

A kerékpározást támogató utazói információs szolgáltatások fejlesztése

Földes Dávid - Dr. Csiszár Csaba

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki
Kar, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék
telefon: 06-20-5704667, 06-70-336-0612
e-mail: foldes.david@mail.bme.hu, csiszar.csaba@mail.bme.hu

Kivonat: A kerékpáros közlekedés részaránya folyamatosan növekszik, miközben az információs támogatása elmarad más módokéhoz képest. A kutatás során arra kerestük a választ, hogy az adatgyűjtési technológiák fejlődése következtében rendelkezésre álló nagy mennyiségű és dinamikus adatok hogyan használhatók fel a kerékpárosok támogatására, döntéseik megkönnyítésére személyre szabott információkkal. Feltártuk a jelenlegi kerékpáros információs rendszereket, elemeztük az útvonaltervező szolgáltatásokat. Kérdőíves felméréssel vizsgáltuk az információs szolgáltatásokkal szembeni elvárásokat. A személyre szabott tájékoztatás érdekében útvonalértékelő eljárást dolgoztunk ki, amely a kerékpáros útvonalak teljes ráfordítási értékét számítja. Az eljárás része egy hálózat értékelő algoritmus, ami a hálózati elemekhez határoz meg ráfordítási értékeket, figyelembe véve az elemek sebességbefolyásoló tulajdonságát és a felhasználói preferenciákat. Az elemek ráfordítási értékeinek összesítésével az eljárás előre definiált útvonalakat értékel. Példaterületen igazoltuk az eljárás helyességét, pontosságát; megállapítottuk, hogy az eljárás a valóságnak megfelelő értékeket szolgáltat. Az értékelő eljárás útvonaltervező szolgáltatások alapjaként hasznosítható.

Kulcsszavak: *kerékpározás, döntéstámogatás, útvonalértékelés, személyre szabott információ*

Bevezetés

A 'lágý' közlekedési módok (pl.: kerékpározás) fejlesztése különösen városi környezetben a közlekedéspolitikai fontos célkitűzése. A növekvő kerékpárhasználat az egyéni gépjármű forgalom mértékét csökkenti, amely hozzájárul a környezetterhelés mérsékléséhez, a városok élhetőségének javításához. A kerékpáros közlekedés általános fejlesztési lehetőségeivel Európa Unió [1], országos [2], városi stratégiák [3] és egyéb tanulmányok [4] is foglalkoznak. Ezek többsége az alapfolyamatra fókuszál. Előrevetítik a kerékpározás részarányának növelését (Budapesten a 2014. évi 2%-os arányról 2030-ra 10%-ra növelés [3]); továbbá hangsúlyozzák a közösségi kerékpárrendszerek (bike sharing) fejlesztésének fontosságát [3], [4].

A kerékpározás legfontosabb, markáns alapfolyamati és információkezelési jellemzői:

- védtelenség más közlekedési eszközökkel szemben, balesetveszélyes, sérülési kockázat nagyobb
- időjárási körülményeknek fokozottan kitett, a körülmények változására fokozottan érzékeny (pl.: eső, hideg)
- az út állapotára - fizikai hatások (pl.: kátyúk), időjárási hatások (pl.: vizes, csúszós) - érzékenyebb; ez nagyobb baleseti kockázatot jelent
- nagyfokú figyelmet igényel - kiegészítő tevékenységek folytatása nehezebb, veszélyes (pl.: evés, infokommunikációs eszköz kezelése)
- szabadsági foka bizonyos szempontból nagyobb (pl.: szabadabb útvonalválasztás)
- az utazáshoz szükséges információ nagy részét a kerékpáros utazás előtt szerzi be
- aktuális forgalmi szituációkra gyorsan szükséges reagálni
- utazás közbeni döntéseknél sokszor kevés az idő, az információ (mivel nem tud hatékonyan infokommunikációs eszközt használni); döntéseik legrosszabb esetben véletlenszerűek, sejtésalapúak
- utazás közben nagyobb jelentőségű a más közlekedők által mutatott viselkedés információtartalma
- mozdulataival más közlekedőkhöz képest több információt hordoz (testbeszéd - pl.: kézzel indexelés, metakommunikáció, mimika által hordozott információk).

A kerékpáros közlekedés komfortosabbá tételéhez az infrastruktúra fejlesztés mellett (alapfolyamati fejlesztés), a döntéstámogató információs szolgáltatások fejlesztése is szükséges.

A kerékpárhasználat terjedésének okait és a szükséges intézkedési terveket vizsgálták Habib és társai [5]. Megállapították, hogy a kerékpározhatóság ('bikeability') és a biztonságtudatosság (biztonságosabbnak ítélt útszakaszok használata) alapvetően meghatározza a kerékpárhasználatot, így ezek fejlesztése szükséges. Kérdőíves felmérés keretében több kutatás is vizsgálta a kerékpározást motiváló és demotiváló tulajdonságokat. Bhat és társai [6] a hosszú eljutási időt (főleg az ingázók számára), a nagy közúti forgalmat, a kerékpáros infrastruktúra széttagoltságát, a nagyarányú és egybe függő útmenti parkolási szakaszokat állapították meg elrettentő tulajdonságként. Winters és társai [7] szerint a top öt motiváló faktor: az alacsony légszennyezettség, a szép kilátás az útvonalon, a kerékpárutak kiépítettsége, a sík területek használata és a kis távolság. Passafaro és társai [8] az érzelmek, személyes attitűdök, szokások és a társadalmi normák szerepét a kerékpár választását befolyásoló tényezőként tárták fel. A kerékpárosok kinyilvánított preferenciáit vizsgálták Stinson és társai [9]. Megállapították, hogy a tapasztalt, napi szinten kerékpárt használók az utazási időre, míg a tapasztalatlanabb kerékpárosok a környezeti körülményekre érzékenyebbek.

