

Útvonal értékelő eljárás személyre szabott utastájékoztatáshoz

A mobilitási igények jellemzőinek és a minőségi elvárások változása miatt a közlekedők egyre inkább igénylik a helyváltoztatásra és annak előkészítésére fordított idő csökkentését, a helyváltoztatás kellemessé tételét, és a megbízható adatokon alapuló utazás-tervezést. Ezért a nemzetközi és a hazai kutatások is kiterjedten foglalkoznak az utazás-tervezés optimalizálásával. Léteznek példaértékű alkalmazások, azonban ezek személyre szabott jellege esetleges és csekély mértékű.. A bemutatott kutatás újdonságereje abban rejlik, hogy pontos fizikai jellemzőket és a felhasználói elvárásokat figyelembe véve valósághű az értékelés.

Földes Dávid

Ph.D. hallgató

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék
e-mail: foldes.david@mail.bme.hu

–

Dr. Csiszár Csaba

egyetemi docens

BMGE

Közlekedésüzemi és
Közlekedésgazdasági Tanszék
csiszar.csaba@mail.bme.hu

1. BEVEZETÉS

Az egyéni közlekedés rugalmasságával, szabadságával a közforgalmú közlekedés adottságaiból következően nem veheti fel a versenyt. A felhasználók mind az alapfolyamatban, mind az információs szolgáltatásokban igénylik a nagyobb rugalmasságot. A közforgalmú közlekedés alapfolyamati „hiányossága” a következő módokon csökkenthető:

- az alapfolyamat személyre szabásával: igényvezérelt, rugalmas közlekedés bevezetésével, és
- a fejlett információ menedzsmenttel: az útvonalak személyre szabásával.

Kutatásunk során az információmenedzsment kérdéseivel foglalkoztunk.

A közlekedési döntések befolyásolója:

- dinamikus és valós idejű (real-time) adatok szolgáltatásával,

- az aktuális helyzettől és körülményektől függő tájékoztatással, valamint
- a személyre szabás fokozásával érhető el.

Az olyan alkalmazások, amelyek dinamikus és/vagy személyre szóló, multimodális információkat közölnek intelligens személyes utazási asszisztensnek (PITA) nevezhetők [1], azonban a ma létező utazás-tervező alkalmazások jelentős része még csak statikus adatokat használ [2]. A közlekedési kínálat minőségét

- a szolgáltatás (megközelíthetőség, közvetlenség, időbeli rendelkezésre állás, sebesség, megbízhatóság),
- az utazás (fizikai és mentális komfort, biztonság) és
- a kezelhetőség (áttekinthetőség, utazás előtti és utazás közbeni információk) minősége együttesen határozza meg [3].

Az információk értéket képviselnek, egyrészt mivel az információkezelési műveleteknek

költségeik vannak, másrészt az információk felhasználásával az utazók döntési hatékonysága lényegesen fokozható. Az információk minősége és értéke között szoros összefüggés van. Az információk jellemzési (értékelési) szempontjait határozták meg a [4] irodalomban.

A közlekedési módválasztást az utazók személyes preferenciái erősen befolyásolják [5], [6]. A közlekedési szokások vizsgálatánál az egyik legfontosabb kérdés, hogy miként reagálnak az utasok az információkra. Különösen az időelemek és azok bizonytalansága befolyásolja az utazás időpontját [7], illetve a mód- és eszközválasztást. Chorus és társai vizsgálták [8] az utazók döntéseinek változását, a részleges, majd egyre teljesebb körű információk közlésének hatására. Molin és Chorus [9] a felhasználók, információ hatására bekövetkező, reakcióit és viselkedését elemezték a fizetési hajlandósággal összefüggésben piac alapú megközelítésben. Juhász [10] vizsgálta és értékelte több keresletet befolyásoló eszköz hatását az utazási döntésekre. Az eredmények megmutatták, hogy a közlekedési információk szolgáltatása jelentős befolyásoló tényező.

Az utasok elvárt információ igényeit, különböztetve az utazás előtti és utazás közbeni (útmenti, fedélzeti) információkat Grotenhuis és társai [11] kutatták, majd fontosság alapján sorba rendezték azokat (kérdőíves kikérdezés alapján). Kramers [12] meglévő útvonaltervező alkalmazásokat vizsgált, amelyek alapján elvárásokat és követelményeket fogalmazott meg az új generációs útvonaltervező alkalmazásokkal szemben.

Mivel minden helyváltoztatás tartalmaz legalább egy gyaloglási elemet, ezért a gyaloglás jelentősen befolyásolja a teljes folyamat minőségét. A gyaloglási folyamatok ITS eszközökkel befolyásolhatók [13]. Az utazók személyes elvárásainak és döntési folyamatainak felmérésével és leírásával, illetve előrebecsült információk utazói szokásokra hatásával számos publikáció foglalkozik [14], [15]. A jármű (parkolóhely vagy megálló) eléréséhez vezető és az átszállási gyalogos útvonalak kiválasztása során az utazó több tényezőt is figyelembe vesz (pl. személyes benyomások, az út geometriája,

a környezeti hatások) [16]. Általában az útvonalukat a legkisebb idő, távolság vagy ezek kombinációja alapján választják ki [17]. Az útvonaltervezőkkel szemben támasztott követelmények személyes jellemzőktől (pl. kor, jövedelem, utazás oka) függését a [18] esettanulmány mutatta be. Mivel az utasok kétszer olyan hosszúnak érzik a megállóhelyi várakozási időt, mint a járművön töltöttet [4], ezért ebben a fázisban a real-time adatok szolgáltatása különösen fontos. Dziekan és Kottenhof kutatása [19] a megállóhelyi utastájékoztató berendezésekkel közölt dinamikus információk és az érzékelt minőség közti összefüggéseket határozta meg. Watkins és társai [20] megállapították, hogy a real-time adatokkal működő alkalmazást használó utasok várakozási ideje 30%-kal volt alacsonyabb, a várakozási idejüket pedig 13%-kal érezték kevesebbnek.

A jelenlegi útvonaltervezőknél többnyire hiányzik a létesítmények (pl. metró-, vasútállomás, intézmények) belső kialakítására vonatkozó részletes információk leképezés, ami nélkül az útvonaltervezés kevésbé pontos eredményeket ad. Számos tudományos cikk foglalkozik a létesítmények belső kialakításának adatmodellezésével, a lehetséges technológiák feltárásával [23], [24]. Az útvonaltervező alkalmazások összehasonlítása és értékelése a legtöbb tudományos munkában nem kvantitatív, hanem leíró jellegű.

Minden tapasztalatunkat is figyelembe véve olyan útvonal-értékelő algoritmust dolgoztunk ki, amely az útvonalak fizikai tulajdonságai mellett a felhasználók egyéni preferenciáit széles körben figyelembe veszi. A személyre szabhatóság következtében az alternatív útvonalak értékelése során a felhasználónak leginkább megfelelő, valószínűleg útvonal választható ki. A kidolgozott eljárás funkcionalitását és az eredmények „jóságát” egy mintaterületen, mintaalkalmazással bizonyítottuk.

