értékelték a válaszadók. Így az AHP értékeket az eredeti módszer kérdőíves választai alapján, konzisztens módon generáltuk. Azonban egy páros összehasonlító kérdőív esetében előfordulhatnak nem konzisztens válaszok, amelyeket ki kell szűrni, és a megmaradt válaszokkal lehet kiszámolni a további eredményeket (2. táblázat).

2. táblázat: Példa a fő szempontok páros összehasonlítására

Összehasonlítandó fő szempontok			Fontosság szintje					
egyik fő szempont	Fontosabb?	másik fő szempont	Fontosabb?	ugyanannyira	kicsit	inkább	sokkal	kimagaslóan
útvonal-tervezés	X	helyfoglalás és díjfizetés				X		
útvonal-tervezés	X	kezelt adatok		X				
útvonal-tervezés	X	kényelmi szolgáltatások					X	
útvonal-tervezés	X	kiegészítő információk						X
helyfoglalás és díjfizetés		kezelt adatok	X			X		
helyfoglalás és díjfizetés	X	kényelmi szolgáltatások			X			
helyfoglalás és díjfizetés	X	kiegészítő információk					X	
kezelt adatok	X	kényelmi szolgáltatások					X	
kezelt adatok	X	kiegészítő információk						X
kényelmi szolgáltatások		kiegészítő információk	X		X			

### 3.3 AHP értékek és súlyszámok számolása

Az AHP módszerrel egy AHP érték állítható elő két fő szemponthoz (j és k) a páros összehasonlítás eredményeiből számolva. Az AHP értékek értékkészlete 1-től 6-ig terjed, ahol az 1 azt jelenti, hogy ugyanazt a fő szempontot vizsgáljuk, a 2 elhanyagolható különbséget jelent két fő szempont megítélése között, a 6 pedig rendkívül nagy különbséget mutat. Az AHP érték egy táblázat alapján számolható ki, ahol a fő szempontok egymáshoz viszonyított arányai szerepelnek. Az AHP értékek előállítását minden utascsoportra külön végeztük el, ami azért lényeges, mert így részletesebb információt kaptunk az utascsoportok preferenciáiról.

Mivel az eredeti kérdőíves kikérdezés egy 10-es fokozatú skálán történt (nem páros összehasonlításokkal), ezért az értékeket át kellett konvertálnunk. Az utasok válaszaihoz tartozó értékek átlaga alapján párosával meghatároztuk a fő szempontok egymáshoz viszonyított arányait, azaz elosztottuk egymással adott két fő szempont (j és k) átlagértékét. A létrejövő arány értékkészlete attól függően, hogy a fontosabb fő szempont a számlálóba vagy a nevezőbe kerül, 1 és végtelen, illetve 0 és 1 közötti folytonos érték. Az arányokból képezhetők az AHP értékek (3. táblázat). Az arányokhoz tartozó AHP értékek mérnöki megfontolások alapján határoztuk meg, amelyek helyességét a végeredmények alátámasztották.

3. táblázat: AHP értékek meghatározási módszere

arány	AHP érték	magyarázat	arány	AHP érték	magyarázat
1	1	j és k ugyanaz a szempont	1	1	k és j ugyanaz a szempont
1,5	2	j és k ugyanannyira fontos	0,6667	1/2	k és j ugyanannyira fontos
2	3	j kicsit fontosabb, mint k	0,5	1/3	j kicsit fontosabb, mint j
2,5	4	j inkább fontosabb, mint k	0,4	1/4	k inkább fontosabb, mint j
3	5	j sokkal fontosabb, mint k	0,3333	1/5	k sokkal fontosabb, mint j
3-nál nagyobb	6	j kimagaslóan fontosabb, mint k	0,3333-nál kisebb	1/6	k kimagaslóan fontosabb, mint j

Egy  $m \times m$ -es  $A$  mátrixot állítottunk elő, amelynek sorai és oszlopai a fő szempontokat tartalmazzák, elemei ( $a_{jk}$ ) pedig az adott fő szempontok páros összehasonlítása alapján képzett AHP értékek. Mivel a mátrix főátló szerint tükrözött elemei reciprok értékei egymásnak, így elegendő a felső háromszög mátrix értékeivel számolni.

$$a_{jk} = \frac{1}{a_{kj}} \quad (1)$$

A mátrix elemeinek értékeit az AHP módszert követve normalizáltuk (oszlopösszegekkel osztottunk), ahol „ $m$ ” a fő szempontok száma.

$$\bar{a}_{jk} = \frac{a_{jk}}{\sum_{l=1}^m a_{lk}} \quad (2)$$

Végül a fő szempontok súlyszámait ( $w_j$ ) a sorokban szereplő értékek átlagolásával kaptuk meg.