A kerékpárosoknak kedvező infrastruktúra típusok:

- kerékpározható infrastruktúra: a kerékpáros forgalom számára nem tiltott úttípusok, aminek egy részhalmaza a

- kerékpárosbarát infrastruktúra: kifejezetten kerékpárosok által használható (pl.: kerékpárút), vagy olyan egyéb úttípusok, ahol a kerékpározás kisebb veszélyeztetéssel végrehajtható (pl.: kisforgalmú mellékút, kerékpárnyommal ellátott útszakasz, egyirányú utca kerékpárosoknak engedélyezett ellenirányú behajtással).

Az információs szolgáltatások fejlesztési üteme azonban az infrastruktúra fejlesztési üteméhez képest alul marad. Ezek elterjedtsége egyelőre még csekély, pedig az infokommunikációs technológia fejlődésének köszönhetően a valós világ egyre precízebb, részletes leképezése lehetséges adatokkal. Ennek köszönhetően számos közlekedési mód esetében egyre fejlettebb (öntanuló, adaptív, valósidejű, stb.) infokommunikációs szolgáltatások segítik az utazókat. A gyaloglási folyamat és a közforgalmú utazás 'információs' személyre szabásával foglalkozva [12] útvonaltervezést segítő eljárást dolgoztunk ki. A szerzett tapasztalatokat jelen munka során is felhasználtuk.

Célunk volt választ találni arra, hogy az adatgyűjtési technológiák fejlődése következtében rendelkezésre álló széleskörű és dinamikus adatok hogyan használhatók fel a kerékpárosok támogatására, döntéseik megkönnyítésére személyre szabott információkkal. Ennek érdekében helyzetelemzést végeztük meglévő kerékpárosoknak szóló információs rendszerek körében, részletesen elemezve az útvonaltervező alkalmazásokat. Kérdőíves felméréssel a felhasználók információs szolgáltatásokkal szembeni elvárásait vizsgáltuk. A helyzetelemzés tapasztalatai alapján kerékpárosoknak szóló útvonaltervező eljárás alapját dolgoztuk ki, amely az útvonal fizikai paramétereit és a felhasználói elvárásokat is figyelembe veszi.

1 Helyzetelemzés

Az információs szolgáltatások mérséklék a kerékpározás negatív jellemzőit (pl. olyan útvonalajánlattal, amely kevés konfliktuspontot tartalmaz). Helyzetértékelést végeztünk (különös tekintettel az útvonaltervező alkalmazásokra) annak érdekében, hogy feltárjuk az alkalmazások kedvező és hátrányos tulajdonságait.

1.1 Kerékpáros információs szolgáltatások

Széles körű kutatást végeztünk az átfogó rendszerezés és az iránymutató lehetőségek feltárása érdekében. Az összegyűjtött szolgáltatásokat csoportosítottuk:

- I. a felhasználási időpont szerint: utazás előtti, utazás közbeni, utazás utáni
- II. a felhasználói kör szerint: individuális, kollektív
- III. a felhasznált adatok aktualitása szerint: csak statikus, vagy dinamikus adatokat is használó (valós idejű).

A szolgáltatások mobil vagy immobil eszközökön jelennek meg, amelyek a felhasználói kör szerint lehetnek:

- individuális: mobil (pl.: okostelefon, okosóra, okoszemüveg)/ immobil (pl.: asztali számítógép)
- kollektív: mobil (pl.: hordozható VJT - változtatható jelzéseképű tábla)/ immobil (pl.: VJT, monitorok).

A csoportosítást az 1. ábra mutatja be. *Dőlt* betűvel a jelenleg még nem elterjedt információs szolgáltatásokat jelöltük. A késsel kiemelt kerékpáros útvonaltervező alkalmazásokat részletesen is elemeztük.

		I.	II.	III.	megnevezés	példa	
Kerékpáros információs szolgáltatások	Utazás előtt	Individuális		Statikus	statikus útvonaltervező alkalmazás	útvonalterv.hu, merretekerjek.hu	
				Dinamikus	dinamikus útvonaltervező alkalmazás közösségi kerékpárrendszerek alkalmazásai	valós idejű forgalmi adatok, időjárás adatok használata BuBi applikáció	
		Kollektív		Statikus	web kerékpáros térképek útvonal leírások	opencyclemap.org; mozgasvilag.hu holkereparozzak.hu	
				Dinamikus	közlekedési hírek fórumok, csoportok	BKK info Kerékpáros Klub facebook csoportja	
		Utazás közben	Individuális		Statikus	statikus navigációs alkalmazások	Bikecitizens applikáció
					Dinamikus	dinamikus navigációs alkalmazások edzésprogramok	valós idejű forgalmi adatokat, időjárás adatok használata runkeeper, endomondo
	Kollektív			Statikus	statikus útmenti információs rendszerek	közlekedési szabályok, információk (közúti táblák, közúti felfestések)	
		Dinamikus		dinamikus útmenti információs rendszerek	kerékpár-számláló, valós időjárás, forgalmi adatokat kijelző VIT		
	Utazás után	Individuális		Statikus	jegyzet, feljegyzés készítő alkalmazások	általános jegyzetkészítő alkalmazások	
				Dinamikus	értékelő edzésprogramok közösségi kerékpáros rendszerek alkalmazásai	runkeeper, endomondo BuBi applikáció	
		Kollektív		Statikus	hírszolgáltatások	hírporthalok	
				Dinamikus	véleménynyilvántó fórumok	Kerékpáros Klub facebook csoportja	

