



**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék
Tudományos Diákköri Konferencia 2015**

**Kerékpáros útvonalértékelő eljárás kidolgozása
és beillesztése a multimodális városi
útvonaltervezésbe**

Készítette:

Földes Dávid

Konzulens:

Dr. Csiszár Csaba

2015.

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés.....	1
2	A kutatási téma.....	2
2.1	Aktualitás, jelentőség.....	2
2.2	Problémafeltárás, alkalmazott módszerek, célkitűzés.....	2
2.3	Irodalomkutatás.....	4
3	A kerékpározás alapfolyamati és információkezelési sajátosságai	8
3.1	Alapfolyamati jellemzők.....	8
3.2	Információkezelési jellemzők	10
4	Helyzetelemzés.....	14
4.1	Kerékpározási szokások felmérése	14
4.2	Kerékpáros információs szolgáltatások.....	17
4.3	Kerékpáros útvonaltervező rendszerek	20
5	Multimodális hálózati modell személyre szabott útvonal-tervezéshez	25
5.1	A modell szerkezete	26
5.2	Kerékpáros makro gráf és kapcsolatai	31
6	Kerékpáros útvonalértékelő eljárás	34
6.1	Sebességbefolyásoló tényezők számítása	37
6.2	Preferencia tényezők számítása.....	38
6.3	Ráfordítási értékek számítása.....	40
6.4	Az eljárás szemléltetése példaterületen.....	42
7	Konklúzió	47
	Irodalomjegyzék	48
	Ábrajegyzék	51
	Táblázatjegyzék	51
	Függelék.....	52

1 Bevezetés

A személyközlekedés egyik fontos szervezési és üzemeltetési célkitűzése: az egyéni gépjármű használat arányának csökkentése, a közösségi közlekedés és a 'lágymű' közlekedési módok (pl.: kerékpározás, gyaloglás) fejlesztése. Mindez a közlekedők szemléletformálásával, a környezetbarát közlekedési módok alap- és információszolgáltatási fejlesztésével segíthető elő.

A fenntartható közlekedés a fejlett országok közlekedéspolitikájának meghatározó eleme. A kerékpár mára már elfogadott és kifejezetten támogatott közlekedési mód. A lágymű mobilitási formák az infrastruktúra tervezésekor előtérbe kerültek. A kerékpárosok azonban az infokommunikációs szolgáltatásokkal is támogatandók.

A multimodális útvonaltervező (tágabb értelmezésben mobilitási lánc menedzselő) alkalmazások fejlesztése aktuális, jelentős kutatási és innovációs potenciált is jelent. Az alkalmazásokban a környezetbarát/újszerű közlekedési módok (pl. kerékpározás, gyaloglás, közösségi mobilitás) integrálása is szükséges, annak érdekében, hogy az utazók minél több és értéknövelt információt kapjanak az alternatívákról.

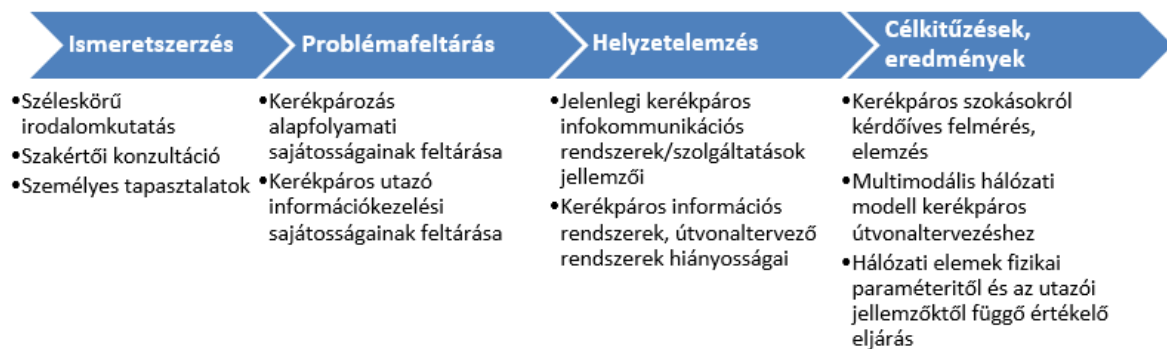
A kutatás során kidolgozott, a hálózat fizikai tulajdonságait részletesen leképező hálózati modell, valamint az erre épített értékelő eljárás segítségével az útvonalak értékelhetők, ami az útvonaltervezés egy megalapozó részfolyamata. Az elért eredmények a kerékpárosok információs szolgáltatásainak fejlesztését közvetlenül támogatják.

2 A kutatási téma

2.1 Aktualitás, jelentőség

A kerékpáros közlekedés részaránya a (városi) közlekedésben folyamatosan növekszik. Míg a kerékpáros infrastruktúrát gyors ütemben fejlesztik, addig a kerékpáros információs szolgáltatások fejlesztési üteme ettől elmarad. Ezek elterjedtsége egyelőre még csekély, pedig az ICT fejlődésének köszönhetően a valós világ egyre precízebb, részletes leképezése lehetséges, adatokkal. Ennek köszönhetően számos közlekedési mód (pl. egyéni gépjárműves közlekedés, közösségi közlekedés) esetében egyre fejlettebb (öntanuló, adaptív, valós idejű, stb.) infokommunikációs szolgáltatások segítik az utazókat.

A kerékpáros helyváltoztatások részarányának növelése Európa Unió, országos és városi fejlesztési stratégiák célja. Mindez ösztönző intézkedésekkel lehetséges, amelyek kiterjednek az infrastrukturális beavatkozások mellett az információs szolgáltatások fejlesztésére is. Ezek a tények a választott kutatási témám aktualitását támasztják alá. A kutatási folyamat fázisait az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: A kutatás folyamata (forrás: saját kutatási eredmény)

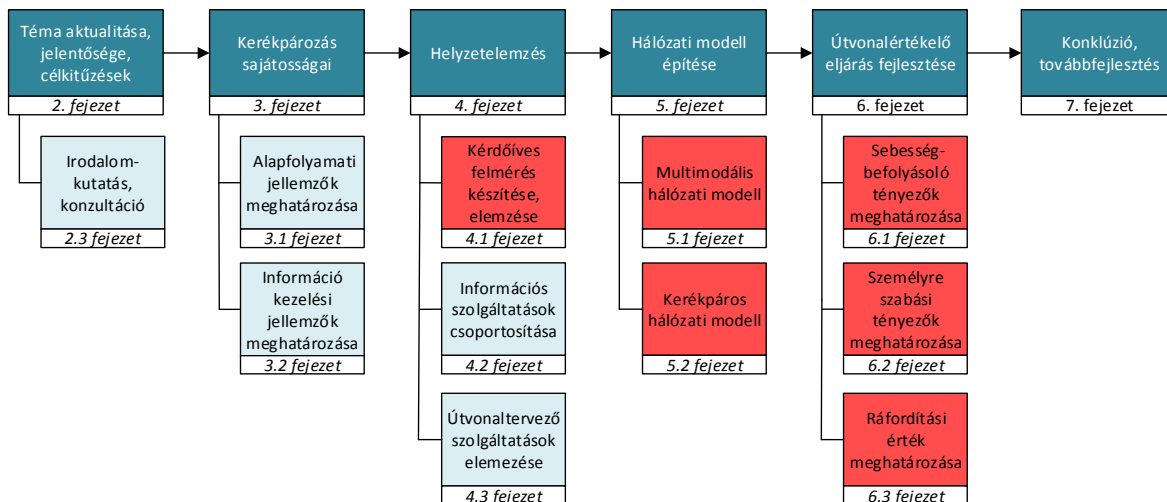
2.2 Problémafeltárás, alkalmazott módszerek, célkitűzés

A kerékpározás problémáinak azonosítása érdekében feltártam az alapfolyamati és információkezelési jellemzőket. Kérdőíves felméréssel vizsgáltam a kerékpárosok viselkedési jellemzőit és elvárásait. Csoportosítottam a kerékpárosoknak szóló információs szolgáltatásokat, majd helyzetelemzést végeztem meglévő útvonaltervező alkalmazások körében.

A kutatás során arra kerestem a választ, hogy az adatgyűjtési technológiák fejlődése következtében rendelkezésre álló széleskörű és dinamikus adatok hogyan használhatók fel a kerékpárosok támogatására, döntéseik megkönnyítésére testre szabott információkkal.

A kutatás célkitűzése: a kerékpáros információs szolgáltatásokat megalapozó olyan hálózati modell kidolgozása, amely a hálózati elemek statikus és időben változó fizikai tulajdonságait is részletesen leképezi. A kerékpáros hálózati modellt multimodális környezetbe helyeztem, leírva a más közlekedési módokkal való kapcsolatokat is. A hálózati modell alapján a felhasználói preferenciákat is széles körben figyelembe vevő, kerékpáros hálózatot értékelő algoritmust fejlesztettem. A modell és az algoritmus alkalmazása lehetővé teszi a személyre szabott, részletes útvonalértékelést, útvonaltervezést kerékpárosok számára.

A dolgozat struktúráját a 2. ábra foglalja össze, bemutatva a legfontosabb részfeladatokat és azok egymásra épülését. Az egyes részfeladatoknál feltüntettem a fejezetszámot, ahol a dolgozatban megtalálhatóak. Az innovatív eredményekre vezető részfeladatokat bordó háttérrel emeltem ki.



2. ábra: A dolgozat felépítése (forrás: saját kutatási eredmény)

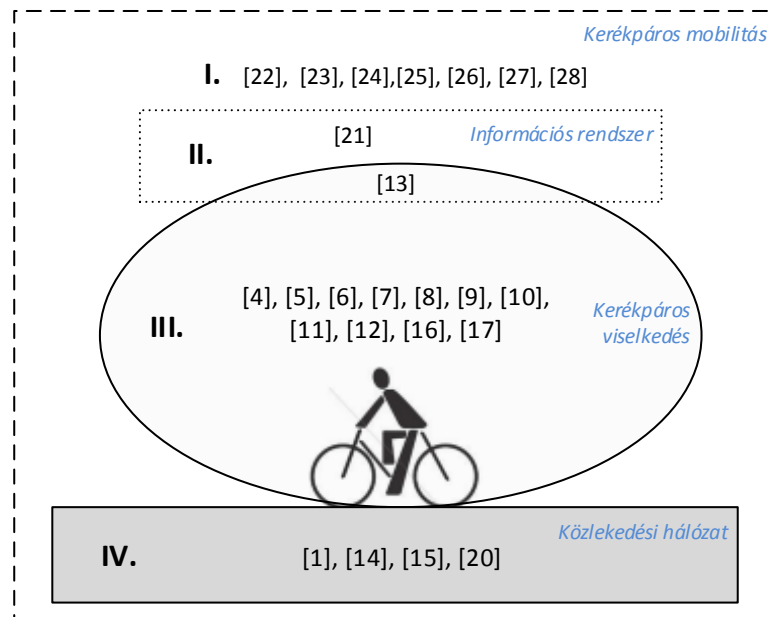
2.3 Irodalomkutatás

Széleskörű hazai és nemzetközi irodalomkutatást végeztem négy részterületen:

- I. kerékpáros közlekedés fejlődése, tendenciák, célkitűzések, irányelvek,
- II. kerékpáros (multimodális) információs rendszerek (elsősorban útvonaltervezők) – működés, felhasználói elvárások,
- III. kerékpárosok viselkedés és mozgás jellemzői, útvonalválasztás,
- IV. hálózati modellezés.

Az irodalomkutatás célja, a témában eddig elért kutatási eredmények feltárása mellett, a hálózati modell és az értékelő eljárás egyes bemeneti paramétereinek meghatározása volt. Ezenkívül a kerékpáros közlekedésben jártas szakértőkkel (Magyar Kerékpáros Klub, BKK, KTI) konzultáltam, valamint területbejárásokat hajtottam végre.