2. AZ ÚTVONAL-ÉRTÉKELŐ ELJÁRÁS

A személyre szabható beállításokat meglévő, példaértékű útvonaltervező alkalmazások beállítási lehetőségei és személyes tapasztalataink alapján alakítottuk ki. Az eljárás (al-

goritmus) és a példa alkalmazás a következő adatforrásokat használja:

1. részletes térinformatikai adatbázis (GIS),
2. az „idegen” útvonaltervező alkalmazások által szolgáltatott adatok,
3. az utas által beállított értékek (2. és 3. táblázat).

Az algoritmus meglévő útvonalakat értékeli, ezért szükség van olyan ún. „idegen” útvonaltervező alkalmazásokra, amelyek az útvonalakat a lehető legrészletesebben megtervezik, a gyaloglási és az utazási fázisok kombinációs lehetőségeit (pl. az utcák egyik és másik oldali járdáit külön kezelve) figyelembe véve. Az értékelő módszer algoritmusának működését nem befolyásolja, ha az idegen útvonaltervező valós idejű adatokat szolgáltat.

2.1. Személyre szabható beállítások

A külföldi és hazai útvonaltervező alkalmazásokat vizsgáltuk, és az alkalmazásokat az 1. ábrán mutatjuk be. A kiválasztásnál törekedtünk arra, hogy nagyvárosokat, illetve régiókat lefedő alkalmazásokat válasszunk.

Az alkalmazások személyre szabható beállításait kigyűjtöttük, működésüket elemeztük és kategóriába soroltuk. A beállításokat az 1. táblázat tartalmazza.

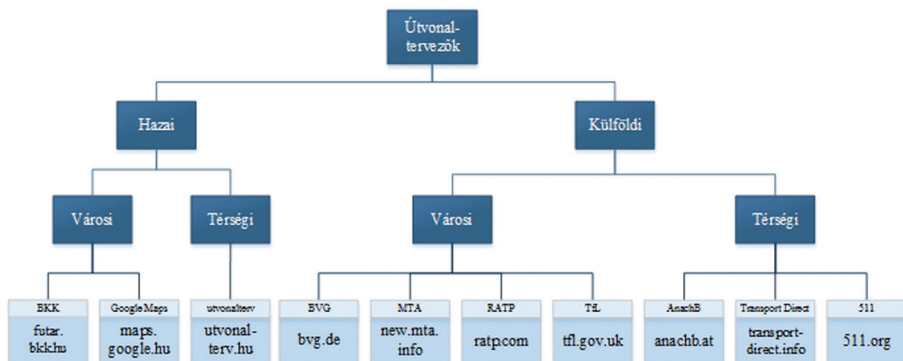
Megállapítottuk, hogy az alkalmazások többsége alig vesz figyelembe személyre szabható beállításokat. Léteznek azonban iránymutató alkalmazások (pl.: tfl.gov.uk; anachb.at), amelyekben található rész megoldások összeépítésével hatékonyabb útvonaltervező alkalmazás készülhet. Ilyenek például a szótöredékkel történő kiindulási hely megadása, tájékoztatás az egyéb szolgáltatásokról, a mozgásukban akadályozottak szűrési beállításai vagy tájékoztatás az utazás során fellépő akadályokról (pl.: lépcső, mozgólépcső). A saját, kidolgozott algoritmusba beépítettük ezeket az iránymutató beállítási lehetőségeket. Az algoritmus működése során az első (kiinduló) megállóhely és az odavezető gyaloglási út jellemzői alapján értékeli és hasonlítja össze az útvonalakat. A következőkben az algoritmust elemeire bontva mutatjuk be.

2.2 Számítási módszer

Az algoritmus működésének eredménye egy minősítő szám. A minősítő szám egy időalapú ráfordítási érték (r), amely az érzékelt időt adja meg. Értéke függ az útvonalak fizikai tulajdonságaitól és a személyes beállításoktól. A beállítási lehetőségeket a helyváltoztatás fázisai szerint három csoportba soroltuk:

- I. rágyalogás - a kiinduló ponttól az első megálló peronjáig tartó gyaloglás,
- II. várakozás és utazás (esetleges átszállással) és
- III. elgyaloglás - az utolsó megállótól a célponthoz tartó gyaloglás.

1. ábra: A vizsgált útvonaltervező alkalmazások csoportosítása



1. táblázat: A vizsgált alkalmazások személyre szabható beállításai és azok csoportosítása

Kategóriák							
s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8
Gyaloglás	Kiindulási és érkezési adatok megadása	Gyengénlátó, kerekesszékes utazó	Akadályok	Utazó kerékpárral	Útvonalak rendezése	Utazási idő választása	Utazási mód választása
s_{11} : gyaloglási sebesség	s_{21} : cím	s_{31} : peron lépésmentes elérése	s_{41} : rámpa használat	s_{51} : kerékpártárolás az állomáson	s_{61} : leggyorsabb	s_{71} : indulási idő	s_{81} : közlekedési mód kizárása/kiválasztása
	s_{22} : POI		s_{42} : lépcső használat		s_{62} : legkevesebb gyaloglás		
s_{12} : maximális gyaloglási távolság vagy idő	s_{23} : megállóhely	s_{33} : segítő személyzet	s_{43} : lift használat	s_{52} : kerékpárszállítás a járművön	s_{63} : legkevesebb átszállás	s_{72} : érkezési idő	
	s_{24} : koordináta	s_{34} : vakvezető-rendszer az állomáson	s_{44} : mozgólépcső használat		s_{64} : átszállás nélkül		
	s_{25} : térképen rábökéssel				s_{65} : legolcsóbb		

Az n . útvonalat minősítő, az utazó szempontjait is figyelembe vevő ráfordítási érték a helyváltoztatás három fázisához tartozó időérték összege (2.1):

$$r^n = t^{n,I} + t^{n,II} + t^{n,III} \quad (2.1)$$

A további képletek jelöléstechnikájánál az n . útvonal jelöléstől eltekintünk. A felhasználó a személyes beállításokat elvégezheti:

- a konkrét értékek közötti választással (véges elemű értékkeszletből), vagy
- az adott beállítási lehetőséghez tartozó tulajdonság létének vagy hiányának meghatározásával ('közömbös', 'zavaró', 'kizáró').

Figyelembe véve a szakirodalmi források eredményeit, valamint a tapasztalataink alapján az egyes beállítási lehetőségek 'zavaró' értékeléséhez számértéket rendelünk. Ezen értékek pontos meghatározásához

részletes utaskikérdezésre lenne szükség. Mivel ezt a felmérést jelenleg még nem hajtottuk végre, a cikkben szereplő beállítási lehetőségek 'zavaró' értékeléséhez tartozó számértékek csak demonstrációs jellegűek. A kérdőíves felmérés eredménye megerősítheti vagy cáfolhatja feltevéseinket, amely az értékek változásához vezethet. Ha a tulajdonság vagy annak hiánya nagyon zavaró, a felhasználó 'kizáró'-ra állíthatja, egyéb esetben elfogadja az általunk kínált értéket. A rá- és elgyaloglási beállításai lehetőségek megegyeznek; a felhasználó egyszer végzi el ezeket a beállításokat.