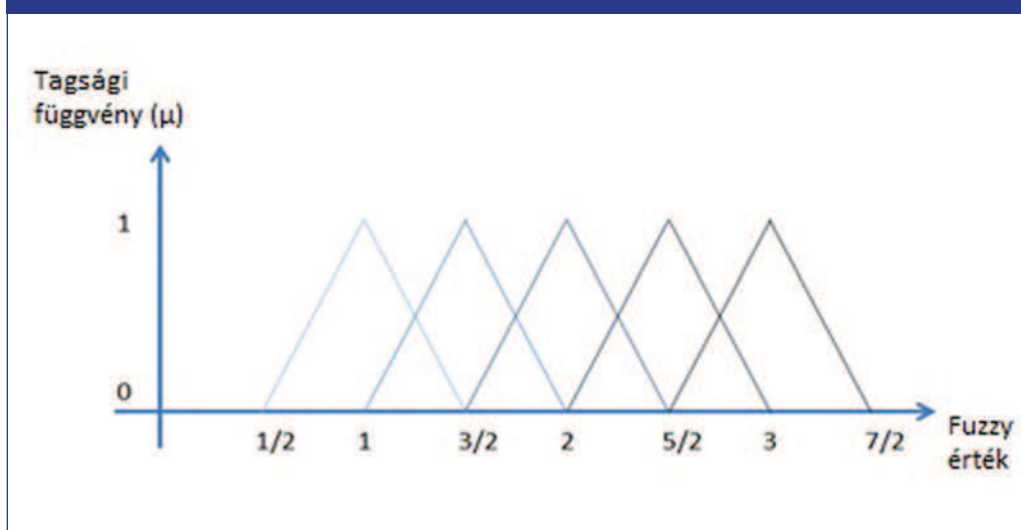
$$w_j = \frac{\sum_{l=1}^m \bar{a}_{jl}}{m} \quad (3)$$

### 3.4. Fuzzy értékek és súlyszámok számolása

A Fuzzy AHP módszer alkalmazásakor ugyanazokat az AHP értékeket vettük alapul, amelyeket a 3.3. pontban kiszámoltunk. Az első lépésben az AHP értékek ( $a_{jk}$ ) fuzziifikálását végeztük el. A fuzziifikált értékek megmutatják, hogy egy adott érték mennyire tartozik egy adott kategóriába. A hozzátartozás mértéke egy tagsági függvény ( $\mu$ ) segítségével állapítható meg. [20] A tagsági függvényt  $[0,1]$  intervallumon értelmeztük, míg, szélességét a függvény alakja határozza meg [21]. Esetünkben a háromszög tagsági függvényt alkalmaztuk, mivel ez a legelterjedtebb és egyben egyszerűen használható típus. A háromszög tagsági függvényt az alsó határa ( $l_{jk}$ ), a felső határa ( $u_{jk}$ ), és középső eleme ( $m_{jk}$ ), - ahol a tagsági függvény ( $\mu$ )=1 - határoz meg. A Fuzzy értéket ( $a_{Fjk}$ ) a tagsági függvény három eleme határozza meg. Az 1. ábra az általunk használt Fuzzy értékeket jelenítettük meg.

$$a_{Fjk} = (l_{jk}, m_{jk}, u_{jk}) \quad (4)$$

1. ábra: Fuzziifikáció vizuális megjelenítése



A fuzziifikáció során a Fuzzy értékek meghatározásához ugyanazt az értékészletet alkalmaztuk, mint az eredeti AHP érték meghatározásánál (4. táblázat).

A Fuzzy súlyszámok ( $w_{Fj}$ ) kiszámítása hasonló az AHP módszernél tárgyaltakhoz, bár a Fuzzy műveletek elvégzése bonyolultabb számításokat igényel [18].