A feldolgozott irodalmakat rendszerszemléletű ábrában helyeztem el (3. ábra).



3. ábra: Az irodalmi források rendszerszemléletű csoportosítása (forrás: saját kutatási eredmény)

I. kerékpáros közlekedés fejlődése, tendenciák, célkitűzések, irányelvek: Az általános szabályozási elveket, illetve az infokommunikációs technológiák fejlesztési (bevezetési/elterjesztési) lehetőségeit kutattam. A kerékpáros közlekedés általános fejlesztési lehetőségeivel Európai Unió [22], országos [23], városi stratégiák [24] és egyéb

tanulmányok [25] is foglalkoznak. Ezek többsége az alapfolyamatra fókuszál. Előrevetítik a kerékpározás részarányának növelését (Budapestén a 2014. évi 2%-os arányról 2030-ra 10%-ra növelni [24]); továbbá hangsúlyozzák a közösségi kerékpárrendszerek (bike sharing) fejlesztésének fontosságát [23, 25]. A kerékpár használat terjedésének okait és a szükséges intézkedési terveket vizsgálták Habib és társai [3]. Megállapították, hogy a kerékpározhatóság ('bikeability') és a biztonságtudatosság alapvetően meghatározza a kerékpárhasználatot, így ezek fejlesztése szükséges.

Az ICT fejlődésének következtében az útvonaltervező rendszerek mellett a legfontosabb, kerékpározást támogató információs rendszerek/szolgáltatások:

- Párizsban kísérleti jelleggel a kerékpározás ösztönzését megtett kilométer alapú díjazással kívánták elérni (azaz a kerékpározásért „fizetés” jár). Ennek ellenőrzése bevallásos alapon aggályos, de ICT technológiák alkalmazásával (pl.: GPS alapú követés) megvalósítható [26].
- A GPS technológia navigációs szolgáltatások keretében a kerékpáros közlekedésnél is alkalmazható. A kerékpárra erősített kijelző segítségével képi, fülhallgatóval pedig szóbeli navigációs utasítások adhatóak a kerékpárosnak [27].
- Szenzorok és kamerák alkalmazhatók, amelyek felismerik a kerékpárost/kerékpárt. Ez előnyben részesítésre, forgalomszámlálásra is használható [28]. A szenzorok kerékpártárolók foglaltságáról is adnak nyers adatot, amelyekből dinamikus információk képezhetők.
- Negyedik generációs bike sharing rendszerek fejlesztése növelheti a kerékpározás városi részarányát, a felhasználók számára vonzóbbá váló kerékpárok miatt. A jelenleg elterjedt bike sharing rendszerek harmadik generációsak (pl.: MOL BuBi). A negyedik generációs rendszerek a kerékpáros támogatását növelik, pl.: növelt értékű információk (valós idejű átszállási kapcsolatok, navigáció) a kormányon elhelyezett fedélzeti kijelzőkön; pedelec – elektromos, könnyebben hajtható kerékpárok [25].

II. kerékpáros (multimodális) információs rendszerek (elsősorban útvonaltervezők) – működés, felhasználói elvárások: Célom a kerékpáros útvonaltervező szolgáltatások és

információs rendszerek helyzetelemzésének alátámasztása volt. Az útvonaltervező alkalmazások szakirodalmi leírása legtöbbször csupán technikai jellegű. Általában hiányzik a mélyebb összefüggések, működési folyamatok, logikai kapcsolatok, stb. leírása, valamint az egyéni beállítások személyre szabási lehetőségeinek tárgyalása. Ezért a működő útvonaltervező rendszerek tekintetében helyzetelemzést végeztem, különös figyelemmel a beállítási lehetőségekre és a működési folyamatok jellemzőire.

Su és társai egy Vancouverben működő, kerékpárosoknak szóló útvonaltervező alkalmazást mutattak be [13]. Ez a leírás is csak a program általános jellemzőit foglalja össze. Az alkalmazás bevezetésétől azt várták, hogy a fenntartható és egészséges kerékpározás, mint alternatív közlekedési mód elterjedjen a városban. Az útvonal személyre szabásánál az alábbi beállítási lehetőségek fontosságát emelték ki: távolság, magasság leküzdés, biztonság, útvonal jellemzői (pl.: eljutási idő), elfogadott légszennyezettségi mérték és tájékoztatás az átszállási lehetőségekről. Hochmair és Fu [21] az általuk kifejlesztett, Florida egy megyéjében működő kerékpáros útvonaltervező alkalmazásnál az általános leírás mellett, az program architektúráját és röviden a működési folyamat logikáját is bemutatták.

III. kerékpárosok viselkedés és mozgás jellemzői, útvonalválasztás: a célom az volt, hogy a hálózati modell és értékelő eljárás a leginkább megfeleljen az elvárásoknak/igényeknek. A kutatási eredményeket az eljárás részfolyamatainak kidolgozásakor vettem figyelembe. Ezeket a forrásokat a kerékpározás alapfolyamati és információkezelési sajátosságainak leírásához is felhasználtam.

A kerékpárosok egyéni választási jellemzőit 'case study' keretében Ana és társai [16] vizsgálták. Habib és társai [3] kutatásához hasonlóan a biztonságot találták a legfontosabb kerékpározást befolyásoló tényezőnek.

Kérdőíves felmérés keretében több kutatás is vizsgálta a kerékpározást motiváló és demotiváló tulajdonságokat. Bhat és társai [4] 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 [5] 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 [6] 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 [17]. Megállapították, hogy a tapasztalt, napi szinten kerékpárt használók az utazási időre, míg a tapasztalatlanabb kerékpárosok a környezeti körülményekre érzékenyebbek.

Ehrgott és társai [7] a kerékpározás és a személygépjármű használat eltérő utazási ráfordítás számításából indultak ki és elemeztek útvonalakat egy 'case study' keretében. Megállapították, hogy a kerékpárosok, szemben a gépjármű sofőrökkel, az utazási idő mellett más szempontokat is fontosnak tartanak. „Alkalmassági” (suitability) indexet vezettek be, amely összesen 20 útvonaljellemzőt foglal magába (pl.: gépjármű-forgalom nagysága, gépjárműforgalom sebessége, sáv szélesség, van-e elkülönített kerékpárút).

A kerékpárosok haladási sebességének forgalmi jellemzőktől és úttípusoktól függő változását számos szakirodalom tárgyalja [8], [9], [10], [11], [12]. Ezen eredményeket az algoritmus bemenő adatainak meghatározásához használtam fel.

IV. hálózati modellezés: A közlekedési hálózatok modellezésének szakirodalmi tanulmányozását [1], [14], [15], [20] a saját multimodális közlekedési hálózat építése céljából végeztem el. A közlekedési hálózatokat gráfokkal lehet leírni, melyek részletessége a leírt közlekedési módoktól, illetve a modellezési mélységtől/összetettségtől is függ. A jelenlegi hálózati modellek a valós hálózatokat a számítások gyorsabb elvégzése érdekében nagymértékben leegyszerűsítik, valamint az élek és csúcsok jellemzőinek időbeli (dinamikus) változását nem, vagy egyszerűsített formában veszik figyelembe. A fejlett adatmodellezési és tárolási technológiák, azonban a részletesebb leképezést és a dinamikus adatok figyelembe vételét is lehetővé teszik.

Az irodalomkutatás elvégzésével megismertem a szakirodalomban fellelhető kerékpáros információs folyamatokkal és rendszerekkel kapcsolatos kutatásokat. Megállapítottam, hogy a dinamikus és részletes hálózat modellezésben nagy fejlesztési (innovációs) potenciál van.

3 A kerékpározás alapfolyamati és információkezelési sajátosságai

A kerékpározás a többi közlekedési módtól eltérő alapfolyamati és információkezelési jellemzőkkel is rendelkezik. Feltártam és összefoglaltam a kerékpározás, mint közlekedési mód, sajátosságait, részletesen kitérve a kerékpáros utazó információkezelési folyamataira.

3.1 Alapfolyamati jellemzők

A kerékpár a jelenleg többnyire elfogadott álláspont szerint jármű, azaz az úttesten közlekedhet (ha van külön kerékpáros infrastruktúra, akkor azt is használhatja). Ugyanakkor a kerékpározó az egyik legvédtelenebb közlekedő. A védtelen kerékpáros számára a közúton – közúti járművek közötti – haladás veszélyes, magas kockázatot jelent. Ha a kerékpárral a gyalogos felületeken haladunk, akkor a gyalogosokkal lehet konfliktus, ami leginkább az eltérő haladási sebesség miatt alakul ki. A kerékpározás legfontosabb előnyeit és hátrányait az 1. táblázatban gyűjtöttem össze

1. táblázat: A kerékpározás általános jellemzői – előnyök, hátrányok (forrás: saját kutatási eredmény)

Előnyök	Hátrányok
✓ rövid távú utazásokhoz versenyképes	✗ eltérő sebesség miatt konfliktus a gyalogosokkal, közút járművekkel
✓ multimodális láncba beleillő eszköz	✗ hosszú távú utakhoz kevésbé alkalmas
✓ közúti torlódások elkerülhetők	✗ szállítása más közlekedési eszközön nehézkes
✓ tárolása egyszerűbb	✗ magas baleseti kockázat, védtelenség
✓ sportos, egészséges életmód támogatás	✗ közterületi tárolása kevésbé biztonságos
✓ beszerzési és üzemeltetési költség kedvező	✗ levegőszennyezettségre érzékeny
	✗ időjárási körülményekre érzékeny
	✗ útállapotára és az útburkolat minőségére fokozottan érzékeny
	✗ domborzati körülményekre érzékeny
	✗ csomagszállítás körülményesebb
	✗ információs végberendezés menet közbeni kezelése korlátozott

A 2. táblázatban városi körülményeket feltételezve, több szempont szerint hasonlítottam össze a kerékpározást, a gyaloglást, a közösségi és az egyéni gépjárműves közlekedést az utazó szemszögéből. A negatív tulajdonságokat '✗' szimbólummal, a pozitív tulajdonságokat '+ ' szimbólummal jelöltem. A szimbólumok száma az előnyös vagy hátrányos tulajdonság mértékét fejezi ki. A hálózati modell és az algoritmus kidolgozásakor az itt felmerülő negatív alapfolyamati tulajdonságok megoldására kiemelt figyelmet fordítottam.

2. táblázat: Kerékpáros közlekedési mód összehasonlítása más helyváltoztatási módokkal az utazó szemszögéből
(forrás: saját kutatási eredmény)

Kategória	Szempont	Helyváltoztatási mód			
		kerékpár	gyalogos	közösségi közlekedés	egyéni gépjármű
1. általános	versenyképes távolság	kis, közepes	kis	kis, közepes, nagy	közepes, nagy
	térbeli rendelkezésre állás (rágyaloglás)	+++	++++	×	+
2. forgalmi folyamat	közúti torlódásra érzékenység	×	+	××× ¹	××××
	tárolási, parkolás nehézség	×	-	-	××××
3. veszélyesség	védtelesség	××××	××××	+	+
	sérülési/baleseti kockázat	××××	××	×	×
4. költség	beszerzési költség	×	+	+	××××
	üzemeltetési költség	×	+	+	××××
	helyváltoztatási költség	+ ²	+	×	×××× ²
5. környezeti kölcsönhatás	időjárási körülmények	××××	××××	×	×
	útállapot	××××	××	×	×
	környezetszennyezés	++++	++++	×	×××× ³
6. utazási komfort	kényelem	××	×	+	++
	utazás közbeni tevékenységek	×	++	+++	+
	nagy csomag szállítása	×××	××	×	+

¹ típus függő

² bike sharing, car sharing szolgáltatások esetén lehetséges kilométerdíj, ami a helyváltoztatási költséget növeli

³ belsőégésű motorral hajtott gépjárművek esetén

A kerékpározás legfontosabb, markáns jellemzői:

- védtelesség más közlekedési eszközökkel szemben, balesetveszélyes,
- sérülési kockázat egy-egy balesetnél 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, 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, igaz több esetben szabálytalanul).