2.2.1. Rágyaloglás

A rágyaloglási fázis a kiinduló helytől az első megálló peronjáig tart. Az érzékelt időszükglet (2.2) alapján számítható:

$$t^I = (t_w^I + t_o^I + t_c^I) \cdot x_d^I \quad (2.2)$$

ahol: t_w^i : a síkvidéki gyaloglás ideje (utcán és utasforgalmi létesítményben) [s]
 t_o^i : akadályok leküzdésének érzékelt időszükséglete [s],
 t_c^i : az úttest keresztezések érzékelt időszükséglete [s],
 x_d^i : mozgásukban korlátozottak korrekciós tényezője.

A gyaloglási fázisok során a személyes beállításokhoz tartozó változók (x_p , ahol $p=1..14$) értékészletét a **2. táblázat** tartalmazza. Az x_1 és x_2 beállításokhoz tartozó értékészlet elemei nem korrekciós súlyzó tényezők, hanem konkrét sebesség [m/s] és távolság [m] érték, amellyel az algoritmus a működése során számol. A táblázatban ezen értékek félkövérrel szedettek. Az alapértelmezett értékeket sárga háttérrel jelöltük. A gyaloglási sebesség öt lehetőség közül ('rendkívül lassú', 'lassú', 'átlagos', 'gyors', 'rendkívül gyors') választható. A hozzájuk rendelt sebességértékek 0.55-1.67 m/s (2-6 km/h) közöttiek. A felhasználó kiválaszthatja a maximális elfogadható rá- és elgyaloglási távolságot szintén öt érték közül (200, 400, 600, 800, 1000 m). A többi beállítási lehetőségnél az adott tulajdonság létének vagy hiányának mértékét ('közömbös'/'zavaró'/'kizáró') határozhatja meg a felhasználó. Az értékelésekhez tartozó számértékek meghatározása az alábbiak szerint alakult:

- „közömbös” értékeléshez tartozó számérték minden esetben 1-es, vagyis a felhasználói preferencia nem befolyásolja az érzékelt idő szükségletet,
- „zavaró” értékeléshez rendelt számértékek 1-hez közeli, így a személyes preferencia kismértékben befolyásolja az érzékelt idő szükségletet,
- „kizáró” értékelésnél a számérték 1000, ami gyakorlatilag kizárja az adott útvonalat, a minősítő szám magas értéke miatt.

t_w^i : a síkvidéki gyaloglás ideje a (2.3) képlettel számítható:

$$t_w^i = \frac{d_1 + d_2}{x_1} \quad (2.3)$$

ahol: d_i : a kiinduló pont és a peron/utasforgalmi létesítmény bejárata közötti síkvidéki távolság [m],
 d_j : az utasforgalmi létesítményen belüli síkvidéki gyaloglási távolság [m],
 x_j : gyaloglási sebesség [m/s].
 t_o^i : a gyaloglási úton lévő akadályok leküzdésének érzékelt időszükséglete [s], amely tovább bontható a (2.4) összefüggés alapján.

$$t_o^i = \sum_{l=3}^7 t_l \quad (2.4)$$

ahol az egyes elemek a következők:

- t_3 : az emelkedő/lejtő ráfordítás értéke,
- t_4 : a lépcső ráfordítás értéke,
- t_5 : a mozgólépcső ráfordítás értéke,
- t_6 : a lift ráfordítás értéke és
- t_7 : a rámpa ráfordítás értéke.

A $t_3..t_7$ érzékelt időszükségletek függnek: az akadályoztató elem hosszától, meredekségétől, működési sebességétől, és az utazó személyes preferenciáitól ($x_3..x_7$ korrekciós tényező). A képletbeli összegzés az összes hálózati elemet figyelembe veszi.

t_3 : az emelkedő/lejtő ráfordítás értéke (2.4.1). Emelkedőnél 20%-os sebességcsökkenést feltételeztünk, függetlenül a meredekség mértékétől.

$$t_3 = \left[\sum \frac{(e+1) \cdot d_3}{x_1 \cdot g} \right] \cdot x_3 \quad (2.4.1)$$

ahol e : meredekség [%],
 d_3 : emelkedő/lejtő hossza [m],
 x_1 : gyaloglási sebesség [m/(s)],
 g : sebességcsökkentési tényező
 $g=0.8$, ha $e>0$, vagyis emelkedőnél;
 $g=1$, ha $e\leq 0$, vagyis lejtőnél (és síkon),
 x_3 : emelkedőn/lejtőn történő gyaloglás korrekciós tényezője.

t_4 : lépcső ráfordítás értéke (2.4.2). Felfelé 25%-os, lefelé 20%-os sebesség csökkentést feltételeztünk, függetlenül a lépcső hosszától.

2. táblázat: Személyre szabható beállítások (rá)gyaloglási fázisban

Helyváltoztatási fázis	Beállítások			Választható lehetőségek (értékelés)	Számérték	
	Kategória	Ssz.	Megnevezés			Jele
Rágyaloglás	Általános gyaloglási beállítások	1.	Gyaloglási sebesség [m/s]	x_1	Rendkívül gyors	1.67
					Gyors	1.39
					Átlagos	1.11
					Lassú	0.83
					Rendkívül lassú	0.55
	2.	Maximum gyaloglási távolság [m] (kizáró szempont, ha az összes gyaloglási távolság nagyobb, mint x_2)	x_2	200	200	
				400	400	
				600	600	
				800	800	
				1000	1000	
	Akadályok leküzdése	3.	Emelkedő/lejtő	x_3	Közömbös	1
					Zavaró	1.1
					Kizáró	1000
		4.	Lépcső	x_4	Közömbös	1
					Zavaró	1.15
					Kizáró	1000
		5.	Mozgólépcső	x_5	Közömbös	1
					Zavaró	1.1
					Kizáró	1000
		6.	Lift	x_6	Közömbös	1
					Zavaró	1.14
					Kizáró	1000
		7.	Rámpa	x_7	Közömbös	1
					Zavaró	1.05
	Úttestek keresztelése	8.	Kijelölt gyalogátkelőhely lámpával	x_8	Közömbös	1
					Zavaró	1.03
		9.	Kijelölt gyalogátkelőhely lámpa nélkül	x_9	Közömbös	1
					Zavaró	1.05
10.		Kereszteződés kijelölt gyalogátkelőhely nélkül	x_{10}	Közömbös	1	
				Zavaró	1.06	
11.		Süllyesztett padka hiánya	x_{11}	Közömbös	1	
	Zavaró			1.02		
	Kizáró			1000		
Mozgásukban korlátozottak korrekciós tényezője	12.	Vakvezető-rendszer hiánya (csak utasforgalmi létesítményben)	x_{12}	Közömbös	1	
				Zavaró	1.01	
				Kizáró	1000	
	13.	Lépésmentesen (akadálymentesen) elérhető peron hiánya	x_{13}	Közömbös	1	
				Kizáró	1000	
	14.	Segítőszemélyzet hiánya (csak utasforgalmi létesítményben)	x_{14}	Közömbös	1	
				Kizáró	1000	

$$t_4 = \left[\frac{\sum d_4}{x_1 \cdot h} \right] \cdot x_4 \quad (2.4.2)$$

ahol: d_4 : lépcső hossza [m],
 x_1 : gyaloglási sebesség [m/(s)],
 h : sebességcsökkentési tényező
 $h=0.75$ felfelé iránynál,
 $h=0.8$ lefelé iránynál,
 x_4 : lépcsőn történő gyaloglás korrekciós tényezője.