1. ábra: Kerékpáros információs szolgáltatások csoportosítása

1.2 Kerékpáros útvonaltervező alkalmazások

Más közlekedési módhoz hasonlóan a kerékpárosok is nagy arányban használnak útvonaltervező alkalmazásokat az utazások előkészítéséhez. Ezek utazás közben útvonal-újratervezésre is használhatók. Navigációs szolgáltatást azonban nem nyújtanak, ugyanis a felhasználót helyváltoztatása során nem követik.

Hazai, valamint példaértékű külföldi alkalmazásokat vizsgáltunk. A kiválasztásnál a Magyarországon elérhető alkalmazásokat, illetve olyan európai alkalmazásokat választottunk, amelyek működési területén a kerékpározási jellemzők a magyar viszonyokhoz hasonlóak:

- BKK Futár [futar.bkk.hu]: A budapesti közlekedési szolgáltató (BKK), Budapesten, valós idejű adatok alapján működő közösségi közlekedési útvonaltervező alkalmazása, amely kerékpáros útvonaltervezést is tartalmaz, részbeni multimodalitást is megvalósítva (közösségi kerékpározás - közösségi közlekedés). A tervezés során a MOL BuBi közösségi kerékpár rendszer valós idejű adatait is használja (pl.: ideiglenesen forgalomból kivont állomással nem tervez).
- merretekerjek.hu: Magánszemélyek által fejlesztett példaértékű magyarországi (csak) kerékpáros útvonaltervezést lehetővé tevő alkalmazás.
- GeoLogika [geologika.hu]: Budapest és környékre vonatkozó (csak) kerékpáros útvonaltervezésére képes, magántársaság által fejlesztett alkalmazás.
- KENYI (Kerékpárút Nyilvántartó Rendszer) [kenyi.hu]: A KKK (Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ) állami szervezet által

fejlesztett, magyarországi kerékpáros infrastruktúrát nyilvántartó rendszerének térképes információs, útvonaltervezésre is használható alkalmazása.

- utvonalterv.hu: Magyarországon széles körben ismert, térképészeti cég által fejlesztett országos útvonaltervező alkalmazás. Több közlekedési móddal történő tervezésre, így kerékpáros tervezésre is képes, azonban multimodalitás helyváltoztatást nem támogat.
- OSM (Open Street Map) [openstreetmap.org]: magántársaság által üzemeltetett, nyílt forráskódú térképes alkalmazás, amelynek létezik kerékpáros útvonaltervezésre alkalmas modulja is; multimodális tervezésre nem alkalmas.
- AnachB [anachb.at]: Közlekedési szövetség által működtetett, példaértékű, teljes Ausztriát lefedő multimodális útvonaltervező alkalmazás, amely kerékpáros utazástervezést is lehetővé tesz.
- TfL [tfl.gov.uk]: A londoni közlekedési szervező (TfL), Londonban működő közösségi közlekedési útvonaltervező alkalmazása, amely kerékpáros útvonaltervezési funkciót is tartalmaz, részbeni multimodalitást is megvalósítva (kerékpáros – közösségi közlekedés).
- Google Maps [googlemaps.com]: Az egyik legelterjedtebb, informatikai cég által működtetett útvonaltervező alkalmazás itthon és külföldön, amellyel különböző közlekedési módokkal végrehajtott utazás tervezését lehet véghezvinni, a multimodalitást azonban nem támogatja. Magyarországon nem, de egyes országokban elérhető a kerékpáros tervezési lehetősége is. A Google Maps kerékpáros útvonaltervezésének vizsgálatához Berlint választottuk.

Megállapítottuk, hogy az alkalmazások három típusba sorolhatók:

- kerékpáros közlekedéshez készített (merretekerjek.hu, GeoLogika, KENYI)
- olyan alkalmazás, amelynek csak kiegészítő szolgáltatása a kerékpáros tervezés; elsődlegesen a közösségi közlekedést támogatja (BKK Futár, utvonalterv.hu, OSM, TfL, Google Maps)
- multimodális (AnachB).

Mivel az alkalmazások működési jellemzőinek leírása (fejlesztési specifikációk, dokumentációk) nem állt rendelkezésünkre, a vizsgálat során több fajta honnan-hová lekérdezést végeztünk, hogy következtetéseket tudjunk levonni az alkalmazások működési folyamatairól (pl.: kerékpározható infrastruktúra figyelembe vétele). Az elemzés eredményeit az 1. táblázat foglalja össze. Az elemzéssel megállapítottuk azon példaértékű tulajdonságokat is, amelyeket egyesítve az ideális alkalmazás megalkotható. Ezek a következők:

Alkalmazás általános jellemzői:

- ✓ mobil applikáció megléte, amelyen ugyanazon funkciók, beállítási lehetőségek is elérhetők, mint weben (BKK Futár, AnachB).