## 4. EREDMÉNYEK

### 4.1. Az eredmények értelmezése

A fő szempontok egymáshoz viszonyított arányai (azaz elosztottuk egymással adott két fő szempont értékét) és az AHP értékek megállapításánál a kérdőíves kikérdezés válaszai alapján számított értékeket vettük alapul. Minden utascsoportra külön végeztük el a számításokat. Az 5. táblázat elemei a fő szempontokra adott utascsoportonkénti átlagos értékek egymáshoz viszonyított arányait mutatják, illetve az AHP értékeket. A külső sorok az utascsoportokat jelölik (megjelenítve csak a tanulók átlagolt válaszainak arányai láthatók). A belső sorokban és az oszlopokban is a fő szempontok szerepelnek. A fő szempontok jelölése a következő: útvonaltervezési szolgáltatások (1.), helyfoglalás és díjfizetés (2.), kezelt adatok (3.), információ a kényelmi szolgáltatásokról (4.), kiegészítő információk (5.).

Az 5. táblázatban az 1-nél nagyobb értékek esetében az adott sorban lévő fő szempont fontosabb, mint a vele összehasonított oszlopban lévő fő szempont, míg az 1-nél kisebb értékek azt jelentik,

hogy az adott sorban lévő fő szempontot az adott oszlopban lévő fő szemponttal összehasonlítva az oszlopban lévő fő szempontot ítélték fontosabbnak az utasok. Az 1-es érték a főátlóban a fő szempont saját magához viszonyított értéke, míg máshol azonos értékelés esetén fordulhat elő.

A táblázat elemeinek vizsgálata alapján megállapítható, hogy a kezelt adatok (3.) a legfontosabb fő szempont, az útvonaltervezés (1.) pedig a második legfontosabb. Ez abból állapítható meg, hogy például a kezelt adatok (3.) esetében a 3. sor összes értéke 1 fölötti, tehát ez a legfontosabb fő szempont. A kényelmi szolgáltatásokat (4.) és kiegészítő szolgáltatásokat (5.) vizsgálva az utasok az utóbbi fő szempontot fontosabbnak ítélték a tanulók. A legnagyobb különbség a kezelt adatok (3.) és kényelmi szolgáltatások (4.) között figyelhető meg, amelynek értéke 2,04. Ez azt jelenti, hogy sokkal fontosabbak a menetrendi és dinamikus adatok, mint a WiFi elérhetőség.

Az 5. táblázat jobb oldalán a 3. táblázat alapján számított AHP értékek szerepelnek. Itt már elegendő a felső háromszög mátrix értékeivel számolni, hiszen az alsó értékek reciprokai a felső értékeknek, tehát ezekkel az AHP módszer miatt nem szükséges számolni. A fő szempontok közötti különbségek itt is megmaradtak, azaz például a kezelt adatok (3.) és kényelmi szolgáltatások (4.) közötti legnagyobb különbség 4-es értéket kapott.

A táblázat itt meg nem jelenített sorainak (többi utascsoport fő szempontokhoz tartozó arányai és AHP értékei) további elemzése alapján az utascsoportok véleményét egymáshoz viszonyítva

4. táblázat Fuzzy értékek meghatározási módszere

arány	Fuzzy érték	magyarázat	arány	Fuzzy érték	magyarázat
1	(1,1,1)	j és k ugyanaz a szempont	1	(1,1,1)	k és j ugyanaz a szempont
1,5	(1/2,1,3/2)	j és k ugyanannyira fontos	0,6667	(2/3,1,2)	k és j ugyanannyira fontos
2	(1,3/2,2)	j kicsit fontosabb, mint k	0,5	(1/2,2/3,1)	j kicsit fontosabb, mint j
2,5	(3/2,2,5/2)	j inkább fontosabb, mint k	0,4	(2/5,1/2,2/3)	k inkább fontosabb, mint j
3	(2,5/2,3)	j sokkal fontosabb, mint k	0,3333	(1/3,2/5,1/2)	k sokkal fontosabb, mint j
3-nál nagyobb	(5/2,3,7/2)	j kimagaslóan fontosabb, mint k	0,3333-nál kisebb	(2/7,1/3,2/5)	k kimagaslóan fontosabb, mint j