t_5 : mozgólépcső ráfordítás értéke (2.4.3):

$$t_5 = \left(\sum \frac{d_5}{v_5} \right) \cdot x_5 \quad (2.4.3)$$

ahol: d_5 : mozgólépcső hossza [m],
 v_5 : mozgólépcső sebessége [m/s],
 x_5 : mozgólépcsőn történő utazás korrekciós tényezője.

t_6 : lift ráfordítás értéke (2.4.4):

$$t_6 = \left[\sum \left(\frac{d_6}{v_6} + t_{w6} \right) \right] \cdot x_6 \quad (2.4.4)$$

ahol: d_6 : liftút hossza [m],
 v_6 : lift sebessége [m/(s)],
 x_6 : liftben történő utazás korrekciós tényezője,
 t_{w6} : átlagos várakozási idő a liftért [s].
 Minden liftnél meghatározásra kerül.

t_7 : rámpa ráfordítás értéke (2.4.5). Konstans 10%-os gyaloglási sebesség csökkenést feltételeztünk, függetlenül a meredekség mértékétől.

$$t_7 = \left[\sum \frac{(e+1) \cdot d_7}{x_1 \cdot 0,9} \right] \cdot x_7 \quad (2.4.5)$$

ahol: e : meredekség [%],
 d_7 : rámpa hossza [m],
 x_1 : gyaloglási sebesség [m/(s)],
 x_7 : rámpán történő gyaloglás korrekciós tényezője.

A gyaloglási sebességek átlagos csökkenésének egzakt meghatározása további részletes méréseket igényel.

t_c^l : az úttest keresztezések érzékelt időszükséglete [s] a (2.5) alapján számítható:

$$t_c^l = (t_8 + t_9 + t_{10}) \cdot x_{11} \quad (2.5)$$

ahol: t_8 : a kijelölt lámpás gyalogátkelőhely ráfordítás értéke,
 t_9 : a kijelölt gyalogátkelőhely ráfordítás értéke,
 t_{10} : a kijelölt gyalogátkelőhely nélküli keresztezés ráfordítás értéke,
 x_{11} : a súlyszettelt útpadka hiánya miatti korrekciós tényező.

A $t_8 \dots t_{10}$ érzékelt időszükségletek függenek: az adott keresztezéstípus számától, az átlagos feltartóztatási időtől, az érzékelt biztonság miatti korrekciós tényezőtől és az utazó személyes preferenciáitól ($x_8 \dots x_{10}$ korrekciós tényező). A képletbeli összegzés az összes hálózati elemet figyelembe veszi. Az átlagos várakozási időt minden keresztezés típusra meghatároztuk.

t_8 : kijelölt lámpás gyalogátkelőhely ráfordítás értéke (2.5.1):

$$t_8 = \sum t_{w8} \cdot a_8 \cdot x_8 \quad (2.5.1)$$

ahol t_{w8} : átlagos várakozási idő [s],
 a_8 : érzékelt biztonság miatti korrekciós tényező ($a_8=0.85$),
 x_8 : kijelölt lámpás gyalogátkelőhely használata miatti korrekciós tényező.

t_9 : kijelölt gyalogátkelőhely ráfordítás értéke (2.5.2):

$$t_9 = \sum t_{w9} \cdot a_9 \cdot x_9 \quad (2.5.2)$$

ahol t_{w9} : átlagos várakozási idő [s],
 a_9 : érzékelt biztonság miatti korrekciós tényező ($a_9=0.95$),
 x_9 : kijelölt gyalogátkelőhely használata miatti korrekciós tényező.

t_{10} : kijelölt gyalogátkelőhely nélküli keresztezés ráfordítás értéke (2.5.3):

$$t_{10} = \sum t_{w10} \cdot a_{10} \cdot x_{10} \quad (2.5.3)$$

ahol t_{w10} : átlagos várakozási idő [s],
 a_{10} : érzékelt biztonság miatti korrekciós tényező ($a_{10}=1.05$),
 x_{10} : kijelölt gyalogátkelőhely nélküli keresztezés használata miatti korrekciós tényező.

Az érzékelt biztonság miatti korrekciós tényezők egzakt meghatározása további részletes utazói kikérdezéseket igényel.

x_d^i : mozgásukban korlátozottak korrekciós tényezője a (2.6) alapján számítható:

$$x_d^i = \prod_{p=12}^{14} x_p \quad (2.6)$$

2.2.2. Várakozás és utazás

A gyaloglást követő műveletekhez beállított személyes jellemzők alapján meghatározhatók a megállóban és a járművön töltött érzékelt idők, valamint az átszállások hatása is (2.7). Az érzékelt időelemeket befolyásoló személyes beállítási lehetőségeket a **3. táblázat** tartalmazza. Az x_{17} beállításhoz tartozó értékkészlet elemei nem korrekciós súlyzó tényezők, hanem konkrét időérték [s], amellyel az algoritmus a működése során számol. A táblázatban ezen értékeket félkövérrel jelöltük. A nyilak az egyes beállítási lehetőségek egymásra hatását szemléltetik.

$$t^{II} = t_{wait}(t) \cdot x_s + t_t \cdot x_v + Y \quad (2.7)$$

ahol: $t_{wait}(t)$: a megállóban/peronon a várakozás ideje [s],
 x_s : az érzékelt várakozási időt befolyásoló korrekciós tényezők,
 t_t : a jármű menetideje (menetrendi, statikus adat) [s],
 x_v : a járművet minősítő korrekciós tényező,
 Y : az átszállások miatti korrekciós tényező.

$t_{wait}(t)$ a megállóban/peronon történő várakozás ideje [s]: dinamikus (időfüggő) változó, mivel függ a várakozás megkezdésének időpontjától és a jármű érkezési idejétől.

x_s : az érzékelt várakozási időt befolyásoló korrekciós tényező a (2.8) összefüggéssel számítható:

$$x_s = \prod_{p=15}^{16} x_p \quad (2.8)$$

ahol az x_{15} beállításnál az elektronikus kijelzők (amelyeken a tervezett és aktuális információk közölhetők) hiánya értékelhető. Az x_{16} -os beállításnál a tiszta és komfortos ülőbútorok hiánya értékelhető.

x_v : a járművet minősítő korrekciós tényező a (2.9) összefüggéssel számítható:

$$x_v = \prod_{p=17}^{22} x_p \quad (2.9)$$

x_{17} : maximális várakozási idő [s] a megállóban/állomáson a kedvezőbb jármű érkezéséig, amely az érkező jármű tulajdonságaitól és az utazói preferenciáktól függ. Akkor van jelentősége, ha a felhasználó a $x_{18} \dots x_{21}$ beállítások valamelyikénél az alapértelmezett „közömbös” lehetőséget megváltoztatja. Ha egy érkező jármű nem megfelelő, és a felhasználó által beállított „elviselhető” időintervallumon belül érkezik egy megfelelőbb jármű, akkor a továbbutazás ez utóbbival történik. Ekkor a várakozási idő is módosul. Az $x_{18} \dots x_{21}$ beállítások személyre szabása tetszőleges. A lekérdezési folyamat során ezen tényezők figyelembevétele egymástól független. Mindemellett x_{17} és $x_{18} \dots x_{21}$ beállítások összefüggnek, ami az algoritmusban feltételes logikai kapcsolatként jelenik meg.