3.2 Információkezelési jellemzők

Az információkezelési folyamat a kerékpározás sajátosságai miatt (pl.: utazás közbeni korlátozott tevékenység, védtelenség) eltér más közlekedési módokétól. Az alapvető különbségek:

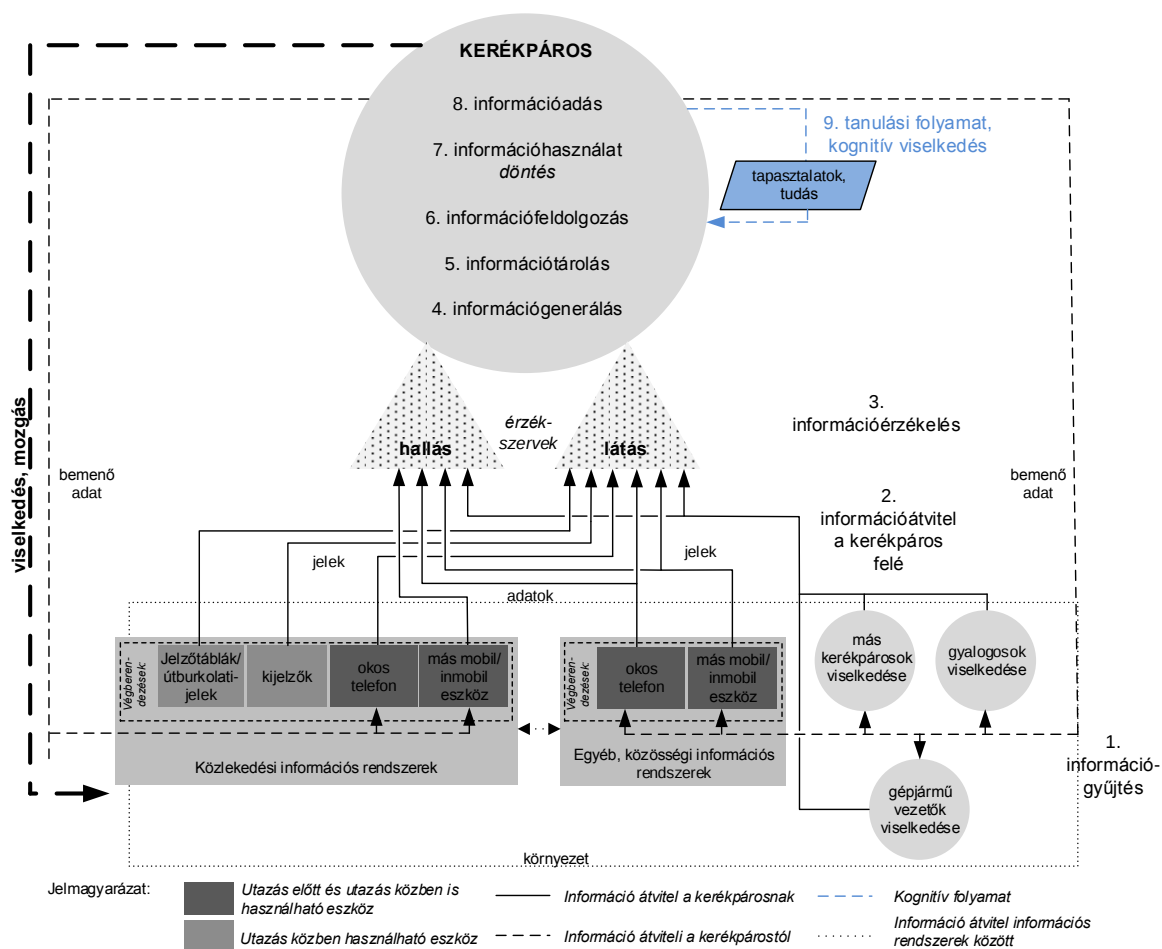
- az utazáshoz szükséges információ nagy részét a kerékpáros utazás előtt szerzi be,
- aktuális forgalmi szituációkra gyorsan szükséges reagálni,
- utazás közbeni döntéseknél sokszor kevés az idő, kevés az információ (nem tud hatékonyan infokommunikációs eszközt használni), ezért döntéseik legrosszabb esetben véletlenszerűek, sejtésalapúak,
- utazás közben nagyobb jelentőségű a más közlekedők által mutatott viselkedés információtartalma,
- a kerékpáros a mozdulataival más közlekedőkhöz képest több információt hordoz (testbeszéd (pl.: kézzel indexelés), metakommunikáció, mimika által hordozott információk).

A kerékpárosoknak utazásuk során fokozottan szükségük van a kognitív képességeikre a kerékpározás közbeni gyors reakciók adása és a korlátozott információ rendelkezésre állása miatt. Humán kognitív képesség: megismerési, folyamatos tanulási képesség. A kerékpáros a korábbi tapasztalatai, meglévő tudása felhasználásával új, a döntését támogató információkat képes létrehozni másodlagos információhordozókból (bizonyos jelekből, mozgásmintákból, stb.). Kidolgoztam a kerékpárosok információkezelési folyamatainak modelljét, amelynél a kognitív folyamatokat is figyelembe vettem (4. ábra).

Információkezelési részfolyamatok: A részfolyamatokat, az általános ismertetésük mellett két példán keresztül is szemléltettem (3. táblázat). A két példa a kerékpározás szempontjából legjellemzőbb információkezelési műveleteket mutatja be:

I: utazás előtti információ kezelése,

II: utazás közben, más közlekedőtől érkező információ kezelése.



4. ábra: A kerékpáros információkezelési folyamata (forrás: saját kutatási eredmény; [18],[19] alapján)

1. Információgyűjtés: A kerékpáros használhat elektronikus/hagyományos, mobil/immobil eszközt, utazása előtt, közben, vagy után. Az információk individuális (pl.: egyéni útvonaltervezés) vagy kollektív jellegűek (pl.: közlekedési hírek) lehetnek. Az elektronikus végberendezéseken megjelenő információ származhat közlekedési információs rendszerekből (pl.: infrastruktúra üzemeltető társaság saját applikációja); vagy közösségi információs rendszerekből, ahol a felhasználók osztanak meg információkat, tapasztalatokat (pl.: blog bejegyzés, facebook bejegyzés, tweet).

Korlátozott mértékben kerékpározás közben is rendelkezésre állnak ezen infokommunikációs eszközök (pl.: kormányra erősített okostelefon, okosóra, okosszemüveg), azonban ebben a fázisában egyelőre még jellemzőbb a telepített információs berendezéseken megjelenő kollektív információk használata (útburkolati jelek, jelzőtáblák, kijelzők). A más

közlekedők (kerékpárosok, gyalogosok, gépjármű vezetők) mozgásából, viselkedéséből levonható következtetések is használhatók forrásként, amelyeknek különösen nagy szerepük van a gyors és megfelelő közlekedési reakciók esetében.

2. Információátvitel a kerékpáros felé: Az információs végberendezésektől, környezettől adatok és jelek érkeznek a kerékpáros felé. A végberendezések információkat továbbítanak a felhasználónak adat vagy beszéd alapon, míg a közlekedés más résztvevői jeleket közvetítenek (pl.: mozgásjellemzők, viselkedés).

3. Információérzékelés: A kerékpáros a közvetített adatokat, jeleket érzékszervein (elsősorban látás, hallás) keresztül érzékeli.

4. Információgenerálás: A bejövő adatokból a kerékpáros információt képez, azaz felismeri, hogy az adott adat, jel számára milyen információt hordoz.

5. Információtárolás: Az érkező információt felhasználásáig tárolja. A tárolás ideje a döntési helyzettől függ.

6. Információfeldolgozás: A felhasználó a beérkező információkat rendszerezi, döntési alternatívákat, cselekvési terveket képez, amelyek várható hatásait értékeli. A környezettől érkező adatok és jelek mellett az információk feldolgozásánál saját tapasztalatait és meglévő tudását is felhasználja.

7. Információhasználat, döntés: Az aktuális helyzettől függően feldolgozás után az információt felhasználja, kiválasztja a számára legkedvezőbb alternatívát, cselekvési tervet. Információkezelését, mozgását ezek szerint alakítja. A döntés típusai:

- pillanatnyi (pl.: adott forgalmi helyzetre történő reagálás – *Példa II*),
- rövid távú (pl.: útvonalválasztás – *Példa I*),
- középtávú (pl.: közösségi kerékpáros rendszer tagság),
- hosszú távú (pl.: kerékpár vásárlás).

8. Információátadás: A döntés eredménye egy cselekedet, amely szintén információt jelent más közlekedési szereplőknek, rendszereknek (mint input), vagy saját magának (mint tapasztalat). Ez lehet egy-egy mozdulat, vagy adatbevitel az infokommunikációs rendszerbe. Ez történhet a kerékpáros aktív közreműködésével (pl.: közösségi információs rendszereken

információk megosztása), vagy a kerékpáros passzív részvételével is (pl.: mozgásának nyomon követéséből származó adatok).

9. Tanulási folyamat, kognitív viselkedés: Az adott cselekedet információ tartalmát tapasztalatként, tudásként a kerékpáros elraktározza, és egy következő feldolgozási folyamat során, ha szükséges, felhasználja. Ezzel kognitív folyamatot, tanulást valósít meg.

3. táblázat: Információkezelési műveletek szemléltetése példákkal (forrás: saját kutatási eredmény)

Rész-folyamat	Példa I	Példa II
1.	utazás előtt, okostelefonon közlekedési információk gyűjtése (pl.: lezárt útszakasz)	utazás közben közlekedők megfigyelése (pl.: gyalogos jelzi keresztezési szándékát)
2.	lezárt útszakaszra vonatkozó adatok (karakterek) kijelzése	keresztezési szándékát kifejező gyalogos viselkedése
3.	látja a karaktereket	látja a gyalogos mozgás jellemzőit
4.	közlekedési hír elolvasása, megértése;	felismeri, a gyalogos ráutaló magatartását, keresztezési szándékát
5.	az információt eltárolja az utazása idejéig	gyakorlatilag nincs tárolás, az információt rögtön feldolgozza
6.	útvonaltervezés során figyelembe veszi a lezárt szakaszt (elkerülő utat keres)	mérlegeli a forgalmi helyzetet (át tud-e menni a gyalogos előtt, vagy lassítania kell, hogy átengedje)
7.	kiválasztja a legkedvezőbb elkerülő utat	lassít, átengedi a gyalogost
8.	megosztja a lezárt útszakasz helyét egy közösségi alkalmazáson (közösségi információs rendszer)	lassítási folyamatát a mögötte lévő más közlekedők látják – mozgás jellemzőinek átadása
9.	további utazásai során is elkerüli a lezárt szakaszt	adott ponton számíthat máskor is keresztező gyalogosra

A kerékpározás egyedi jellemzőkkel rendelkezik. A folyamatok elemzésével feltártam ezeket a sajátosságokat, amelyek figyelembe vétele az infrastruktúra tervezéskor, a közlekedés szervezéskor és a kerékpáros információs rendszerek tervezéskor/működtetéskor fokozottan szükséges.

4 Helyzetelemzés

A kerékpározók elvárásai/szokásai/preferenciái eltérőek. Azonban az infrastruktúra tervezésénél a kerékpárosokat homogén tömegnek tekintik. Az infrastruktúra típusok között megkülönböztethető:

- 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 mellékutak).