5. táblázat A fő szempontokhoz tartozó arányok és AHP értékek a 'tanulók' utascsoport esetében

	arány					AHP érték					
	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.	
Tanuló	1.	1,00	1,33	0,86	1,75	1,33	1	2	1/2	3	2
	2.	0,75	1,00	0,65	1,32	1,00	1/2	1	1/3	2	2
	3.	1,16	1,55	1,00	2,04	1,55	2	3	1	4	3
	4.	0,57	0,76	0,49	1,00	0,76	1/3	1/2	1/4	1	1/2
	5.	0,75	1,00	0,64	1,31	1,00	1/2	1/2	1/3	2	1

az útvonaltervezés és kiegészítő információk terén nagymértékű hasonlóság fedezhető fel (előbbi fontos, utóbbi kevésbé). A tanulók számára a helyfoglalás és díjfizetés, illetve a kiegészítő információk hasonlóan fontosak, ami azt jelenti, hogy a fiatalabb generációt nem csak az utazás ára, hanem az alacsonypadlós járművek és a környezeti hatások is érdeklik. Az összes utascsoportot és fő szempontot vizsgálva a legnagyobb különbséget a nyugdíjasok produkálták, a kezelt adatokat és kényelmi szolgáltatásokat összevetve. Tehát őket sokkal jobban érdeklik a menetrendi és dinamikus információk, mint a WiFi elérhetőség. A turisták számára a helyfoglalás és díjfizetés, illetve az útvonaltervezés sokkal közelebb áll egymáshoz, mint a többi utascsoport esetében. Ez azt támasztja alá, hogy nekik sokkal fontosabbak a különböző díjfizetési módszerek (pl. mobiltelefonos, bankkártyás) ismerete.

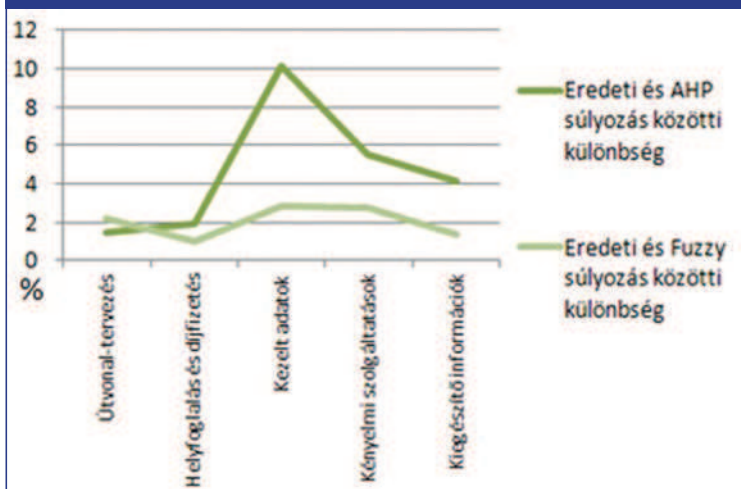
#### 4.2. Az eredmények összehasonlítása

Az eredeti súlyszámok ( $w_0$ ) a kikérdezés válaszai alapján utascsoportonként, az alszempontokra adott válaszok értékeinek átlaga. Az AHP értékekből kiszámoltuk az AHP ( $w$ ) és a Fuzzy ( $w_F$ ) súlyszámokat, amelyeket megvizsgáltunk, hogy mennyire közelítik az eredeti súlyszámokat ( $w_0$ ). Az összehasonlítás során a két vizsgált súlyszám különbségének abszolút értékét vettük, azaz pl. az útvonaltervezés esetében ( $w_0=0,239$ ,  $w=0,254$ ,  $w_F=0,217$ ) az eredeti és AHP

súlyozás aránya: 1,43%, míg az eredeti és Fuzzy súlyozás aránya: 2,21%.

Az eredeti ( $w_0$ ) és AHP súlyszámokat ( $w$ ) összehasonlítva nagy különbségek adódtak (2. ábra). A legnagyobb eltérés a kezelt adatok esetében volt tapasztalható. Az AHP súlyszámok az összes fő szempontra vonatkozóan átlagosan 4,6% eltérést mutattak az eredeti súlyszámokhoz képest), ezért ezen módszer alkalmazása nem ajánlott. Az eredeti ( $w_0$ ) és Fuzzy ( $w_F$ ) súlyszámokat összehasonlítva a legnagyobb eltérés szintén a 'kezelt adatok' fő szempont esetében volt tapasztalható, azonban sokkal kisebb mértékben. Az 'helyfoglalás és díjfizetés' és 'kiegészítő információk' fő szempontok esetében kisebb eltérés volt jellemző, míg a többi fő szempont esetében néhány százalékkal nagyobb. Megállapítható tehát, hogy az eltérés a Fuzzy esetében megfelelően kicsi volt (átlagosan 2% eltérés az eredeti súlyszámokhoz képest) és sokkal egyenletesebben jelentkezett.