6. táblázat: Kerékpáros útvonaltervező alkalmazások elemzése – helyzetértékelés (2015. novemberi állapotnak megfelelően)

		BKK Futár	merretekerjek.hu	GeoLogika	KENYI	utvonalterv.hu	OSM	AnachB	TfL	Google Maps	
1. Alkalmazás általános jellemzői	a, működési terület	Budapest	Magyarország	Budapest és környéke	Magyarország	Magyarország	világ ^a	Ausztria	London	világ ^b	
	b, választható nyelv	magyar/angol	magyar	magyar/angol	magyar	magyar	felhasználói környezet függő	német/angol	angol	felhasználói környezet függő	
	c, elérhetőség	web/mobil	web	web	web	web	web	web/mobil	web	web/mobil	
2 Felhasználó oldali beállítások	2.1. Alapvető utazási információk beállítása	a, indulási és érkezési hely	a1, térképes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		a2, cím szerinti	✓				✓	✓	✓	✓	
		a3, POI	✓					✓	✓	✓	
		a4, koordináta					✓			✓	
	b, utazási idő	b1, indulási idő	✓					✓	✓	✓	
		b2, érkezési idő	✓					✓	✓	✓	
		b3, indulás most	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	2.2. Személyre szabási beállítások	a, preferencia megadása	✓								
		b, jelentős forgalom elkerülése	✓*	✓							
		c, emelkedők elkerülése						✓			
d, kerékpárosbarát infrastruktúra		✓					✓				
e, sebesség							✓				
f, multimodális utazás		f1, kerékpárszállítás						✓***	✓***		
f2, kerékpártárolás	✓**					✓	✓***				
g, felhasználói profil megjegyzése		✓						✓			
3. Alkalmazás működési folyamata	a, kerékpározható infrastruktúra használatának mértéke	közepes	nagy	kis	kis	kis	kis	nagy	nagy	közepes	
	b, kerékpárosbarát infrastruktúra használatának mértéke	közepes	nagy	közepes	közepes	nagy	közepes	nagy	nagy	közepes	
	c, kerékpáros multimodális tervezés	✓**						✓	✓***		
	d, közösségi kerékpáros tervezés	✓							✓		
4. Útvonal- opciók megjelenítése	a, térképes megjelenítés	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	b, szöveges leírás részletessége	kis		közepes	nagy	közepes	közepes	nagy	közepes	közepes	
	c, útvonal kiegészítő információinak mennyisége/részletessége		nagy		nagy			közepes			
	d, egyéb kiegészítő szolgáltatásokról információ részletessége		közepes		nagy		közepes	nagy			

^a elemzésnél Budapestet vizsgáltuk; ^b elemzésnél Berlint vizsgáltuk;

* részben a preferencia megadása tartalmazza; ** csak közösségi kerékpár és közösségi közlekedés között; *** csak kerékpár és közösségi közlekedés között

Kerékpáros tervezés felhasználói beállításai:

- ✓ kerékpárosbarát, vagy gyors (nemcsak kerékpárosbarát infrastruktúra használata) személyre szabási szint állítható be; a beállítási szinteknek megfelelően veszi figyelembe tervezéskor a kerékpárosbarát infrastruktúrát (BKK Futár)
- ✓ földút kizárása, közúti forgalomkerülés mértékének beállítása (merretekerjek.hu)
- ✓ emelkedő kerülése, kerékpáros infrastruktúra előnyben részesítése, sebességválasztás (AnachB)
- ✓ multimodális utazás személyre szabása: kerékpártárolással, kerékpárszállítással (AnachB, TfL)
- ✓ a közösségi kerékpárt is ki lehet választani, mint kerékpártípus (BKK Futár, TfL).

Alkalmazás működési folyamatai:

- ✓ kerékpározható infrastruktúra részletes figyelembe vétele (merretekerjek.hu, AnachB, TfL)
- ✓ gyalogátkelőhelyen történő átkelés figyelembe vétele tervezéskor, de a kerékpárt tolva (erre figyelmeztet az útvonal leírásánál) történő átvezetése (BKK Futár)
- ✓ multimodális láncban kerékpár és közösségi közlekedés részvételével (TfL)
- ✓ multimodális láncban közösségi kerékpár és közösségi közlekedés részvételével (BKK Futár)
- ✓ teljes körű multimodális (kerékpár, közösségi kerékpár, városi és helyközi közösségi közlekedés, személygépjármű, car-sharing) tervezés (AnachB).

Útvonalopciók megjelenítése:

- ✓ úttípus (pl.: kerékpársáv, kerékpárút),
- ✓ magasság profil, emelkedés mértéke (merretekerjek.hu, AnachB)
- ✓ részletes szöveges leírás (AnachB)
- ✓ kiegészítő szolgáltatások információi (KENYI, AnachB – pl.: kerékpártároló, szervizpont)
- ✓ környező kerékpárosbarát infrastruktúra jelölése (merretekerjek.hu, GeoLogika, OSM).

Az elemzéssel a meglévő alkalmazások következő gyengeségeit állapítottuk meg:

- ✗ kifejezetten kerékpárosbarát útvonaltervezés hiánya (kerékpározható infrastruktúra nyomvonalának követése, illetve a kerékpárosbarát infrastruktúra előnyben részesítése nem valósul meg teljes körűen)
- ✗ kevés személyre szabható beállítási lehetőség
- ✗ a kerékpározható infrastruktúra statikus (pl.: úthiba) és dinamikus (pl.: jeges útfelület) tulajdonságainak figyelmen kívül hagyása.