Az információs szolgáltatások segítik a különböző elvárások kielégítését (pl.: eltérő útvonalajánlat, infrastruktúra megkülönböztetése), a konfliktusok csökkentését (pl.: olyan útvonalajánlat, amely kevés konfliktuspontot tartalmaz); azaz összességében a kerékpározás negatív jellemzőinek mérséklését.

Kérdőíves felméréssel vizsgáltam a kerékpározási szokásokat és az információs szolgáltatásokkal szembeni elvárásokat. Helyzetértékelést végeztem (különös tekintettel az útvonaltervező alkalmazásokra) annak érdekében, hogy feltárjam az alkalmazások kedvező és hátrányos tulajdonságait. A kérdőív és az elemzések eredményeit/tapasztalatait a hálózati modell és értékelő eljárás kidolgozásakor, elsősorban a személyre szabható paraméterek meghatározásakor használtam fel.

4.1 Kerékpározási szokások felmérése

A kérdőíves felmérésnek és az eredmények kiértékelésének céljai:

- I. az általános kerékpározási szokások feltárása,
- II. a környezeti körülményekre, időjárásra történő reakciók feltárása, és az ezekből levonható eredmények alapján
 - a. kerékpáros hálózati modell személyre szabható jellemzőinek meghatározása,
 - b. az értékelő eljárás személyre szabható beállításainak és azok értékkészletének meghatározása,

III. a kerékpárosok által használt útvonaltervező és egyéb információs alkalmazások használati jellemzőinek felmérése.

A kérdőív kérdéseit négy területre bontottam (1. függelék):

1. kerékpározási szokásokra vonatkozó kérdések (1-7 kérdés) – *I. cél elérése érdekében,*
2. környezeti körülményekre (időjárás, útkialakítás) vonatkozó kérdések (8-15 kérdés) – *II. cél elérése érdekében,*
3. kerékpáros információs rendszerekre és azok használatára vonatkozó kérdések (16-23 kérdés) – *III. cél elérése érdekében,*
4. személyre vonatkozó általános, statisztikai kérdések (24-28 kérdés).

A kérdések egy része zárt típusú (adott válaszlehetőségek közül lehet választani). Másik része a zárt és nyitott kérdés közötti átmenet (a kitöltőnek lehetősége van egyéb válaszlehetőséget is megadni, ha nem talál számára megfelelőt). A válaszlehetőségek számát tekintve az egyválaszos kérdések dominálnak, vagyis a válaszadó kérdésenként egy választ adhat meg. A 14. kérdés kivétel, amely a többválaszos kérdés egy speciális esete, a rangsorolás. A kérdések irányultság szerint közvetlen kérdések, vagyis konkrét dologra, véleményre irányulnak. Számos kérdésnél 1-3, vagy 1-5 közötti értékekkel jellemzett skálán választhatja ki a válaszadó a számára legközelebb álló értéket. Ez egyfajta ún. Likert-skála, amely az állítással kapcsolatban az egyetértés mértékére utal. Az ilyen skálák a mért jelenségek belső struktúrájának leírására alkalmasak [2].

A kikérdezést interneten, Google Űrlap alkalmazással 2015.10.05-2015.10.10 között 6 napon át végeztem. Összesen 770 darab válasz érkezett. A válaszadók legfontosabb jellemzői:

- 68% férfi;
- 43% 18-30 év, míg 50% 30-50 év közötti;
- 40% naponta kerékpározik;
- 28% használ többnyire csak szabadidős célból kerékpárt, 48% egyforma mértékben használ szabadidős és hivatásos (munkába járás) céljából, míg 24% csak hivatásos célból;

- az egyszerre megtett átlagos kerékpáros távolság közel 50-50%-ban 10 km alatti és 10 km feletti (a távolság és a kerékpározás motivációja között nem lehetett markáns összefüggést feltárni);
- a kitöltők a kerékpár mellett zömében közösségi közlekedési eszközt használnak (54%), de a személygépjárművet használók száma is számottevő (29%).

A feldolgozás eredményeit a további kutatási részfeladatoknál jól tudtam használni, annak ellenére, hogy a felmérés nem volt reprezentatív. Ez a kérdőíves kikérdezés sajátosságaira vezethető vissza, ugyanis a korlátozott lehetőségek miatt statisztikai mintavételes, vagy véletlenszerű mintás kikérdezést nem tudtam elvégezni. A kérdőív terjesztése ismerőseim között, diáktársaim között, a Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék oktatói között, a Tanszék által oktatott egyes tárgyak hallgatói között, illetve döntően kerékpáros csoportokban (pl.: Magyar Kerékpáros Klub facebook csoportja) zajlott, amely csoportok tagjai zömmel a kerékpározást szerető, rendszeres kerékpározók. Ez az ún. hólabda módszer, amikor egy bizonyos csoport tagjai válaszolnak, akik hasonló jellemzőkkel bírnak (jelen esetben kerékpározást szerető). A nem és korbeli arány a kerékpározás valós felhasználói összetételét jól jellemzik (döntően 50 év alatt és többségében férfiak kerékpároznak).

A kérdőív 1. (rendszeresség), 4. (motiváció) kérdése és II. kérdéscsoportjának (környezeti körülmények) kérdéseire adott válaszok összesítése alapján öt jellemző kerékpáros kategóriát határoztam meg. Többféle lekérdezéssel vizsgáltam adott kérdésre adott válaszok számát, így megállapítva a kategóriák jellemzőit. Ezen kategóriákba a válaszadók többsége besorolható.

- „vakmerő”: általában mindennap kerékpároznak, az alacsony hőmérséklet (0°C alatt), eső, domborzati viszonyok, forgalomnagyság, úttípus és fizikai útállapot közömbös számára,
- „profí”: domborzati viszonyok, forgalomnagyság, úttípus és fizikai útállapot kismértékben befolyásolja, általában naponta, vagy hetente többször kerékpároznak,
- „gyakorlott”: domborzati viszonyok, forgalomnagyság, úttípus és fizikai útállapot nagyobb mértékben befolyásolja, havonta többször kerékpároznak,

- „családi”: ritkábban, havonta néhányszor kerékpározik, jellemzően szabadidős céllal, autók közötti közlekedést, a meredek emelkedőket és a rossz útállapotot elkerüli,
- „óvatos”: évente néhány alkalommal, kizárólag szabadidős céllal kerékpározik, az autók közötti közlekedést, a meredek emelkedőket mindenképpen, a rossz útállapotot igyekszik elkerülni.

A nagy kitöltési számnak köszönhetően az adatok jól reprezentálják a városi (80 % budapesti, illetve nagyvárosi) kerékpáros populációt. A válaszokból levonható eredmények a válaszok nem és korbeli súlyozása nélkül is értékesek, a hálózat értékelő algoritmus egyes paramétereinek beállításához megfelelőek és alkalmasak a rendszeresen kerékpározók szokásainak leírására. A kérdőív eredményeit, a levont következtetéseket több részfeladatnál is felhasználtam, így a kérdőív egyes eredményei, egyes kérdéseinek feldolgozási módszerei a dolgozat további fejezeteiben találhatóak meg (*dőlt* betűvel, keretben kiemelve).

4.2 Kerékpáros információs szolgáltatások

Széles körű kutatást végeztem kerékpáros információs szolgáltatások körében, egy átfogó csoportosítás és az iránymutató lehetőségek feltárása érdekében. Ehhez a kérdőív III. tématerületének válaszai is segítséget nyújtottak, ahol az információs rendszerek használatára, és az elvárásokra kérdeztem rá. Az összegyűjtött szolgáltatásokat csoportosítottam:

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

A csoportosítást az 5. ábra mutatja be. *Dőlt* betűvel a jelenleg még nem létező információs szolgáltatások jellemzőit írtam le. A kékkel kiemelt kerékpáros útvonaltervezésre használható alkalmazásokat részletesen is elemeztem.

I.	II.	III.	megnevezés	példa		
Kerékpáros információs szolgáltatások	Utazás előtt	Indivi- duális	Statikus	statikus útvonaltervező alkalmazás (1)	útvonalterv.hu, merretekerjek.hu	
			Dinamikus	dinamikus útvonaltervező alkalmazás (2a) közösségi kerékpár rendszerek alkalmazásai (2b)	valós idejű forgalmi adatok, időjárási adatok használata BuBi applikáció	
		Kollektív	Statikus	web kerékpáros térképek (3a) útvonal leírások (3b)	opencyclemap.org; mozgasvilag.hu holkereparozzak.hu	
			Dinamikus	közlekedési hírek (4a) fórumok, csoportok (4b)	BKK info Kerékpáros Klub facebook csoportja	
		Utazás közben	Indivi- duális	Statikus	statikus navigációs alkalmazások (5)	Bikecitizens applikáció
				Dinamikus	dinamikus navigációs alkalmazások (6a) edzésprogramok (6b)	valós idejű forgalmi adatokat, időjárási adatok is használó runkeeper, endomondo
	Kollektív		Statikus	statikus útmenti információs rendszerek (7)	közlekedési szabályok, információk (közúti táblák, közúti felfestések)	
			Dinamikus	dinamikus útmenti információs rendszerek (8)	kerékpár számláló, valós időjárási, forgalmi adatokat kijelző VJT	
	Utazás után	Indivi- duális	Statikus	jegyzet, feljegyzés készítő alkalmazások (9)	általános jegyzetkészítő alkalmazások	
			Dinamikus	értékelő edzésprogramok (10a) közösségi kerékpáros rendszerek alkalmazásai (10b)	runkeeper, endomondo BuBi applikáció	
		Kollektív	Statikus	hírszolgáltatások (11)	hírportálok	
			Dinamikus	véleménynyilvánító fórumok (12)	Kerékpáros Klub facebook csoportja	

5. ábra: Kerékpáros információs szolgáltatások csoportosítása (forrás: saját kutatási eredmény)

Utazás előtt individuális információszerzésre statikus adatok alapján működő útvonaltervező alkalmazások használhatóak (1). Szemben a közösségi közlekedési, vagy egyéni gépjárműves útvonaltervező alkalmazásokkal, kerékpárosok számára nincs dinamikus adatokat (pl.: időjárási adatok, forgalomnagyság) kezelő útvonaltervező alkalmazás (2a). A közösségi kerékpár rendszerek alkalmazásaiban (2b) többnyire megvalósul a dinamikus adatok kezelése (aktuális férőhely és szabad kerékpár száma), értéknövelt információkkal. A példaértékű alkalmazások ennél lényegesen több információt is nyújthatnak (pl.: Bicylen: koppenhágai alkalmazás, amely útvonaltervezést és közösségi közlekedési átszállási kapcsolatokat is ajánl). Kollektív információk közzétételére a kerékpáros infrastruktúrát leképező térkép alkalmazások (3a) használhatóak, vagy útvonalleírások (3b) – többnyire szabadidős céllal. Dinamikus, valós idejű információk a közlekedési

hírszolgáltatásokból (4a), illetve különböző kerékpáros portálok fórumaiból, a hozzászólók bejegyzéseiből nyerhetők (4b).

Utazás közben individuális (helyfüggő) információt a navigációs rendszerek szolgáltatnak. Jelenleg kevés és csak statikus adatok alapján működő kerékpáros navigációs rendszer van (5a). Nagy a fejlesztési potenciál a dinamikus adatokat is figyelembe vevő navigációs szolgáltatások fejlesztésében (6a). Dinamikus individuális szolgáltatást edzésprogramok (6b) nyújtanak, amelyek a felhasználó helyzetét nyomon követik. Funkcióik azonban az útvonal végi értékelésére korlátozódnak. Kollektív információkat lehet közölni útmenti statikus berendezésekkel (pl.: táblákkal – 7a), illetve VJT kijelzőkkel (7b). Ez utóbbi egyelőre nem elterjedt megoldás. Jelenleg néhol az útmentén kerékpárszámláló berendezések találhatók, amelyek azonban elsősorban nem a kerékpárosnak szolgáltatnak információt.