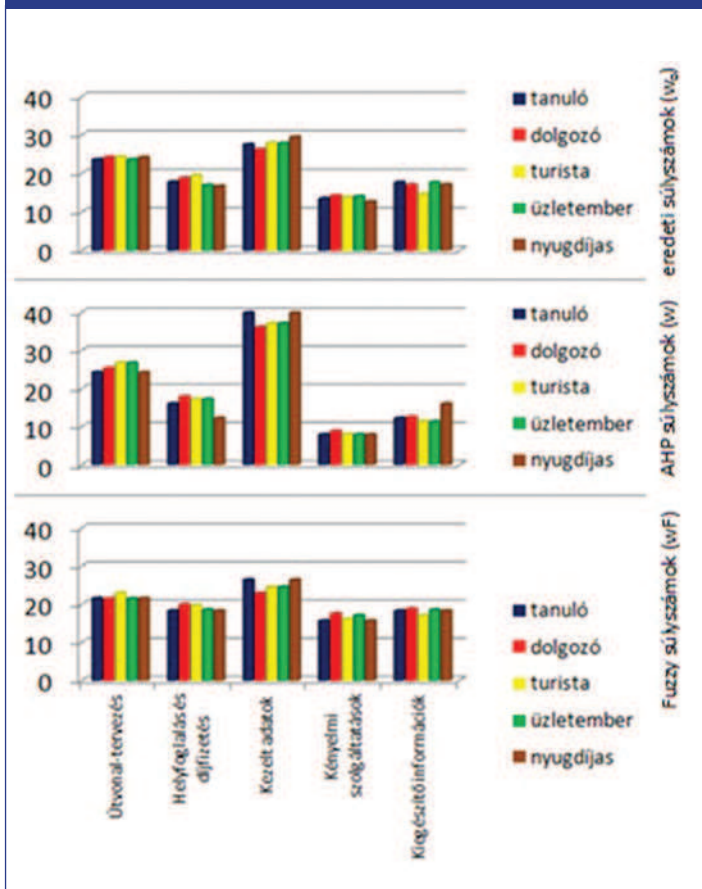
2. ábra: Eltérések az eredeti ( $w_0$ ) súlyszámoktól az AHP ( $w$ ) és a Fuzzy ( $w_F$ ) súlyszámok esetében



Az utascsoportok szerint vizsgálva hasonló megállapításokra jutottunk (3. ábra), így jobban láthatóvá válnak az utascsoportok közötti esetleges értékelési eltérések. Mindkét új súlyozási módszer esetében megmaradt a fő szempontok eredeti fontossági sorrendje, azaz a 'kezelt adatok' és 'útvonaltervezési szolgáltatások' esetében figyelhetők meg a legnagyobb értékek, míg a legkisebb értékek a 'kényelmi szolgáltatások' esetében jelennek meg. Kisebb eltérések mutatkoznak az utascsoportok preferenciáit tekintve az egyes fő szempontoknál (pl. a 'kezelt adatok' esetében a dolgozók a Fuzzy súlyozás során alacsonyabb értéket képviselnek, mint az eredeti esetben), ez azonban lényegileg nem változtatja meg a preferencia sorrendet.

Az eredmények vizsgálata alapján megállapítható, hogy a Fuzzy súlyozás eredményei jól közelítik az eredeti súlyozás eredményeit. Tehát a páros összehasonlítással elvégzett kikérdezéseket érdemes alkalmazni a fő szempontok súlyainak meghatározása során. Ugyanekkor több kérdésre kell válaszolni, mint az eredeti kérdőíves felmérésnél, viszont előnyökkel jár. Úm. amikor páros összehasonlításon alapuló kikérdezést végzünk, akkor lehetséges a kitöltők válaszainak konzisztenciáját vizsgálni. Amennyiben nem konzisztens eredményeket tapasztalunk, akkor kiszűrhetők a nem konzisztens válaszokat adó kitöltők, és az elemzés a szűkített, de konzisztens eredményeket tartalmazó válaszokkal végezhető el.

3. ábra Eredmények összehasonlítása a fő szempontok alapján: eredeti súlyszámok ( $w_0$ ), az AHP súlyszámok ( $w$ ) és a Fuzzy súlyszámok ( $w_F$ )



Megállapítható, hogy a Fuzzy AHP módszerrel elvégzett vizsgálat a súlyszámok vonatkozásában ugyanazt az eredményt adja, mint az eredeti módszer, és a felmérésben résztvevő nem komplexen gondolkodók inkonzisztens válaszai kiszűrhetők.