1.3 Kérdőív – információs szolgáltatásokkal szembeni elvárások

Kérdőíves felmérés keretében vizsgáltuk a kerékpározási és az azzal összefüggő információkezelési szokásokat. A kikérdezést interneten, Google Űrlap alkalmazással 2015.10.05-2015.10.10 között 6 napon át végeztük. Összesen 770 darab válasz érkezett. A kérdőív a sokrétű, egymással összefüggő kérdések miatt

számos megállapítás, következtetés levonását tette lehetővé. Jelen keretek között csupán az információkezelési jellemzőkre és az elvárásokra kiterjedő legfontosabb eredményeket mutatjuk be.

Felméréseink szerint a kerékpárosok igénylik az őket támogató információs rendszereket. A válaszadók csupán 10%-a nem használna soha valós idejű adatokkal működő (pl.: aktuális időjárás, útállapot, forgalomnagyság) útvonaltervező alkalmazást. Több, mint 60%-uk jó ötletnek tartja, és 36%-uk használna is kerékpárosoknak szóló navigációs rendszert. Útmenti változtatható jelzésképű táblák telepítését, amin kerékpárosoknak szóló dinamikus információk közölhetők, a válaszadók 62%-a tartja támogatandó ötletnek. Meglévő útvonaltervező alkalmazások esetében a kérdőív kitöltőinek 50%-a szerint a kifejezetten kerékpáros útvonaltervezés hiánya a legzavaróbb, 15%-uk szerint a kevés személyre szabható beállítási lehetőség, míg 23%-uk szerint a kerékpározható infrastruktúra tulajdonságainak figyelmen kívül hagyása a legnagyobb hiányosság. Az a tény, hogy a válaszadókat a kerékpáros útvonaltervezés hiánya zavarja a leginkább azzal magyarázható, hogy a kerékpárosok 70%-a a Google Maps tervező alkalmazást használja útvonaltervezéshez, aminek magyarországi változatában a kerékpáros tervezés opció hiányzik.

2 Eredmények: útvonalértékelő eljárás

A kerékpáros útvonalválasztásnál a külső befolyásoló körülmények mellett az egyének heterogenitásának is jelentős a szerepe. Olyan általánosan alkalmazható kerékpáros útvonalértékelő eljárást dolgoztunk ki (2. ábra), amelynek része egy hálózatértékelő algoritmus, ami a fizikai paraméterek sebességbefolyásoló hatása, azok időbeli változása, és az utazói preferenciák alapján értékeli a kerékpáros hálózatot.

2.1 Az eljárás működési folyamata

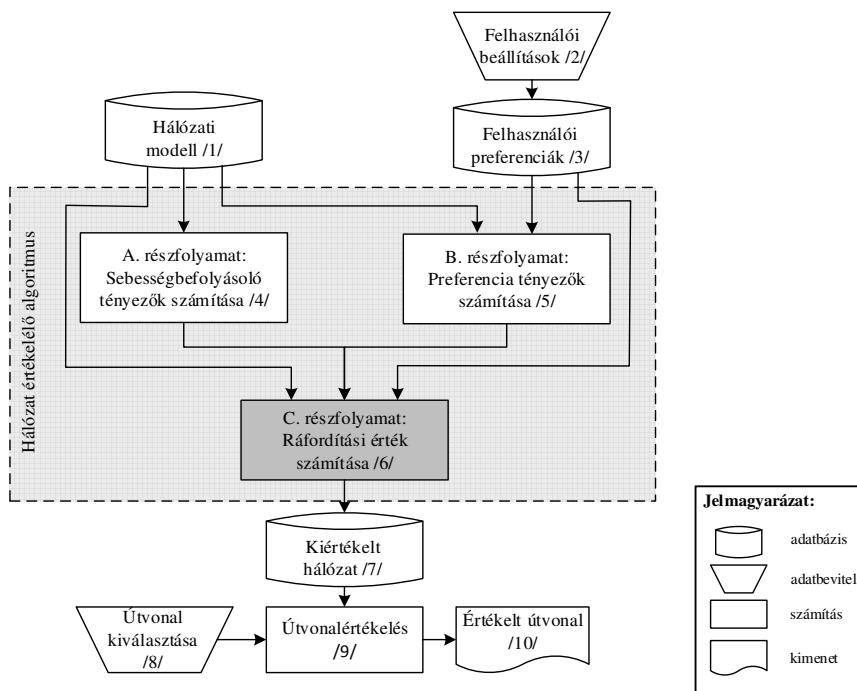
Az eljárás helyes működéséhez kidolgoztunk egy *Hálózati modellt* /1/, ami a kerékpáros infrastruktúrát részleteiben leképezi (ezen modell ismertetésétől itt eltekintünk). Az eljárás elején a *Felhasználó beállításokat* /2/ hajthat végre, minősítve a pontszerű [csúcs] (pl.: kerékpártároló, szervízpont) és vonali [él] (pl.: útszakaszok) hálózati elemek jellemzőit. Személyre szabható beállítások például: fizikai útállapot, időjárási körülmények, domborzati jellemzők. Beállítást csak olyan jellemző esetében lehet elvégezni, amelyre vonatkozóan rendelkezésre áll adat; azaz a beállítások számát a hálózati modell kidolgozottsága alapvetően befolyásolja. Ezen beállított jellemzőket az eljárás a *Felhasználói preferenciák* adatbázisban tárolja el /3/. A felhasználó beállíthatja:

- az értékelés során alkalmazott átlagsebességet,
- az élekhöz tartozó preferencia tényezők értékelését, valamint
- csúcsokhoz tartozó preferencia tényezők értékelését.