Utazás után a kerékpáros feljegyzéseket készíthet az utazásáról saját célra (9); értékelheti utazását sportolási alkalmazások segítségével (10a). Közösségi kerékpár használata után a rendszerek saját alkalmazásából információkat nyerhet utazásáról (10b) (megtett távolság, útvonal, díj, stb.). Az utazás után információkat gyűjthet hírszolgáltatásokon (11) keresztül, vagy más kerékpárosok tapasztalatait összegyűjtő internetes fórumokról (12), ahol saját tapasztalatait is megoszthatja.

A helyzetfeltárás során megállapítottam, hogy a kerékpárosoknak szóló információs szolgáltatások száma kevés, a meglévő szolgáltatások is fejletlenebbek a hasonló funkciójú közösségi közlekedési, vagy egyéni gépjárműves szolgáltatásokhoz képest.

Felmérésem szerint a kerékpárosok azonban igénylik az őket támogató információs rendszerek meglétét. A válaszadók csupán 10%-a nem használna soha valós idejű adatokat használó (pl.: aktuális időjárás, útállapot, forgalomnagyság) útvonaltervező alkalmazást (2a). Több, mint 60%-uk jó ötletnek tartja, és 36%-uk használna is kerékpárosoknak szóló navigációs rendszert (6a). Útmenti változtatható jelzésképi táblák telepítését, amin kerékpárosoknak szóló dinamikus információ kerülne feltüntetésre (8) a válaszadók 62%-a tartja támogatandó ötletnek.

4.3 Kerékpáros útvonaltervező rendszerek

Elterjedt individuális információforrás utazás előtt az útvonaltervező alkalmazás. Az alkalmazások utazás közben, útvonal újratervezésre is használhatók. Navigációs szolgáltatásra azonban nem alkalmasak, ugyanis a felhasználót helyváltztatása során nem követik, nem támogatják. Részletesen elemeztem a meglévő kerékpáros útvonaltervezésre (is) használható alkalmazásokat, annak érdekében, hogy feltárjam az irányadó beállítási lehetőségeket és a hálózatot értékelő algoritmus bemeneti adatait megfelelően tudjam meghatározni.

Hazai, valamint példaértékű külföldi alkalmazásokat vizsgáltam. A kiválasztásnál az összes, Magyarországon elérhető tervező alkalmazást, illetve olyan európai alkalmazásokat választottam, amelyek működési területén a kerékpározási jellemzők a magyar viszonyokhoz hasonlóak:

- **BKK Futár** [29]: A budapesti közlekedési szolgáltató (BKK), Budapesten, valósídejű adatok alapján működő közösségi közlekedési útvonaltervező alkalmazása, amely kerékpáros útvonaltervezést is tartalmaz, részbeni multimodalitást is megvalósítva (közösségi kerékpáros - közösségi közlekedés).
- **Merretekerjek.hu** [30]: Magánszemélyek által fejlesztett példaértékű magyarországi (csak) kerékpáros útvonaltervezést lehetővé tevő alkalmazás.
- **geologika.hu** [31]: Budapest és környékére vonatkozó (csak) kerékpáros útvonaltervezésére képes, magántársaság által fejlesztett alkalmazás.
- **utvonalterv.hu** [32]: Magyarországon széles körben ismert, térképészeti cég által fejlesztett országos útvonaltervező alkalmazás. Több közlekedési móddal történő tervezésre, így kerékpáros tervezésre is képes, azonban a multimodalitást nem támogatja.
- **OSM (Open Street Map)** [33]: magántársaság által üzemeltett, nyílt forráskódú térképes alkalmazás, amelynek létezik kerékpáros útvonaltervezésre alkalmas modulja is, multimodális tervezésre nem alkalmas.

- **AnachB** [34]: Közlekedési szövetség által működtetett, példaértékű, teljes Ausztriát lefedő multimodális útvonaltervező alkalmazás, amely kerékpáros utazástervezést is lehetővé tesz.
- **TfL** [35]: A londoni közlekedési szervező (TfL), Londonban működő közösségi közlekedési útvonal tervező alkalmazása, amely kerékpáros útvonal tervezési funkciót is tartalmaz, részbeni multimodalitást is megvalósítva (kerékpáros – közösségi közlekedés).
- **Google Maps** [36]: Az egyik legelterjedtebb, informatikai cég által működtetett útvonal tervezési 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 választottam.

Megállapítottam, hogy az alkalmazások három típusba sorolhatók:

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

Az elemzés kezdetén meghatároztam a vizsgálandó szempontokat, amelyeket kategóriákba rendeztem:

1. *Alkalmazás általános jellemzői*: működési terület, választható nyelv; elérhetőség (web/mobil applikációi);
2. *Kerékpáros tervezés felhasználói beállításai*:
 - *Alapvető utazási információk beállítása*: indulási és érkezési hely megadásának módjai [térképes, cím szerinti, POI, koordináta]; utazási idő megadásának módjai [indulási idő, érkezési idő, indulás most];
 - *Személyre szabási beállítások*: mennyisége; preferencia megadása a teljes kerékpározási útvonalra vonatkozóan (pl.: kerékpárosbarát, biztonságos, leggyorsabb);

- jelentős közúti forgalomkerülés beállítása; emelkedők elkerülése; kerékpáros infrastruktúra használatának kiválasztása; sebesség választása; multimodális utazás beállítása [kerékpárszállítással, kerékpártárolással], felhasználói profil megjegyzése;
3. *Alkalmazás működési folyamatai*: kerékpározható infrastruktúra részletes leképezése; kerékpárosbarát infrastruktúra figyelembevétele; kerékpáros multimodális utazástervezés; közösségi kerékpáros tervezése (dokkoló állomások figyelembe vétele);
4. *Útvonalopciók megjelenítése*: térképes megjelenítés; szöveges leírás részletessége; útvonal kiegészítő információinak mennyisége/részletessége (pl.: használandó útszakasz típusa, emelkedése); egyéb kiegészítő szolgáltatásokról információ (pl.: szervizpontok).

Mivel az alkalmazások működési jellemzőinek leírása (fejlesztési specifikációk, dokumentációk) nem állt rendelkezésemre, a vizsgálódás során több fajta honnan-hová lekérdezést végeztem, hogy következtetéseket tudjak levonni az alkalmazások működési folyamatairól (pl.: kerékpározható infrastruktúra figyelembe vétele). Az elemzés eredményeit a 4. táblázat foglalja össze.

Az elemzéssel megállapítottam azon példaértékű tulajdonságokat, amelyeket egyesítve az ideális alkalmazás megalkotható.

1. *Alkalmazás általános jellemzői*:

- ✓ ugyanazon funkciók, beállítási lehetőségek mobil applikáción keresztül is elérhetők (AnachB),

2. *Kerékpáros tervezés felhasználói beállításai*:

- ✓ kerékpárosbarát, vagy gyors (nem csak kerékpárosbarát infrastruktúra használata) személyre szabási szint állítható be, ehhez mérten veszi figyelembe a kerékpárosbarát infrastruktúrát (BKK Futár),
- ✓ földút kizárása, közúti forgalomkerülés mértékének beállítása (merretekerjek.hu),
- ✓ emelkedő kerülése, kerékpáros infrastruktúra előnyben részesítése, sebesség választás (AnachB),
- ✓ multimodális utazás személyre szabása: kerékpár tárolással, kerékpárszállítással (AnachB, TfL),
- ✓ a közösségi kerékpárt is ki lehet választani, mint kerékpártípus (BKK Futár).

4. táblázat: Kerékpáros útvonaltervező alkalmazások elemzése – helyzetértékelés (forrás: saját kutatás)

			BKK Futár	merreterek.jek.hu	geologia.hu	utvonalterv.hu	OSM	AnachB	TfL	Google Maps
1. Alkalmazás általános jellemzői	a, működési terület		Budapest	Magyarország	Budapest és környéke	Magyarország	világ ^a	Ausztria	London	világ ^b
	b, választható nyelv		magyar/angol	magyar	magyar/angol	magyar	felhasználói környezet függő	német, angol	angol	felhasználói környezet függő
	c, elérhetőség		web	web	web	web	web	web/mobil	web	web/mobil
2 Felhasználó oldali beállítások	2.1. Alapvető utazási információk beállításai	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 folyamatai	a, kerékpározható infrastruktúra		közepes	nagy	kis	kis	kis	nagy	nagy	közepes
	b, kerékpárosbarát infrastruktúra		közepes	nagy	közepes	nagy	közepes	nagy	nagy	közepes
	c, kerékpáros multimodális tervezés		✓**					✓	✓***	
	d, közösségi kerékpáros tervezés		✓						✓	
4. Útvonal- opcók megjelenítése	a, térképes megjelenítés		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	b, szöveges leírás részletessége		kis		közepes	közepes	közepes	nagy	közepes	közepes
	c, útvonal kiegészítő információinak mennyisége/részletessége			nagy				közepes		
	d, egyéb kiegészítő szolgáltatásokról információ részletessége			közepes			közepes	nagy		

^a elemzésnél Budapestet vizsgáltam; ^b elemzésnél Berlint vizsgáltam;

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

3. 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),
- ✓ multimodalitás kerékpár és közösségi közlekedés részvételével (TfL),
- ✓ multimodalitás közösségi kerékpár és közösségi közlekedés részvételével (BKK Futár),
- ✓ teljes körű multimodális (kerékpár, közösségi kerékpár, városi és helyközi közösségi közlekedés, személygépjármű, car-sharing) tervezés (AnachB).

4. Útvonalopciók megjelenítése:

- ✓ úttípus (pl.: kerékpársáv, kerékpárút), emelkedés mértéke (merretekerjek.hu),
- ✓ részletes szöveges leírás (AnachB),
- ✓ kiegészítő szolgáltatások információi (AnachB).

Az elemzéssel a meglévő alkalmazások következő gyengeségeit állapítottam meg:

- kifejezetten kerékpáros útvonaltervezés hiánya
(kerékpározható infrastruktúra nyomvonalának követése/előnyben részesítése),
- kevés személyre szabható beállítási lehetőség,
- a kerékpározható infrastruktúra tulajdonságainak figyelembe vétele (pl.: fizikai állapota).

A hiányosságokat a kérdőívem kitöltőinek válaszadásai is alátámasztották. A kérdőív 18. kérdésére adott válaszok összesítésével megállapítottam, hogy a kitöltők 50%-a szerint a kifejezetten kerékpáros útvonaltervezés hiánya a legzavaróbb, 15%-a szerint a kevés személyre szabható beállítási lehetőség, míg 23%-a szerint a kerékpározható infrastruktúra tulajdonságainak figyelmen kívül hagyásae a legnagyobb hiányosság. Az a tény, hogy a válaszadókat a kerékpáros útvonaltervezés hiánya zavarja a leginkább a 17. kérdés válaszaival magyarázható. Ugyanis a kerékpárosok 70%-a a Google Maps tervező alkalmazást használja útvonaltervezéshez, aminek magyarországi változatában a kerékpáros tervezés opció hiányzik.

A helyzetelemzés alapján is látható, hogy a kerékpárosok infokommunikációs rendszereinek száma csekély; a meglévő szolgáltatások személyre szabhatósága alacsony. Mindezek alátámasztják a széleskörű személyre szabhatóságot is tartalmazó információs szolgáltatások fejlesztésének aktualitását/relevanciáját.