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatás során megállapítottuk, hogy a Fuzzy AHP módszer multimodális utazástervező rendszerek súlyszámainak számításához megfelelő. Az eredeti súlyszámokat kérdőíves kikérdezés alapján határoztuk meg, amelyeket összehasonlítottunk az AHP és Fuzzy AHP módszerek eredményeivel. Az összehasonlítás alapján az eredeti és a Fuzzy AHP módszer által létrehozott súlyszámok hasonló eredményeket mutattak. A Fuzzy AHP módszer használatával a kérdőíves kikérdezés egyszerűsíthető, azaz páros összehasonlító kérdések feltevésével feltárható az utasok preferenciái.



A kutatás legnehezebb része az AHP értékekhez tartozó arányok beállítása volt. Ez abban nyilvánult meg, hogy bizonyos beállítások esetében az eredeti módszerhez képest nagyon eltérő végeredmények születtek. A Fuzzy módszer adaptálása is sok nehézséggel járt, azaz, miként lehet egy más problémára kitárlt módszert a megfelelő adatokkal feltölteni úgy, hogy a súlyszámokat adja ki eredményül. Ebben segített az elmélet áttanulmányozása és a más területen alkalmazott konkrét megoldások megértése.

További irányként az utasoknak az utascsoportokhoz történő „automatikus” hozzárendelését tűztük ki célul. Ennek egy módja a napi mozgásokról az adatok begyűjtése, amelynek feltétele a bekapcsolt GPS vevővel történő közlekedés és engedélyezett adatgyűjtés. A meglátogatott helyszínek gyakoriságából, az ott töltött időtartamból, illetve a használt közlekedési módokból és sebességekből kinyerhető egy mintázat, ami alapján be lehet sorolni az utasokat a leginkább illeszkedő csoportba. Amennyiben sikerült beazonosítani az utascsoportot, akkor könnyebbé válik (kevesebb műveletet kíván meg a felhasználótól) a személyes beállítások paraméterezése, és ezáltal a személyre szabott útvonalak és közlekedési módok ajánlása.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Saaty T.L. (1980) The analytic hierarchy process, McGraw-Hill, New York
- [2] Saaty R.W. (1987) The analytic hierarchy process—what it is and how it is used, *Mathematical Modelling*, Vol. 9, Issue 3-5, pp. 161-176.
- [3] Mikhailov L., Tsvetinov P. (2004) Evaluation of services using a fuzzy analytic hierarchy process, *Applied Soft Computing*, Volume 5, Issue 1, pp. 23-33., DOI: 10.1016/j.asoc.2004.04.001
- [4] Deng H. (1999) Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparisons, *International Journal of Approximate Reasoning*, Vol. 21, Issue 3, pp. 215–231., DOI: 10.1109/FUZZY.1999.793038
- [5] Mikhailov L. (2003) Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgments, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 134, Issue 3, pp. 365–385., DOI: 10.1016/S0165-0114(02)00383-4
- [6] Mikhailov L. (2000) A fuzzy programming method for deriving priorities in the analytic hierarchy process, *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 51, Issue 3, pp. 341–349., DOI: 10.2307/254092
- [7] van Laarhoven P.J.M., Pedrycz W. (1983) Fuzzy extension for Saaty’s priority theory, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 11, Issue 1-3, pp. 229–241., DOI: 10.1016/S0165-0114(83)80082-7
- [8] Vaidya O.S., Kumar S. (2006) Analytic hierarchy process: An overview of applications, *European Journal of Operational Research*, Volume 169, Issue 1, pp. 1-29., DOI:10.1016/j.ejor.2004.04.028
- [9] Campos V.G.B., Ramos R.A.R., Correia D.M.S. (2010) Multi-criteria analysis procedure for sustainable mobility evaluation in urban areas, *Journal of Advanced Transport*, Vol. 43, Issue 4, pp. 371-390., DOI: 10.1002/atr.5670430403
- [10] Teng J.Y., Tzeng G.H. (1996) Fuzzy multicriteria ranking of urban transportation investment alternatives, *Transportation Planning and Technology*, Vol. 20, Issue 1, pp. 15-31., DOI: 10.1080/03081069608717577
- [11] Duleba S., Mishina T., Shimazaki Y. (2012) A dynamic analysis on public bus transport’s supply quality by using AHP, *Transport*, Vol. 27, pp. 268–275., DOI: 10.3846/16484142.2012.719838
- [12] Sivilevicius H., Maskeliunaite L. (2010) The criteria for identifying the quality of passengers’ transportation by railway and their ranking using AHP method, *Transport*, Vol. 25, pp. 368–381., DOI: 10.3846/transport.2010.46
- [13] Longo G., Medeoosi G., Padoano E. (2015) Multi-criteria Analysis to Support Mobility Management at a University Campus, *Transportation Research Procedia*, Vol.5., SIDT Scientific Seminar 2013, pp. 175–185., DOI: 10.1016/j.trpro.2015.01.019
- [14] Shafabakhsh G.A., Hadjihoseinlou M., Taghizadeh S.A. (2014) Selecting the appropriate public transportation system