A preferencia tényezők értékelésénél a felhasználó a „közömbös”, „zavaró”/„szükséges”, „kizáró” értékek közül választhat.

Az eljárás része a hálózatértékelő algoritmus, amely három részfolyamatban (A, B, C) határozza meg a hálózati elemekre jellemző ráfordítási értékeket. Az algoritmus eredménye: kiértékelt hálózat; minden csúcshoz és élhez egy-egy ráfordítási érték hozzárendelése.

Ráfordítási érték: a hálózati elem tulajdonságait és a felhasználói preferenciákat figyelembe vevő, az elem leküzdésének érzékelt idejét kifejező időalapú érték.



2. ábra: Útvonalértékelő eljárás

A hálózatértékelő algoritmus részfolyamatait:

A. részfolyamat: sebességbefolyásoló tényezők számítása /4/:

Sebességbefolyásoló tényező: egyes él tulajdonságoknak a sebességre gyakorolt hatásának mértékét adja meg.

Egyes forgalmi, környezeti, hálózati állapotot leíró él tulajdonságok sebességbefolyásoló hatásúak. Ezen jellemzők összegyűjtésével komplex sebességbefolyásoló tényezők (q) képezhetők (pl.: emelkedés mértékéből képzett tényező, forgalomnagyság sebességbefolyásoló hatása, útfelület fizikai állapotának hatása, úttest keresztezésének hatása). A tényezők 1 körüli értékek; 1-nél kisebb tényező sebességsökkentést, 1-nél nagyobb tényező sebességnövekedést okoz. Egy-egy tényező értékét több él tulajdonság (annak állapotai) együttesen befolyásolják. A tényezők számát a hálózati modell részletezettsége befolyásolja. Pontos értékük számítása mérőszámok végrehajtásával lehetséges.

Mivel a q tényezők a sebességbefolyásoló hatásukat együttesen fejtik ki. Ennek leképezése függvénykapcsolat bevezetésével lehetséges. Kalibrációs

folyamat során több függvénykapcsolatot is kipróbáltunk. Választásunk a tényezők szorzatösszegének gyökvonásra esett (1) (Q : sebességbefolyásoló össz-tényező, j : él azonosítója $j = 1..n \ n \in \mathbf{N}^+$, μ : sebességbefolyásoló tényező azonosítója $\mu = 1..n \ n \in \mathbf{N}^+$):

$$Q_j = \sqrt{\prod_{\mu=1}^n q_{\mu}^j} \quad (1)$$

B. részfolyamat: preferencia tényező számítása /5/:

Preferencia tényező: a hálózati modellben eltárolt él és csúcs tulajdonságok személyes megítélését fejezi ki.

Az értékelő algoritmus preferencia tényezőket határoz meg a hálózati elemek tulajdonságai és a felhasználói preferenciák alapján élenként és csúcsonként. A felhasználói preferenciákat (x_m , ahol m a preferencia azonosítója $m = 1..n \ n \in \mathbf{N}^+$) számértékkel is kifejeztük.

- „közömbös” értékeléshez tartozó számérték minden esetben 1, ezzel a felhasználói preferencia nem befolyásolja az érzékelt idő szükségletet
- „zavaró” és „szükséges” értékeléshez rendelt számértékek 1-től eltérőek. A hálózati elemeknél az 1-nél nagyobb érték növeli az érzékelt idő szükségletet, az 1-nél kisebb érték csökkenti azt. Csúcsonnál az érték egyfajta attraktivitási tényező, kifejezi, hogy a felhasználó számára ez a csúcs mennyire kedvező
- „kizáró” értékelésnél a számérték 1000, ami gyakorlatilag kizárja az adott élt a további számításoknál a magas értéke miatt.

A tényezők hatásukat együttesen fejtik ki. Erre a szorzatösszeg megfelelő (2), hiszen, ha több kedvezőtlen (vagy csúcs esetén kedvező) tulajdonság is egyidejűleg jelentkezik, az sokszorosán befolyásolja a felhasználó érzékelt idejét. (X : preferencia össz-tényező):

$$X = \prod_{m=1}^n x_m \quad (2)$$

C. részfolyamat: ráfordítási érték meghatározása /6/: Az értékelő algoritmus minden hálózati elemhez (csúcshoz, élhez) egy-egy ráfordítási értéket számol a sebességbefolyásoló össz-tényező, a preferencia össz-tényezők, a hálózati modell egyes adatainak és az átlagsebesség érték felhasználásával. (2. ábra /6/-os folyamatának bemenő nyilai)

- i . csúcs ráfordítási értékének számítása (4):

$$r_i = t_i \cdot X_i \quad (4)$$

t_i : a csúcs leküzdéséhez ténylegesen szükséges időérték, az ott eltöltött becsült idő [s]; X_i : csúcs össz-preferencia tényező.

- j . él ráfordítási értékének számítása (3):

$$r_j = t_j \cdot X_j = \left(\frac{d_j}{v \cdot Q_j} + w_j \right) \cdot X_j \quad (3)$$

t_j : az él leküzdéséhez ténylegesen szükséges időérték; d_j : él hossza [m], v : sebesség [m/s], w_j : keresztezési idővesztés jelzőlámpás irányítású él esetén [s], X_j : él össz-preferencia tényező.