5 Multimodális hálózati modell személyre szabott útvonaltervezéshez

Helyváltoztatási láncnak célirányos gyalogos és járműves mozgások egymáshoz kapcsolt összességét értjük. A gyaloglás minden helyváltoztatási lánc része. A helyváltoztatási mód választása több tényező függvénye:

- az utazó jellemzői (személyes elvárásai, mentális és fizikai állapota, stb.),
- az utazás jellemzői (motiváció, időtartama, távolsága, költsége, stb.), valamint
- a közlekedési rendszer mennyiségi és minőségi jellemzői.

A helyváltoztatási módok közötti átjárhatóság, a multimodalitás megteremtése az infrastrukturális beruházások (pl.: intermodális csomópontok) mellett az információs rendszerek vonatkozásában is fejlesztendő. Az utazó módváltáskor szerepkört is vált(hat), más közlekedési részhálózatot használ, másként viselkedik, számára más tényezők, tulajdonságok válnak fontossá (pl.: kerékpárosként az út fizikai állapotára jobban érzékeny, mint közösségi közlekedési eszközön utazva).

Kerékpározáskor a jármű megközelítése és elhagyása szintén gyalogosan történik, valamint a kerékpár is része lehet multimodális utazásnak:

1. átszállás kerékpárra/kerékpárról valamilyen gépjárműről/gépjárműre,
2. kerékpárszállítás gépjárművön, vagy
3. kerékpár tolása egy rövid szakaszon, gyalogosoknak kijelölt felületen.

Ez utóbbi eset akkor jellemző, ha a kerékpározható infrastruktúra nem összefüggő.

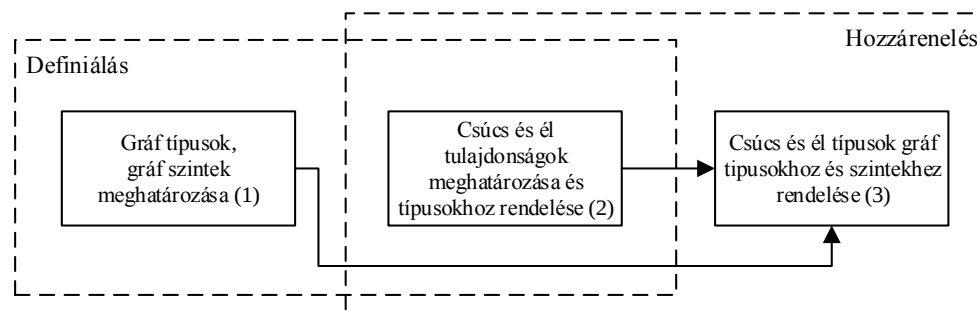
A kérdőíves felmérésem eredményei az első két kerékpáros multimodalitási igényt alátámasztják. A 7. kérdés válaszai alapján, a megkérdezettek 51%-a évente néhány alkalommal részt vesz kerékpáros multimodális közlekedésben, 15%-uk pedig havonta többször is. 35% évente néhány alkalommal kerékpárját közösségi közlekedési eszközön is szállítja.

A multimodalitás miatt a kerékpáros hálózat modellezése önmagában nem elegendő a teljes kerékpáros helyváltoztatási lánc (mint folyamat) lefedéséhez. Ezért olyan multimodális hálózati modell alapjait dolgoztam ki, amely a kerékpáros hálózat modellezése mellett más közlekedési módokat, a gyaloglást és az átszállási/eszközváltási műveleteket is leképezi. A

kerékpáros hálózati modellt részleteiben is kidolgoztam. Különös figyelmet fordítottam a hálózati elemek időben változó tulajdonságainak leképezésére, valamint a részletes személyre szabhatóságot lehetővé tevő jellemzőkre. A kidolgozott hálózati modell útvonalértékeléshez és útvonaltervezéshez használható. (A modellben szereplő jelöléseket és jelentésüket a 2. függelék 1. táblázata foglalja össze.)

5.1 A modell szerkezete

A közlekedési hálózati modellek a valóságot egyszerűsített formában képezik le egy adott alkalmazási célra. A legelterjedtebb módszer a gráfok használata [1], [14], [15], [20]. Modellezéskor a hálózati elemek tulajdonságai mellett a helyváltoztatási folyamatot is leképezzük, figyelembe véve az egyes módok jellemzőit (pl.: menetrend, sebesség). A modellt több lépésben építettem fel, amelyek definiáló, vagy hozzárendelő jellegűek (6. ábra).



6. ábra: A modellépítés folyamata (forrás: saját kutatási eredmény)

Tekintsük $G = (V; E)$ gráfot, ahol V a csúcsok, E az élek halmaza. Csúcsok a személyközlekedési hálózat pontszerű elemei (pl.: kerékpártárolók, utasforgalmi létesítmény bejárata, mozgólépcső kezdete). Élek a csúcsok közötti gyaloglási és járműves mozgások útvonalai. Az élek irányítottak járművek (kerékpár, közösségi közlekedés, egyéni gépjármű) által használt közlekedési hálózaton, míg irányítatlanok gyaloglási hálózaton. A lépések:

(1) Gráf típusok, gráf szintek meghatározása: A multimodális közlekedési gráfot vertikálisan és horizontálisan bontottam fel:

- Összetettség (részletezettség) szerint szinteket – makro, mezo, mikro gráf képeztem.
- A makro szinten a közlekedési módok szerint típusokat – gyalogos ($_A G$), kerékpáros ($_B G$), közösségi közlekedési ($_C G$), egyéni gépjárműves ($_D G$) gráfokat képeztem.

Így az eltérő tulajdonságokkal rendelkező közlekedési módok egymástól részben elválasztva modellezhetők. A 'kiegészítő' (pl.: car-sharing, taxi) utazási módok is leképezhetők az egyéni gépjárműves gráf attribútum készletének módosításával/kiegészítésével.

A **makro gráfok** a járműves és a felszíni gyalogos közlekedési hálózatot képezik le.

A **mezo gráfok** ($_{E\alpha}G$) az eszközváltási csomópontok (átszállási helyek, intermodális csomópontok) belső gyalogos hálózatát képezik le. A mezo gráfok csúcsainak egy része a makro gráfokon is megtalálható, a módváltáshoz szükséges, földrajzilag egymáshoz közel elhelyezkedő csúcsok csoportja. (Például a Móricz Zsigmond körtéren: BuBi állomás, kerékpártároló, megállóhelyek, aluljáró bejáratok, gyalogátkelőhely végpontok, stb.). A mezo gráfok csúcsainak másik része csak ezen a szinten jelenik meg a csomópont/átszállási folyamat részletes leképezésének érdekében. (Például a kiegészítő szolgáltatások helyszínei: jegy/bérlet- és italautomaták, utcabútorok, kiskereskedelmi egységek, stb.). A mezo gráfon jelennek meg a két járműves mozgás közötti gyaloglási műveletek. (Például: közösségi közlekedési járműről leszállás a megállóban – gyaloglás a közösségi kerékpár tárolójáig – utazás közösségi kerékpárral).

A **mikro gráfok** ($_{F\beta}G$) az utasforgalmi létesítmények (pl.: metróállomás, vasúti pályaudvar) belső, gyalogos hálózatát/mozgási folyamatait képezik le, ideértve a gyaloglást segítő eszközök (mozgójárda, mozgólépcső, lift) folyamatait is. Kiterjedt (pl. többszintes) utasforgalmi létesítményben a gyaloglás időszükséglete jelentős, ami a teljes helyváltoztatásra hatással van, ezért ennek elhanyagolása pontatlanságokhoz vezetne. A mikro gráfok csúcsainak

- egy része a gyaloglási makro gráfon és a mezo gráfokon is megtalálható,
- másik része csak a mikro gráfokon található meg; az utasforgalmi létesítmények belső tereinek részletes leképezését teszi lehetővé.

Például a Móricz Zsigmond körtemi metróállomás mikro gráf esetében az aluljárók bejárataihoz rendelt csúcsok a gyaloglási makro gráfon, illetve a teret leképező mezo gráfon is megtalálhatóak. A mikro gráf önálló csúcsai például: mozgólépcső kezdete/vége.

A definiált **gráf típusok uniója** együttesen adja a G multimodális közlekedési hálózat **gráfot** $\{1\}$:

$$G = {}_A G \cup {}_B G \cup {}_C G \cup {}_D G \cup {}_{E\alpha} G \cup {}_{F\beta} G \quad \{1\}$$

A gráfok csúcs és él készlete nem diszjunkt halmazok, így lehetséges az átjárás (eszközváltás) a gráfok között.

(2) Csúcs és él tulajdonságok meghatározása és típusokhoz rendelése: A csúcsok és élek típusait a valós hálózat jellemzői alapján definiáltam. Egy-egy típusba az azonos tulajdonságokkal leírható csúcsok, illetve élek kerültek. Az 5. táblázat a csúcs típusokat, a 6. táblázat az él típusokat foglalja össze.

Az élek típusainak meghatározásánál jogszabályi (KRESZ, Útügyi Műszaki Előírás), illetve különböző nyilvántartások (BKK Egységes Forgalmi Modell (EFM), mozgásvilag.hu weboldal) fogalmait részletesen tanulmányoztam, illetve kiegészítettem saját tapasztalataimmal.

(3) Csúcs és él típusok gráf típusokhoz és szintekhez rendelése: Az 5. és 6. táblázat utolsó oszlopában '✕'-el jelöltem, hogy adott hálózati elem típus mely gráfhoz rendelhető hozzá.

5. táblázat: Csúcs típusok (forrás: saját kutatási eredmény)

Csúcs típus			Milyen szintű és típusú gráfon jelenik meg?					
Azonosító k	Megnevezés	Jele ${}^k V_i$	A	B	C	D	E	F
1	be/kilépési pontok (pl.: házak kapuja)	${}^1 V_i$	✕					
2	gyalogos/kerékpáros átadási pont	${}^2 V_i$	✕	✕				
3	jelölő (pl.: emelkedő/ lépcső/ mozgólépcső/ lift/ eltérő éltípus/ keresztező szakasz kezdete)	${}^3 V_i$	✕	✕		✕	✕	✕
4	kereszteződés (irányváltást lehetővé tevő pont)	${}^4 V_i$	✕	✕		✕	✕	✕
5	kerékpártároló	${}^5 V_i$	✕	✕			✕	
6	megállóhely	${}^6 V_i$	✕		✕		✕	
7	parkolóhely	${}^7 V_i$	✕			✕	✕	
8	POI	${}^8 V_i$	✕	✕		✕	✕	✕
9	utASForgalmi létesítmény bejárata	${}^9 V_i$	✕			✕	✕	✕

6. táblázat Él típusok (forrás: saját kutatási eredmény)

Azonosító l	Él típus Megnevezés	Jele lE_J	Milyen szintű és típusú gráfon jelenik meg?					
			A	B	C	D	E	F
1	egyirányú utca	1E_J		×		×		
2	egyirányú utca kerékpárosoknak ellenkező irányú behajtással	2E_J		×				
3	főút	3E_J		×		×		
4	főút, szélén vezetett önálló buszsávval	4E_J		×				
5	gyalogátkelőhely	5E_J	×				×	
6	kerékpárnyom	6E_J		×				
7	kerékpáros és autóbusszav	7E_J		×				
8	kerékpársáv	8E_J		×				
9	kerékpárút (önálló)	9E_J		×				
10	kerékpárút, járdától sávval elválasztva	${}^{10}E_J$	×	×			×	
11	kerékpárút, járdától sávelválasztás nélkül közös	${}^{11}E_J$	×	×			×	
12	közösségi közlekedési útvonal	${}^{12}E_J$			×			
13	lépcső	${}^{13}E_J$	×				×	×
14	lift	${}^{14}E_J$						×
15	mellékutca	${}^{15}E_J$		×		×		
16	mindkét oldalról behajtani tilos kivéve kerékpárosoknak	${}^{16}E_J$		×				
17	mozgólépcső/mozgójárda	${}^{17}E_J$						×
18	önálló járda	${}^{18}E_J$	×				×	×

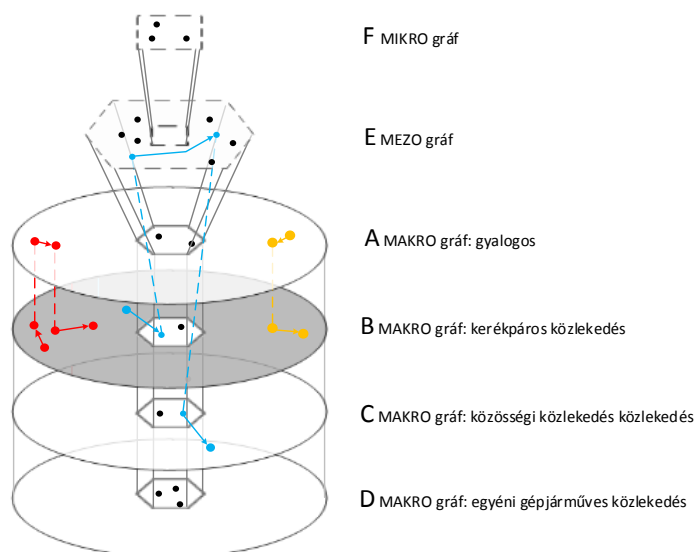
A gráfok egymásra épülését, valamint a kerékpáros gráf lehetséges kapcsolatait (csúcsokon keresztül) a 7. ábrával és példával is szemléltettem.