- to access the Sari International Airport by fuzzy decision making, European Transport Research Review, Volume 6, Issue 3, pp. 277-285., DOI: 10.1007/s12544-013-0128-7
- [15] Farkas A., Rózsa P. (2013) A recursive least-squares algorithm for pairwise comparison matrices, Central European Journal of Operations Research, Volume 21, Issue 4, DOI: 10.1007/s10100-012-0262-7
- [16] Markovits-Somogyi R., Bokor Z. (2014) Assessing the logistics efficiency of European countries by using the DEA-PC methodology, Transport (Vilnius), Volume 29, Issue 2, pp. 137-145., DOI: 10.3846/16484142.2014.928787
- [17] Chang D.Y. (1996) Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, European Journal of Operational Research, Vol. 95, Issue 3, pp. 649-655., DOI: 10.1016/j.eswa.2007.09.004
- [18] Catak F.O., Karabas S., Yildirim S. (2012) Fuzzy analytic hierarchy based DBMS selection in turkish national identity card management project, International Journal of Information Sciences and Techniques (IJIST), Vol. 2, Issue 4, pp. 29-38., DOI: 10.5121/ijist.2012.2403
- [19] Esztergár-Kiss D., Csiszár Cs. (2015) Evaluation of multimodal journey planners and definition of service levels, International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, Springer, ISSN: 1868-8659, Vol. 13, Issue 3, pp 154-165. DOI: 10.1007/s13177-014-0093-0
- [20] Zadeh L.A. (1965) Fuzzy sets, Information and Control, Vol. 8, pp. 338-353.
- [21] Ross T.J. (2004) Fuzzy Logic with Engineering Applications, 2nd edition, Wiley, ISBN: 978-0-470-86074-8



### The determination of weighting numbers belonging to the evaluation aspects of travel planning systems, with a method based on fuzzy ahp

With the purpose of determining passenger preferences (weighting numbers) to be used for the criteria for the evaluation of online travel planning systems, passengers were divided into groups and a questionnaire survey was conducted. In order to determine the weighting numbers representing the preference correlations between passenger groups and their main aspects, the Fuzzy AHP method was used. The original and the Fuzzy AHP weighting numbers were determined, then they were compared and it was examined whether the interviewing in pairs connected to the Fuzzy AHP method could be suitable for the further development of the original questionnaire-based interviews. The processes and results have been summarized by the authors of the present paper.



### Die bestimmung der zu den bewertungskriterien gehörenden gewichteten zahlen mit einer auf fuzzy ahp basierten methode

Um die Präferenzen der Passagiere (die gewichteten Zahlen) für Kriterien der Bewertung von Online-Reiseplanungssystemen zu ermitteln, wurden die Passagiere in Gruppen eingeteilt und es wurde eine Fragebogenumfrage durchgeführt. Um die gewichteten Zahlen, die die Präferenzkorrelationen zwischen Passagiergruppen und ihren Hauptaspekten darstellen, zu bestimmen, wurde das Fuzzy-AHP-Verfahren verwendet. Die ursprüngliche und die Fuzzy-AHP-Gewichtungszahlen wurden bestimmt, dann wurden sie verglichen und es wurde untersucht, ob die mit der Fuzzy-AHP-Methode verknüpften Paarinterviews für die Weiterentwicklung der ursprünglichen fragebogenbasierten Interviews geeignet sein könnten. Diese Prozesse und Ergebnisse wurden von den Autoren der vorliegenden Arbeit zusammengefasst.