Y : átszállások miatti korrekciós tényező. Ha van átszállás, akkor az eddigi lépéseket (gyaloglás, várakozás, utazás) megismétli az algoritmus. $Y=0$, átszállásmentes utazás esetén. Y értéke átszállásos utazás esetén a (2.10) alapján számítható:

3. táblázat: Személyre szabható beállítások a várakozás és utazás fázisban

Helyváltóztatási fázis	Beállítások				Választható lehetőségek (értékelés)	Számérték
	Ssz.	Megnevezés				
Várakozás és utazás	15.	Utasinformációs rendszerek hiánya az állomáson	x_{15}	Közömbös	1	
				Zavaró	1.08	
	16.	Utaskényelmi berendezések hiánya az állomáson	x_{16}	Közömbös	1	
				Zavaró	1.11	
	17.	Maximális várakozási idő az állomáson egy ideálisabb járműre [s]	x_{17}	0 min	0	
				5 perc	300	
				10 perc	600	
				15 perc	900	
	18.	Alacsonypadlós jármű hiánya	x_{18}	Közömbös	1	
				Zavaró	1.05	
	19.	Légkondicionáló hiánya a járművön	x_{19}	Közömbös	1	
				Zavaró	1.03	
	20.	WiFi hiánya a járművön	x_{20}	Közömbös	1	
Zavaró				1.02		
21.	Kerekesszékekkel igénybe vehető jármű hiánya	x_{21}	Közömbös	1		
			Kizáró	1000		
22.	Közlekedési mód kizárása	x_{22}	Busz	1000		
			Villamos	1000		
			Metró	1000		
				
23.	Közvetlen utazás hiánya	x_{23}	Közömbös	1		
			Zavaró	1.4		
			Kizáró	1000		

$$Y = \sum_{m=0}^g [t^{l,m} + t_{wait}^m(t) \cdot x_s^m + t_t^m \cdot x_v^m] \cdot x_{23} \quad (2.10)$$

ahol:

- g : az átszállások száma,
- $t^{l,m}$: az m . átszállás „rágyalogási” (átzállási gyaloglás) ideje, (2.2) alapján számítható,
- t_{wait}^m : az m . átszállás várakozási ideje,
- x_s^m : az m . átszállás érzékelt várakozási idejét befolyásoló korrekciós tényező,
- t_t^m : az m . átszállás után igénybe vett jármű menetideje (menetrendi, statikus adat) [s],
- x_v^m : az m . átszállás utáni járművön eltöltött érzékelt időt befolyásoló korrekciós tényező,
- x_{23} : közvetlen utazás hiánya miatti tényező.

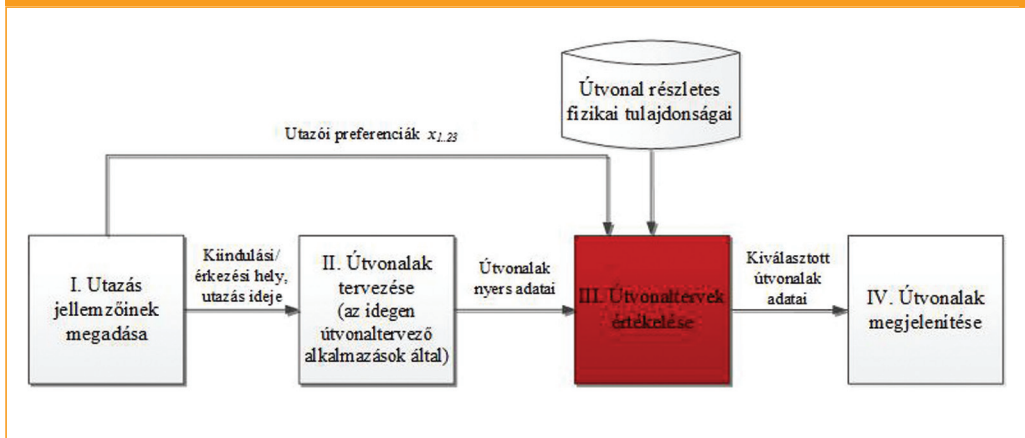
2.2.3. Elgyaloglás

A beállítási lehetőségek megegyeznek a 2.2.1. Rágyalogási fázisnál leírtakkal.

2.3. Az algoritmus

Az algoritmus működésének feltétele, hogy az utazás fázisairól részletes adatokat szolgáltatnak az „idegen” alkalmazások. Az útvonaltervezéshez integrált és frissített menetrendi adatbázisok, míg az útvonal értékeléshez rendszeresen karbantartott, részletes és megbízható térinformatikai (GIS) adatbázisok szükségesek. Ha ez utóbbiak nem elérhetők, adatgyűjtési technológiák alkalmazandók (pl.: geodéziai mérések, lézer szkennelés). Az algoritmus működését a 2. és 3. ábrák szemléltetik. A 3. ábrán elkülönülnek az értékadási és a számítási műveletek, azok logikai rendje; illetve követhető a számítások ciklusokba szervezése.

2. ábra: Az algoritmus egyszerűsített működési folyamatábrája



I. Utazás jellemzőinek megadása:

A felhasználó a kiinduló-, a célhely és az utazás időpontjának (1) megadása után a személyes beállítási szintek közül választhat. Három szintet különböztettünk meg:

- Beállítás nélkül (2): Az útvonalakat az alapértelmezett beállítások alapján értékeljük.
- Csoport beállítás (3): A felkínált utazói csoportok (motivációk) valamelyikébe besorolja magát az utazó. Öt jellegzetes utascsoportot (tanuló, dolgozó, nyugdíjas, turista, mozgássérült) határoztunk meg, amelyekhez statisztikai jellemzők alapján beállítottuk a jellemző értékeket.
- Minden részlet (4): A felhasználó minden beállítást saját maga végez el. Azon jellemzőknél, amiket nem állít be, az algoritmus az alapértelmezett értékkel számol.

Továbbfejlesztési iránynak tekintjük egy negyedik személyre szabási szint megkülönböztetését, ahol a professzionális felhasználó a „Zavarás” fokát is beállíthatja, a korrekciós tényező változtatásával.

Az utazás időpontjának megadásánál jelenleg az indulási időpont megadása szerepel, mivel az algoritmus elsődleges céljának, az útvonalértékelésnek a bemutatásához ez elegendő. Azonban továbbfejlesztésként tervezzük az

elvárt érkezési időpont, mint beállítási szempont figyelembevételét. Ekkor az útvonalak értékelése 'inverz módon' történik.

II. Útvonalak tervezése:

A hagyományos, „idegen” útvonaltervező alkalmazások a kiinduló hely 1000 méteres környezetében lévő megállókból részletesen meghatározzák a cél elérésének lehetőségeit (5).

III. Útvonaltervek értékelése:

Az útvonalakat, azok tulajdonságai és a felhasználói beállítások alapján értékeli az algoritmus. A minősítő szám képzése során a rágyaloglási (6), a várakozási és utazási (7), és ha van, akkor az átszállási gyaloglási (8), az újbóli várakozási és utazási (9) fázisok, végül az elgyaloglási fázis (10) értékelése történik. Az egyes fázisokra kapott értékek összegzése után az adott útvonalra jellemző r_n minősítőszám képződik (11). Az útvonalakat a minősítő számok alapján rendezik sorba (12).