Jelmagyarázat:

- Gyaloglás - járműves helyváltoztatás csúcsai
- 1. típusú multimodalitás csúcsai
- 3. típusú multimodalitás csúcsai
- Egyéb csúcs

- Él
- Átlépés gráfok között

- Makro gráf
- ⌊ ⌋ Mezo gráf
- [] Mikro gráf



7. ábra: A gráfok típusai, egymásra épülése és kapcsolatai (forrás: saját kutatási eredmény)

A gyalogos makro gráf és a többi makro gráf között közvetlen átjárás lehetséges. Az ábrán **sárgával** a gyalogos és kerékpáros makro gráfok közötti közvetlen átjárás látható. Például: kerékpártároló gyalogosan való megközelítése (gyalogos makro gráf), majd kerékpározás (kerékpáros makro gráf).

A 1. típusú multimodalitás, vagyis átszállás kerékpárra/kerékpárról valamilyen gépjárműről/gépjárműre az ábrán **kék** színezéssel látható. Ekkor mezo gráf igénybe vétele történik (ábrán hatszöggel jelölve). Például: Móricz Zsigmond körtér megközelítése MOL BuBi kerékpárral, ott a dokkoló állomáson a kerékpár letétele (kerékpáros makro gráf) – a téren átgyaloglás a 61-es villamos megállójába (mezo gráf) – a villamosra felszállva utazás folytatása villamossal (közösségi közlekedési gráf). Ha egy átszálláshoz utasforgalmi létesítményen keresztül is szükséges áthaladni, akkor az a mikro gráfon keresztül történik.

A 2. típusú multimodalitás, vagyis kerékpárszállítás gépjárművön, az 1. típushoz hasonlóan zajlik, de még egy mezo gráf igénybe vételével. A közösségi közlekedési gráf után egy újabb mezo gráfon keresztül tudja az utazó a kerékpáros makro gráfot elérni. Az ábrán a nagyobb átláthatóság érdekében csak egy mezo gráfot ábrázoltam, így ezt a multimodalitás fajtát külön nem jelöltem.

A 3. típusú multimodalitás, vagyis kerékpár tolása egy rövid szakaszon, az ábrán **piros** színezéssel látható. Ekkor a két kerékpározás között egy rövid szakaszon a gyalogos makro gráfra történő átlépés is szerepel. Például: gyalogátkelőhely megközelítése kerékpárúton (kerékpáros makro gráf) – gyalogátkelőhelyen kerékpár áttolása (gyalogos makro gráf) – továbbhaladás kerékpársávon (kerékpáros makro gráf).

A hálózati modell építésénél nagy felbontásra törekedtem annak érdekében, hogy alkalmas legyen **olyan útvonalértékelésre/útvonaltervezésre, amikor a felhasználó preferenciáit széles körben figyelembe vesszük.** A kerékpáros információs rendszerek fejlesztése érdekében a kerékpáros makro gráf hálózati modelljét részletesen is kidolgoztam. A kutatási eredmények a kerékpáros makro gráf részletes kidolgozására terjednek ki; a mezo és a mikro gráfok részletes kidolgozására egyelőre nem, ezért a multimodalitás kezelése jelenleg még nem valósítható meg.

útállapot méréshez: lézeres letapogatás <pl.: BKK Közút Karesz>; időjárási jellemzők és levegőszennyezettség méréséhez: szenzorok).

Csúcsok: A 'Csúcs' tábla jellemzőit a 7. táblázat foglalja össze. Az attribútum-csúcs típus összefüggéseket a táblázat utolsó oszlopaiban '✖'-el jelöltem. Külön kódtáblába kerültek a szolgáltatások ('POI típus' tábla), a POI típusok szerinti szűrés érdekében. Mivel egy csúcson több szolgáltatás is lehet, ezért egy kapcsolótáblát építettem be ('Elérhető POI típus' tábla). A POI típusok kerékpáros gráfnál: szerviz, kerékfelfújás, ivókút.

7. táblázat: Csúcs tábla mezőnevei, adattípusai és leírásai (forrás: saját kutatási eredmény)

Mezőnév	Adattípus	Leírás	Melyik csúcs típusnál értelmezett attribútum?				
			2V_i	3V	4V	5V	8V
ID	számláló	$i = 1..n \ n \in \mathbb{N}^+$	✖	✖	✖	✖	✖
tipus_ID	szöveg	típus azonosító	✖	✖	✖	✖	✖
leiras	szöveg	földrajzi elnevezés, hivatalos név	✖	✖	✖	✖	✖
koordinata	szöveg	WGS84 koordináta rendszerben	✖	✖	✖	✖	✖
nyitvatartas	szöveg	nyitvatartás					✖
elerheto_POI_ID	szöveg	elérhető szolgáltatás azonosítója					✖
fedett?	igen/nem	kitöltve				✖	
szabad_kapacitas	szám	aktuális szabad kapacitás (valós idejű) [db]				✖	
kozossegi_kerekpartarolo?	igen/nem	adott csúcs közösségi kerékpár tároló?				✖	
dij	szöveg	tájékoztatás a díjszabásról				✖	
orzott?	igen/nem	emberi vagy gépi erővel őrzött?				✖	

A kerékpáros gráfon definiált csúcs típusok:

- gyalogos/kerékpár átadási pont (2V_i): mind a gyalogos, mind a kerékpáros makro gráfon megtalálható csúcs, a gráfok között a váltás lehetőségét teremti meg (pl.: kapualjhoz közeli kerékpározható infrastruktúra kezdetét megadó csúcs),
- jelölő (3V_i): az eltérő emelkedésű vagy eltérő típusú él kezdő- és végpontjait adja meg,
- kereszteződés (4V_i): kerékpározható utak találkozása, irányváltoztatást lehetővé tevő pont; 'Jelölő' funkciót is betölthet, ha az eltérő él kereszteződésnél kezdődik, vagy fejeződik be,
- kerékpártároló (5V_i): ide tartozik a közösségi kerékpárállomás is. A megkülönböztetést egy logikai tulajdonság teszi lehetővé.
- POI (8V_i): közvetlenül kerékpárral megközelíthető objektum, minden más esetben szükséges egy gyaloglási fázis beiktatása.

A felsorolt csúcs típusoknak lehet gyalogos/kerékpár átadási funkciója is.

Élek: Az 'Él' tábla jellemzőit a 8. táblázat foglalja össze. A kapcsolódó kódtáblák az él bizonyos tulajdonságait írják le (részletesen lásd. 3. Függelék). Szerkezetük megegyezik: azonosító (ID), ami az adott tulajdonság azonosítója, valamint annak leírása. Minden attribútum minden él típushoz kapcsolódhat. Bizonyos attribútumuk, csak akkor relevánsak, ha az él 'keresztező szakasz?' attribútuma igaz. A táblázatban ezeket aláhúzással jelöltem.

8. táblázat: Élekhez tartozó táblák mezőnevei, adattípusai és leírásai (forrás: saját kutatási eredmény)

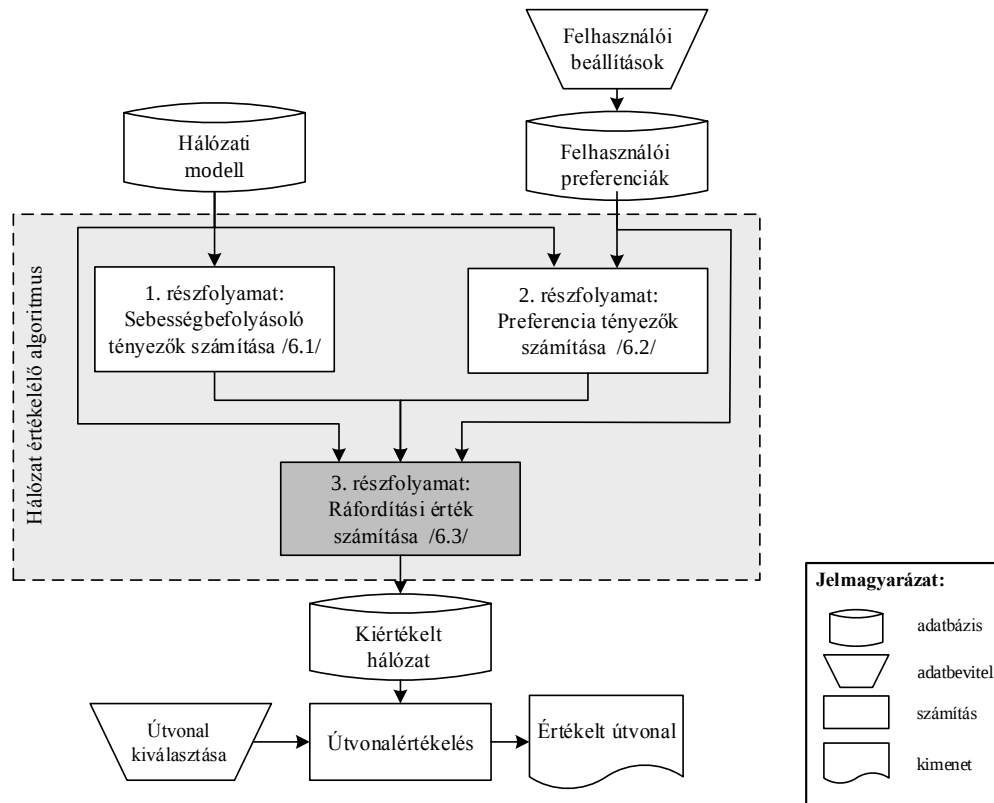
Tábla	Mezőnév	Adattípus	Leírás
Él	ID	számláló	$j = 1..n, n \in \mathbb{N}^+$
	kezdő_csucs_ID	szám	kezdő csúc azonosítója
	befejező_csucs_ID	szám	befejező csúc azonosítója
	típus_ID	szöveg	típus azonosító
	emelkedés	szám	emelkedés százalékban megadva %
	<u>fizikai_állapot_ID</u>	szöveg	útfelület fizikai állapotának azonosítója
	<u>időjárás_okozta_ID</u>	szöveg	útfelület időjárás okozta állapotának azonosítója
	<u>csapadék_ID</u>	szöveg	csapadék helyzet azonosítója
	hőmérséklet	szám	aktuális hőmérséklet Celsius fokban
	<u>szél_ID</u>	szöveg	szél viszonyok azonosítója
	<u>közúti_forgalom_ID</u>	szöveg	közúti forgalom nagyság azonosítója
	<u>kerékpáros_forgalom_ID</u>	szöveg	kerékpáros forgalom nagyság azonosítója
	<u>gyalogos_forgalom_ID</u>	szöveg	gyalogos forgalom nagyság azonosítója
	<u>parkolási_gyak_ID</u>	szöveg	gépjárműves parkolási műveletek gyakoriságának azonosítója
	<u>parkolóhelykialakítás_ID</u>	szöveg	közúti parkolóhely kialakítás azonosítója
	<u>keresztező_szakasz?</u>	igen/nem	közutat keresztes?
	<u>gyalogátkelőhely?</u>	igen/nem	amennyiben a kereszteső szakasz, csak egy kijelölt, táblás gyalogátkelőhely
	<u>keresztezendo_sav</u>	szám	keresztezendo közúti forgalmi sávok száma
	<u>keresztezendo_vagany?</u>	igen/nem	vágányokat keresztes?
	<u>forgalomiranyitas_ID</u>	szöveg	forgalomiranyítás azonosítója
	<u>keresztezesi_idoveszteseg</u>	szám	jelzőlámpás irányítású kereszteső élen értelmezett átlagos várakozási idő a zöld jelzésre (tilos idő fele) [s]
	<u>keresztezendo_forgalom_ID</u>	szöveg	keresztezendo közúti forgalom nagyság azonosítója
	<u>levegominoseg_ID</u>	szöveg	levegőminőség azonosítója