Az élenként és csúcsonként meghatározott ráfordítási értékek egy adatbázisba kerülnek (*Kiértékelt hálózat /7/*). A hálózati elemekből útvonalak állíthatók össze. Ha ismert egy útvonal él és csúcs készlete /8/, akkor az útvonalra jellemző teljes ráfordítási értékek határozhatóak meg /9, 10/. A teljes ráfordítási érték alapján útvonalak hasonlíthatók össze, rangsorolhatóak, így a felhasználó számára legkedvezőbb útvonal kiválasztható. Az eljárás egy megfelelő útvonalkereső eljárással (pl.: továbbfejlesztett Dijkstra-algoritmus) kiegészítve útvonalkeresésre/útvonaltervezésre is használható.

2.2 Az eljárás szemléltetése példaterületen

Az eljárás működésének bizonyítása, szemléltetése érdekében mintaalkalmazást dolgoztunk ki, amelyhez valós, budapesti példaterületen mintahálózatot képeztünk. Az elemek fizikai tulajdonságait területbejárásokkal és mérésekkel határoztuk meg. Sebességcsökkentő tényezőket definiáltunk, amelyek állapotaihoz pontos számértéket rendeltünk szakirodalmi forrásokból [10], [11] és tapasztalati úton. A hálózaton azonos kezdő és végpontok között két különböző útvonalat definiáltuk. A következő értékeléseket végeztük el:

1. referenciamérésekkel való összehasonlítás,
2. létező útvonaltervező alkalmazás eredményeivel történő összehasonlítás.

A modellezett hálózat: Budapest, BME St. épület és Budapest Keleti pályaudvar között kiválasztott két jellegzetes útvonal:

- a. útvonal: Stoczek utca – Bertalan Lajos utca – Budafoki út – Szent Gellért tér – Szabadság híd – Vámház körút – Múzeum körút – Astoria – Dohány utca – István utca – Bethlen Gábor utca – Keleti pályaudvar (80 él)
- b. útvonal: Stoczek utca – Bertalan Lajos utca – Budafoki út – Szent Gellért tér – Szabadság híd – Vámház körút – Múzeum körút – Astoria – Rákóczi út – Keleti pályaudvar (60 él)

Az értékelések célja az eljárás, elsődlegesen a sebességcsökkentő tényezők megfelelőségének vizsgálata volt. A példahálózatot a preferencia össz-tényezők figyelembevétele nélkül vizsgáltuk, annak érdekében, hogy valós eljutási időket kapjunk. A vizsgálathoz hétköznap délutáni, nagyobb forgalmú, száraz, 15 fok feletti időjárási körülményt választottunk.

1. értékelés: az eljárás eredményeit referenciamérések eredményeivel (az a. útvonalon végrehajtott három referenciamérés eredményeinek átlaga) hasonlítottuk össze (2. táblázat). A mérést a megadotthoz hasonló körülmények között hajtottuk végre októberi napokon.

2. táblázat: *Eredmények összehasonlítása referencia mérésekkel*

a. útvonal	
mintaalkalmazás	referencia mérés
<i>19,8 perc</i>	<i>18,1 perc</i>

A mintaalkalmazással számított eredmények közelítik a referencia mérések eredményét. Az eltérés a mérés során tapasztalt aktuális forgalmi viszonyokkal (pl.: zöld hullám), valamint a kidolgozott eljárás sebességbefolyásoló tényezőinek több esetben nem eléggé pontos értékével magyarázható. A sebességbefolyásoló tényezők értékének finomításával az eredmények pontosíthatók, azonban a kidolgozott eljárás elvi helyessége így is bizonyításra került.

2. értékelés: Az értékelés során az eljárás eredményeit hasonlítottuk össze a BKK Futár kerékpáros útvonaltervező alkalmazás eredményével. A BKK Futár 'kerékpárosbarát' és 'leggyorsabb útvonal' beállítási lehetőségekkel rendelkezik. Az útvonaljavaslatok az általunk definiált *a.* (kerékpárosbarát) és *b.* (leggyorsabb) útvonallal egyeztek meg (kezdő és végpontnál kismértékű eltérés van). A 3. táblázat a kapott időértékeket mutatja be.

3. táblázat: *Eredmények összehasonlítása létező útvonaltervező alkalmazással*

<i>a. útvonal</i>		<i>b. útvonal</i>	
mintaalkalmazás	BKK Futár	mintaalkalmazás	BKK Futár
<i>19,8 perc</i>	<i>17 perc</i>	<i>18,7 perc</i>	<i>16 perc</i>

A BKK Futár általi javaslatok pontatlanok, ami a kerékpározható infrastruktúra elnagyolt leképezésével, a dinamikusan változó hálózati jellemzők (pl.: forgalomnagyság) kezelésének hiányával és az eltérő (nem ismert) sebességértékkel történő számolással magyarázható. A BKK Futár pontatlanságát tükrözi, hogy értékei még a referenciamérés eredményeinél is kisebbek. Mindezek alapján látható, hogy a részletes hálózatot leképező útvonalértékelési/útvonaltervezési eljárásra szükség van, annak érdekében, hogy a kerékpárosok az utazásukhoz pontos információkat kapjanak.

A kidolgozott útvonalértékelő eljárás az útvonalak valóságú tulajdonságainak és a felhasználói preferenciáknak a figyelembe vételével megbízható értékelést végez, amely közvetlenül hozzájárul a kerékpárosok döntéseinek támogatásához.