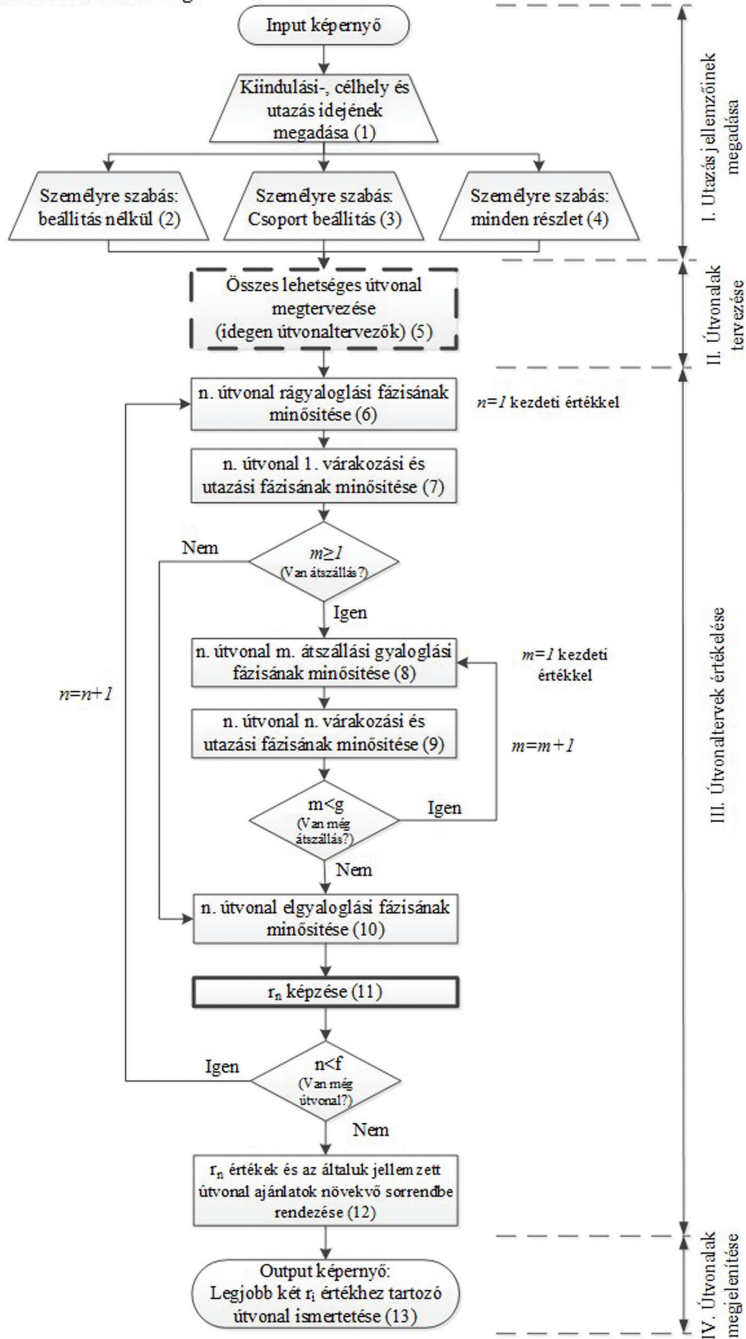
IV. Útvonalak megjelenítése:

Az első két legkedvezőbb útvonal részleteinek megjelenítése infokommunikációs eszközön (pl.: okostelefon) (13).

3. ábra: Az algoritmus működési folyamatábrája

Útvonalak: $n = 1..f$

Átszállási műveletek: $m = 1..g$



3. PÉLDATERÜLET

A helyes működés igazolása érdekében az algoritmus által szolgáltatott eredményeket a BKK új útvonaltervező alkalmazásának (futar.bkk.hu) eredményeivel hasonlítottuk össze. Előzetesen több, Budapestre alkalmazható internetes, illetve okostelefon alapú útvonaltervező alkalmazást megvizsgáltunk. Az alkalmazások többsége a BKK által szolgáltatott GTFS menetrendi és/vagy a BKK Futár rendszerének valós idejű adatait (Google Maps útvonaltervezője) használja; így eltérés az egyes alkalmazásokban csupán a gyaloglási útvonalak számításában várható. Az alkalmazások egy része a gyaloglási fázissal nem, vagy csak elnagyoltan számol (pl.: utvonalterv.hu), egy másik része pedig a BKK útvonaltervezője által is használt nyilvánosan elérhető (OSM, Google Maps) térképes alkalmazásokat használja. Az algoritmus helyes működésének igazolásához így végül a BKK alkalmazásának eredményeivel történő összehasonlítást elegendőnek tartottuk.

A meglévő alkalmazások 'gyengeségeit' a következő módokon tártuk fel:

- a beállítási lehetőségek elemzése,
- az eredményekből a működési folyamatokra és a használt adatokra vonatkozó következtetések levonása.

A leggyakoribb 'gyengeségek' a következők:

- a gyaloglási hálózat pontatlan, elnagyolt leképezése,
- a forgalmi létesítményeken belüli gyaloglási folyamatok leegyszerűsítése,
- az eltérő gyaloglási sebességek használata.

A BKK alkalmazásában a következő személyre szabható beállítások találhatóak meg, amelyek mentén az összehasonlítást is elvégeztük:

- a közlekedési mód kizárás,
- a gyaloglási távolság beállítása,
- az akadálymentes járat választás, valamint
- a teljes útvonal minősítése (pl.: legkevesebb átszállás, leggyorsabb útvonal).

Az összehasonlításhoz olyan példaterületet választottunk, ahol az akadályoztató elemek

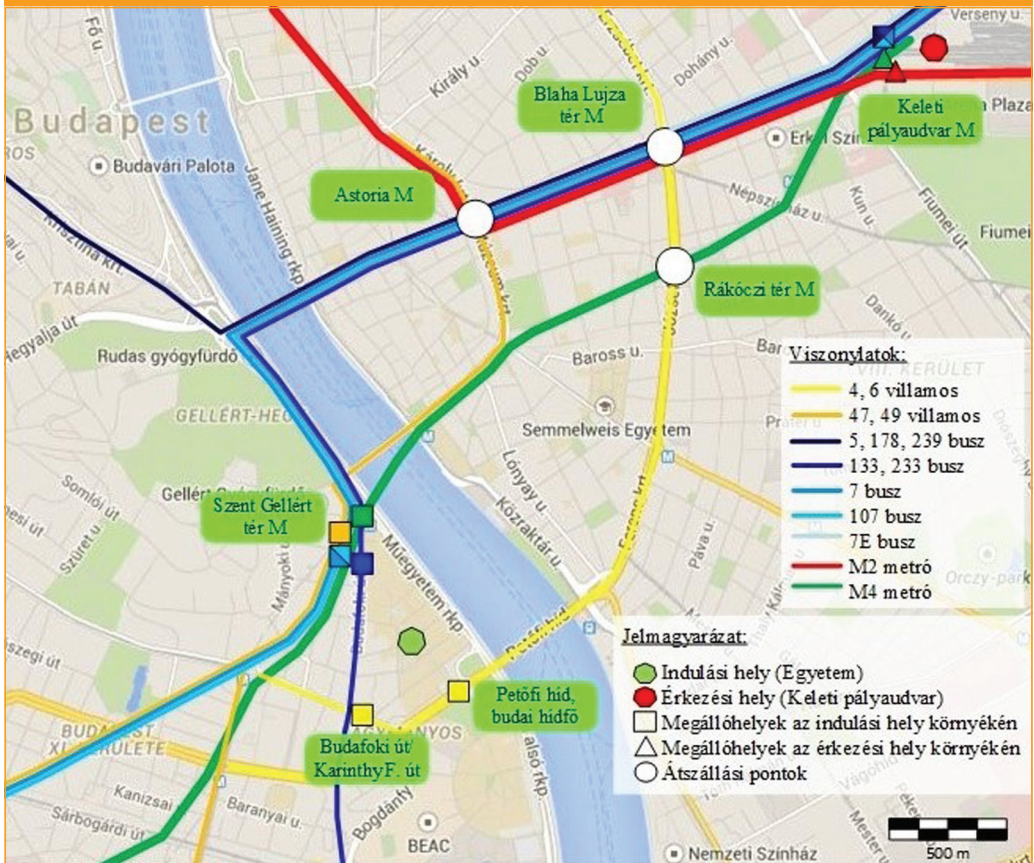
megtalálhatók, a képzett útvonalak, mind vonalvezetésükben, mind a járműveket tekintve változatosak és a területen több viszonylat is közlekedik. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem St. épülete és a Keleti pályaudvar főcsarnoka közötti közösségi közlekedési eljutásokat elemeztük a 2015. évi nyári adatokat felhasználva. A számítás során pontos indulásnak 2015.08.24. 16:00-át határoztunk meg.

Az útvonalak meghatározása lényegében manuális úton történt a kiinduló pont 1000 méteres körében található megállóhelyekről vizsgálva a célpont közösségi közlekedési elérhetőségeit. A meghatározott útvonal-lehetőségeket a 4. ábra mutatja be.

Az útvonalak részletes tulajdonságait terület-bejárásokkal, valamint mérésekkel határoztuk meg (pl.: lépcsők hossza, süllyesztett útpadka, kereszteződések típusa, metróállomások belső területe). **Az adatokat egy mintaalkalmazásba** (Excel adatbázis alapú) **tápláltuk be.** A mintaalkalmazás az algoritmus lépéseit követve határozza meg az adott útvonal-lehetőségek közül a legjobbat a felhasználói preferenciák és a részletes GIS adatok ismeretében. Az alkalmazás a minősítő számok számítása mellett az utazónak a fontos információkat is megadja, így a részletes útvonalat, az egyes fázisok és a teljes utazás időszükségletét. A 4. táblázat az algoritmus és a BKK útvonaltervezőjének eredményeit mutatja be és hasonlítja össze. A cellákban a teljes utazási idő, a viszonylat és a felszállóhely neve szerepel.

Az algoritmus eredményül az esetek többségében gyorsabb eljutást kínál a BKK útvonaltervező alkalmazásával szemben. **Az eredmények a gyalogos hálózat** (külsőterületi és a forgalmi létesítményeken belüli) **részletesebb, pontosabb és így a valóság-nak megfelelőbb felvételének következményei.** Az összehasonlítás során az algoritmus kevés tulajdonságát használtuk ki, hiszen a jelenlegi útvonaltervezőknek, így a BKK útvonaltervezőjének is, a személyre szabható beállításai jelenleg még nem elég széles körűek. Az algoritmussal a teljes helyváltoztatás akadálymentességét (csak süllyesztett padka használata, lépcső nélküli helyváltoztatás, alacsonypadlós jármű) vagy egyéb, az utazás kényelmét befolyásoló tényezőt is személyre lehet szabni. **Az összehasonlítás igazolta az algoritmus és így az értékelő módszer megfelelését.**

4. ábra: A példaterületet szemléltető térkép



4. táblázat: Az összehasonlítás eredményei

		A	B
		Algoritmus	BKK útvonaltervező
1.	Leggyorsabb (alapértelmezett)	22,5 perc M4 metró (Szent Gellért tér - lift)	24 perc 133-as busz (Szent Gellért tér)
2.	Legkevesebb gyaloglás	24 perc 6-os villamos (Petőfi híd) + 133-as busz (Blaha Lujza tér)	28 perc 6-os villamos (Petőfi híd) + 233-as busz (Blaha Lujza tér)
3.	Autóbusz kizárása	22,5 perc M4 metró (Szent Gellért tér - lift)	24 perc M4 metró (Szent Gellért tér - lift)
4.	Metró kizárás	24 perc 133-as busz (Szent Gellért tér)	24 perc 133-as busz (Szent Gellért tér)
5.	Akadálymentes jármű	22,5 perc M4 metró (Szent Gellért tér - lift)	24 perc 133-as busz (Szent Gellért tér)

4. KONKLÚZIÓ

A cikkben a kidolgozott útvonal-értékelő módszert mutattuk be, amely figyelembe veszi a felhasználói preferenciákat és az útvonal részletes fizikai adottságait (nagy részletességű gyaloglási útvonalak, forgalmi létesítmények, járműtulajdonságok). Meglévő útvonaltervező alkalmazásokat vizsgáltunk a személyre szabható beállítási lehetőségeket kutatva. Megállapítottuk, hogy az alkalmazások többsége alig vesz figyelembe személyre szabható beállítókat az „ideális” útvonal meghatározásához. A létrehozott algoritmus helyváltoztatási láncokat értékel, amelyek a teljes gyaloglási és közösségi közlekedési fázist lefedik. A fejlesztés során a nagyobb hangsúlyt a gyaloglási fázisokra helyeztük, mivel a helyváltoztatási lánc különböző járműves elemeit minden esetben egy-egy gyaloglási fázis köti össze. A kutatás során tapasztalt nehézségek:

- a beállítási lehetőségek logikai és időértékekre gyakorolt összefüggéseinek megállapítása,
- megfelelő példaterület kiválasztása, amely tartalmazza az összes akadályozó elemet, számos útvonalat és közlekedési módot, valamint
- a példaterület útvonalainak részletes tulajdonságainak összegyűjtése, meghatározása.

Eredményül kaptuk, hogy az algoritmus útvonal javaslata sokkal részletesebb és a valósághoz közelebb áll, mint a már létező alkalmazások ajánlatai. A kutatás folytatása, jövőbeli tervek:

- az utazói elvárások felmérése az útvonaltervező alkalmazásokkal szemben,
- a feltárt és kinyilvánított preferenciák elemzése,
- az információ értékének és időbeli változásának vizsgálata,
- a hálózat hipergráf alapú modellezése (közlekedési módonként layerek képzése és azok összekapcsolása).