Konklúzió

Kutatásunk során a kerékpáros közlekedés alapfolyamati és információkezelési sajátosságaival foglalkoztunk. Elemeztük az információs szolgáltatásokat, meghatározva az irányadó funkciókat és a fejlesztési lehetőségeket. A kerékpáros szokások/elvárások részletesebb megismeréséhez kérdőíves felmérést végeztünk; a legfontosabb, információs elvárásokra vonatkozó eredményeket ismertettük. A helyzetelemzés alapján dinamikus adatokat is kezelő, a felhasználók elvárásait figyelembe vevő útvonalértékelő eljárás elméleti háttérét mutattuk be, amely személyre szabott információkkal támogatja a kerékpárosok döntéseit. Az eljárás helyes működését egy példaterületen, mintaalkalmazással bizonyítottuk.

A kutatás során tapasztalt főbb nehézségek egyike az útvonaltervező alkalmazások működésének elemzése volt, amelyet 'próbálgatásos módszerrel', a belső működési jellemzők ismerete nélkül végeztünk el. További nehézségként az értékelő eljárásban alkalmazott megbízható függvénykapcsolatok feltárása adódott.

A tématerületben rejlő kutatási potenciál jelentős, ezért a kutatást több irányban is folytatjuk:

- a kérdőíves felmérésből további következtetések levonása, összefüggések feltárása, felhasználói csoportok képzése
- értékelő eljárás elemeinek finomítása:
 - zavaró beállítási lehetőséghez tartozó számértékek differenciálása, figyelembe véve a különböző felhasználói jellemzőket, kerékpározási szokásokat
 - a sebességsökkentő össz-tényezőt képző függvénykapcsolat kalibrálása
 - az eljárás kiterjesztése a felhasználó pillanatnyi fizikai/szellemi állapotára és helyismeretére, valamint a kerékpár típusára.

Köszönetnyilvánítás

A projekt a Nemzeti Tehetség Program keretében, az Emberi Erőforrások Minisztériuma támogatásával, az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő lebonyolításában valósul meg (a pályázat azonosító jele: NTP-HHTDK-15-0009). A projekt címe "A kari TDK szervezése, a BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar tehetséges TDK hallgatóinak hazai és nemzetközi konferencia részvételének és publikálásának támogatása".

Irodalomjegyzék

- [1] EU, Európai Bizottság, White paper 2011 - Roadmap to a Single European Transport Area - Towards a competitive and resource efficient transport system, (2011) http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/2011_white_paper_en.htm (2015.12.01)
- [2] NFM, Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, Nemzeti Közlekedési Stratégia; Országos Kerékpáros Koncepció és Hálózati Terv, (2013) http://www.3k.gov.hu/remos_downloads/NKS_Orszagos_Kerekparos_Konceptcio_es_Halozati_Terv.33.pdf (2015.12.01)
- [3] BKK, Budapesti Közlekedési Központ, Budapest Közlekedésfejlesztési Stratégiája 2014-2030, Balázs Mór Terv, (2014), <http://www.bkk.hu/bmt/docs/BMT.pdf> (2015.09.03)
- [4] European Cyclists' Federation Public Bike Sharing, Final Guidance Note, (2015) <http://www.ecf.com/wp-content/uploads/BSS-FINAL-REPORT-150121.pdf> (2015.09.15)
- [5] K.N. Habib; J. Mann; M. Mahmoud; A. Weiss. Synopsis of bicycle demand in the City of Toronto: Investigating the effects of perception, consciousness and comfortability on the purpose of biking and bike ownership, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 70 (2014), pp. 67–80. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2014.09.012>
- [6] C.R. Bhat; S.K. Dubey; K. Nagel. Introducing non-normality of latent psychological constructs in choice modeling with an application to bicyclist

- route choice, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 78 (2015), pp. 341–363. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trb.2015.04.005>
- [7] M. Winters, G. Davidson, D. Kao, K. Teschke. Motivators and deterrents of bicycling: comparing influences on decisions to ride, *Transportation*, Vol. 38 No. 1 (2010), pp. 153–168. <http://doi.org/10.1007/s11116-010-9284-y>
- [8] P. Passafaro; A. Rimano; M. P. Piccini, R. Metastasio; V. Gambardella; G. Gullace; C. Lettieri The Bicycle and the City: Desires and Emotions versus Attitudes, Habits and Norms, *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 38 (2014), pp. 76–83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.12.011>
- [9] A. Stinson; Chandra; R. Bhat. A Comparison of the Route Preferences of Experienced and Inexperienced Bicycle Commuters. *TRB Annual Meeting 2005*, (2005), pp. 05–1434
- [10] S. Bernardi; F. Rupi. An Analysis of Bicycle Travel Speed and Disturbances on Off-Street and On-Street Facilities, *Transportation Research Procedia*, Vol. 5 (2015), pp. 82–94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2015.01.004>.
- [11] J. Parkin; J. Rotheram. Design Speeds and Acceleration Characteristics of Bicycle Traffic for Use in Planning, Design and Appraisal, *Transport Policy*, Vol. 17 No. 5 (2010), pp. 335–341. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.03.001>.
- [12] D. Földes, Cs. Csiszár. Route Plan Evaluation Method for Personalized Passenger Information Service, *Transport* Vol. 30 No. 3 (2015), pp. 273–285 (Special Issue on Smart and Sustainable Transport) <http://dx.doi.org/10.3846/16484142.2015.1086889>