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Chorus, C.G.; Timmermans, H.J.P. 2011. Personal intelligent travel assistants. In De Palma, A.; Lindsey, R.; Quinet, E.; Vickerman, R., A handbook of transport economics (pp. 604-623). Williston: Edward Elgar Publishing.
- [2] Li, J.-Q.; Zhou, K.; Zhang, L.; Zhang, W.-B. 2012. A Multimodal Trip Planning System With Real-Time Traffic and Transit Information, *Journal of Intelligent Transportation Systems* 16, 60-69. doi:10.1080/15472450.2012.671708
- [3] Duleba, S.; Mishina, T.; Shimazaki, Y. 2012. A dynamic analysis on public bus transport's supply quality by using AHP, *Transport* 27: 268-275. doi:10.3846/16484142.2012.719838
- [4] Leviäkangas, P. 2011. Building Value in ITS Services by Analysing Information Service Supply Chains and Value Attributes, *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research* 9, 47-54. doi:10.1007/s13177-011-0029-x
- [5] Földes, D.; Csiszár, Cs. 2015. Route Plan Evaluation Method for Personalized Passenger Information Service, *Transport* 30 (3): 273-285 (Special Issue on Smart and Sustainable Transport) doi: 10.3846/16484142.2015.1086889
- [6] Csiszár, Cs. 2013. Model of Multimodal Mobility Coordination and Guiding System, *International Journal of Engineering and Innovative Technology* 3:(6) pp. 125-132. Paper 19.
- [7] Ettema, D.; Timmermans, H. 2006. Costs of travel time uncertainty and benefits of travel time information: Conceptual model and numerical examples, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 14, 335-350. doi:10.1016/j.trc.2006.09.001
- [8] Chorus, C.G.; Walker, J.L.; Ben-Akiva, M. 2013. A joint model of

- travel information acquisition and response to received messages, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 26, 61–77. doi:10.1016/j.trc.2012.07.002
- [9] Molin, B.J.E.; C.G. Chorus, 2004, Willingness to pay for personalized dynamic public transport information services. Presented at the 83rd Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC.
- [10] Juhász, M.; 2013. Travel Demand Management – Possibilities of influencing travel behaviour. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering* 41, 45–50. doi:10.3311/PPtr.7096
- [11] Grotenhuis J-W.; Wiegman B. W.; Rietveld P. 2007. The Desired Quality of Integrated Multimodal Travel Information in Public Transport: Customer Needs for Time and Effort Savings, *Transport Policy*, Volume 14, Issue 1, January 2007, pp. 27–38.
- [12] Kramers, A. 2014. Designing next generation multimodal traveler information systems to support sustainability-oriented decisions, *Environmental Modelling & Software*, Thematic issue on Modelling and evaluating the sustainability of smart solutions 56, 83–93. doi:10.1016/j.envsoft.2014.01.017
- [13] Šimunović, L.; Bošnjak, I.; Mandžuka, S. 2009. Intelligent Transport Systems and Pedestrian Traffic, *PROMET - Traffic&Transportation* 21. doi:10.7307/ptt.v21i2.220
- [14] Jou, R.-C.; Lam, S.-H.; Liu, Y.-H.; Chen, K.-H. 2005. Route switching behavior on freeways with the provision of different types of real-time traffic information, *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 39, 445–461. doi:10.1016/j.tra.2005.02.004
- [15] Kenyon, S.; Lyons, G. 2003. The value of integrated multimodal traveller information and its potential contribution to modal change, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 6, 1–21. doi:10.1016/S1369-8478(02)00035-9
- [16] Yuen, J.K.K.; Lee, E.W.M.; Lo, S.M.; Yuen, R.K.K. 2013. Intelligence-Based Route Selection Model of Passenger Flow in a Transportation Station, Presented at the Transportation Research Board 92nd Annual Meeting.
- [17] Ortúzar, J. de D.; Willumsen, L.G. 1994. *Modelling Transport*, New York, USA, A John Wiley and Sons, Ltd. 1994. ISBN 978-0-470-76039-0
- [18] Cheng, Y.-H. 2011. Evaluating web site service quality in public transport: Evidence from Taiwan High Speed Rail, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 19, 957–974. doi:10.1016/j.trc.2011.04.003
- [19] Dziekan, K.; Kottenhoff, K. 2007. Dynamic at-stop real-time information displays for public transport: effects on customers, *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 41, 489–501. doi:10.1016/j.tra.2006.11.006
- [20] Watkins, K.E.; Ferris, B.; Borning, A.; Rutherford, G.S.; Layton, D. 2011. Where Is My Bus? Impact of mobile real-time information on the perceived and actual wait time of transit riders, *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 45, 839–848. doi:10.1016/j.tra.2011.06.010
- [23] Mandloi, D.; Thill, J.-C. 2010. Object-Oriented Data Modeling of an Indoor/Outdoor Urban Transportation Network and Route Planning Analysis, in: Jiang, B., Yao, X. (Eds.), *Geospatial Analysis and Modelling of Urban Structure and Dynamics*, GeoJournal Library. Springer Netherlands, pp. 197–220. doi:10.1007/978-90-481-8572-6_11
- [24] Thill, J.-C.; Dao, T.H.D.; Zhou, Y. 2011. Traveling in the three-dimensional city: applications in route planning, accessibility assessment, location analysis and beyond, *Journal of Transport Geography* 19, 405–421. doi:10.1016/j.jtrangeo.2010.11.007



Route evaluation methods for personalised travel information for passengers

Due to the changes in the characteristics of mobility needs and quality standards, traffic participants have an increasing demand for the reduction of time spent with locomotion and its preparation, for pleasant journey experiences, and trip planning based on reliable data. International and national research has extensively engaged in travel planning optimization. There are exemplary applications, however, their personalized aspects are contingent and limited. Thus, this area offers significant research and development perspectives. We have developed an algorithm that evaluates, and then defines the "ideal" route, based on the user's personal settings. The preferences of users are displayed in an evaluation criteria system. The innovative character of this system lies in the fact that according to the precise physical characteristics and user expectations, the evaluation is realistic.



Routenbewertungsmethoden für die personalisierten Reiseinformationen

Aufgrund der Veränderungen in den Eigenschaften von Mobilitätsansprüchen und der Qualitätserwartungen, haben Verkehrsteilnehmer eine steigende Nachfrage für die Reduzierung der für die Fortbewegung und deren Vorbereitung notwendigen Zeit, für eine angenehme Reise Erfahrungen und eine Reiseplanung auf der Grundlage zuverlässiger Daten. Umfängliche internationale und nationale Forschungen beschäftigen sich mit Optimierung der Reiseplanung. Es gibt beispielhafte Anwendungen, ihre personalisierten Aspekte sind jedoch zufällig und unerheblich. Somit bietet dieser Bereich erhebliche Forschungs- und Entwicklungsperspektiven. Wir haben einen Algorithmus entwickelt, der die "ideale" Route auf der Grundlage der persönlichen Einstellungen des Benutzers zuerst bewertet, dann definiert. Die Präferenzen der Nutzer werden in einem Bewertungssystem anhand der Kriterien angezeigt. Der innovative Charakter dieses Systems liegt in der Tatsache, dass die Auswertung nach den genauen physikalischen Eigenschaften und der Erwartungen der Nutzer realistisch ist.

E számunk lektorai

Dr. Berki Zsolt
Dr. Gonda Zsuzsanna
Horváth Lajos

Dr. Katona András
Dr. Markovits-Somogyi Rita
Dr. Tóth János