A kerékpáros gráfhoz kidolgozott adatmodell a többi gráf típusra is 'átültethető' megfelelő átalakításokkal, figyelembe véve az adott gráf által leképezett közlekedési mód sajátosságait. A bemutatott hálózati modell megfelelő alapot biztosít a kerékpáros információs szolgáltatások fejlesztéséhez.

6 Kerékpáros útvonalértékelő eljárás

A kerékpáros hálózati modellre épülő útvonalértékelő eljárást dolgoztam ki (9. ábra), aminek része a hálózatértékelő algoritmus. **Az algoritmus a kerékpáros hálózatot értékeli:**

- a fizikai paraméterek sebességbefolyásoló hatása, azok időbeli változása, és
- az utazói preferenciák alapján.



9. ábra: Az útvonalértékelő eljárás (forrás: saját kutatási eredmény)

Az értékelő 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.

A hálózati elemekből útvonalak állíthatók össze. Az útvonalértékelő eljárás eredménye: értékelt útvonal a teljes ráfordítási értékkel (a hálózati elemek ráfordítási értékeinek összege). A teljes ráfordítási érték alapján útvonalak hasonlíthatók össze, rangsorolhatóak, így a

felhasználó számára legkedvezőbb útvonal kiválasztható. Az útvonalértékelő eljárás működését példaterületen szemléltettem, az eljárás helyes működésének bizonyítása érdekében. (Az eljárás során szereplő jelöléseket és jelentésüket a 2. függelék 2. táblázata foglalja össze.)

A felhasználó az értékelő eljárás kezdetén a következő beállítási lehetőségeket végezheti el:

- értékelés során alkalmazott átlagsebesség: sebesség kategóriák közül választással (véges elemű értékkészletből) (9. táblázat). Az értékeket meglévő alkalmazások alapján határoztam meg,

9. táblázat: Sebességkategóriák (forrás: saját kutatási eredmény)

Sebesség kategória			
Jele v	Megnevezés	Érték	
		[km/h]	[m/s]
1v	lassú	10	2,78
2v	kényelmes	12.5	3,47
3v	átlagos	15	4,17
4v	gyors	17.5	4,86
5v	profi	20	5,56

- élekhöz tartozó preferencia tényezők személyre szabott beállítása,
- csúcsokhoz tartozó preferencia tényezők személyre szabott beállítása.

A preferencia tényező a hálózati modellben eltárolt él és csúcs tulajdonságok személyes megítélését fejezi ki.

A preferencia tényezők: x_m , ahol m a személyre szabható beállítás azonosítója, éleknél: $m = 1..36$, csúcsoknál $m = 37..41$. Olyan, a közlekedési rendszerben fellépő forgalmi, környezeti és hálózati jellemzőket állapítottam meg személyre szabható beállításnak, amelyek a kerékpáros komfortérzetére hatással vannak. Meghatározásuknál a kérdőív eredményeit, meglévő alkalmazások beállításait és saját tapasztalataimat használtam fel (4. Függelék).

A preferencia tényezők beállításánál a felhasználó az alábbi értékek közül választhat:

- élek esetén: 'közömbös', 'zavaró', 'kizáró';
- csúcsok esetén: 'közömbös', 'szükséges'.

A sebesség és a csúcsok beállításai adott utazásra jellemzőek.

Az élek beállításainál három személyre szabási lehetőség közül választhat:

- beállítás nélkül: semmit nem szab személyre, ekkor alapértelmezett értékek lesznek az irányadók,
- kategória választás: a kategóriák a kérdőíves felmérés során meghatározott felhasználói csoportokkal egyeznek meg (vakmerő, profi, gyakorlott, családi, óvatos). A kategóriákhoz tartozó beállításokat az 5. Függelék tartalmazza, amelyeket a kérdőíves felmérés II. kérdéscsoportjának (környezeti körülmények) kérdéseire adott válaszainak elemzésével határoztam meg,
- minden részlet: minden beállítást elvégez; amelyeket nem, ott alapértelmezett értékek lesznek az irányadók.

Alapértelmezett értékek: a kérdőíves felmérés alapján a 'gyakorlott' kerékpáros kategóriába tartozik a kerékpárosok számottevő része, így ezen kategória jellemzőit határoztam meg alapértelmezett értékeknek. Csúcsokra vonatkozó beállításoknál az alapértelmezett érték minden esetben a 'közömbös'.

A felhasználói beállítások a felhasználói preferencia adatbázisba kerülnek. Az adatbázis két adatszerkezetet tartalmaz, attól függően, hogy a felhasználó minden részletet személyre szab, vagy kategória közül választ. Az adatbázis adatszerkezeteit a 6. Függelék mutatja be.

A hálózatértékelő algoritmus részfolyamatainak részletes leírását a következő alfejezetek tartalmazzák:

- 6.1. alfejezet - sebességbefolyásoló tényezők számítása:

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

- 6.2. alfejezet - preferenciatényező számítása:
- 6.3. alfejezet - ráfordítási érték meghatározása:

Az élenként és csúcsonként meghatározott ráfordítási értékek egy adatbázisba kerülnek (kiértékelt hálózat). Az adatbázis szerkezete egy él és egy csúcs tábla, amelyek attribútumai megegyeznek: ID (él/csúcs azonosítója), ráfordítási érték. Az adatbázis felhasználásával, ha

ismert egy útvonal él és csúcs készlete, akkor az útvonalra jellemző teljes ráfordítási értékek (csúcsokra és élekre külön) meghatározhatók összeadással.

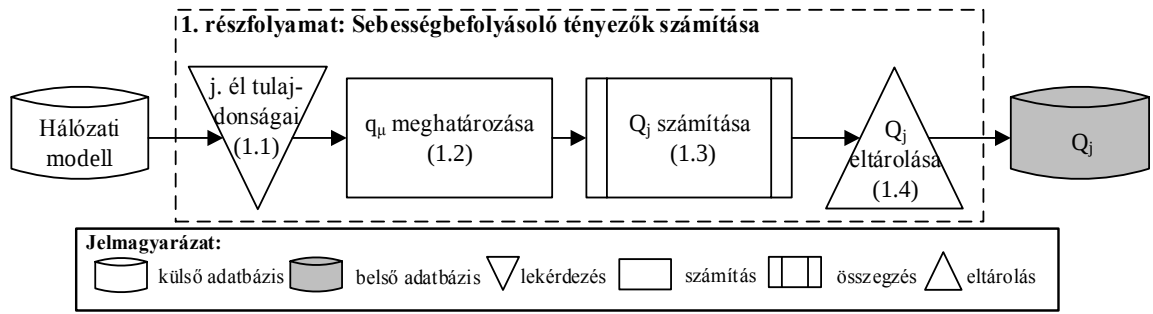
A hálózati modell és az útvonalértékelő eljárás egy megfelelő útvonalkereső eljárással (pl.: továbbfejlesztett Dijkstra-algoritmus) kiegészítve útvonalkeresésre, ezzel útvonaltervezésre is használható.

6.1 Sebességbefolyásoló tényezők számítása

Egyes forgalmi, környezeti, hálózati állapotot leíró él tulajdonságok sebességbefolyásoló hatásúak. Ezen jellemzőket gyűjtöttem össze, és komplex sebességbefolyásoló tényezőket határoztam meg (10. táblázat). A tényezők 1 körüli értékek; 1-nél kisebb tényező sebességcsökkentést, 1-nél nagyobb tényező sebességnövekedést okoz. Egy-egy tényező értékét több él tulajdonság (annak állapotai) együttesen befolyásolja. Mivel egzakt függvénykapcsolattal a befolyásoló tényezők nem írhatók le, ezért azon tényezőknél, amelyeket több él tulajdonság is befolyásol, az értékeket táblázatos formában adtam meg. A befolyásoló tényező adott állapotokhoz tartozó számértékét mérésekkel lehet pontosabban meghatározni. A táblázatokban a paraméteres jelölés mellett, a szemléltetés érdekében becsült számértéket is meghatároztam szakirodalmi források [9], [11] alapján és mérnöki tapasztalati úton (7. Függelék). A tényezők számítási folyamatát a 10. ábra mutatja be.

10. táblázat: Sebességbefolyásoló tényezők (forrás: saját kutatási eredmény)

Sebességbefolyásoló tényező	
Jele	Leírása
q_1	emelkedés mértékéből képzett
q_2	útburkolat fizikai állapotából képzett
q_3	időjárás okozta útburkolat állapotából képzett
q_4	időjárási körülményekből képzett
q_5	közúti forgalomnagyság mértékéből és az él típusából képzett
q_6	kerékpáros forgalomnagyság mértékéből és az éltípusából képzett
q_7	gyalogos forgalomnagyság mértékéből és az éltípusából képzett
q_8	parkolási műveletek gyakoriságából és a parkolóhelyek kialakításából képzett
q_9	keresztezendő sávok számából, a keresztezendő forgalomnagyságából, a forgalomirányítás módjából, valamint vágányokon való áthaladásból képzett



10. ábra: Sebességbefolyásoló tényezők számítása (forrás: saját kutatási eredmény)

Lépések:

- 1.1: hálózati modellből adott élre jellemző sebességbefolyásolású hatású él tulajdonságok lekérdezése,
- 1.2: ${}^j q_\mu^\sigma$ sebességbefolyásoló tényezők meghatározása, kiolvasása a táblázatokból,
- 1.3: sebességbefolyásoló össz-tényezők (Q_j) képzése, a ${}^j q_\mu^\sigma$ tényezők összesítésével. A tényezők egyszerű összeszorozása azonban nem megfelelő, túl alacsony össz-tényezőt eredményez. A tényezők együttes hatásának kifejezése függvénykapcsolat bevezetésével lehetséges. Kalibrációs folyamat során több függvénykapcsolatot is kipróbáltam. Választásom a tényezők szorzatösszegének gyökvonásra esett. A függvénykapcsolat tovább fejleszthető, kalibrálható; a pontosabb kapcsolat feltárása különböző sebességbefolyásoló állapotok esetében végrehajtott mérések végrehajtásával lehetséges. Adott j élre jellemző sebességbefolyásoló össz-tényező (Q_j) számításának módját a {2}-es egyenlet mutatja be.

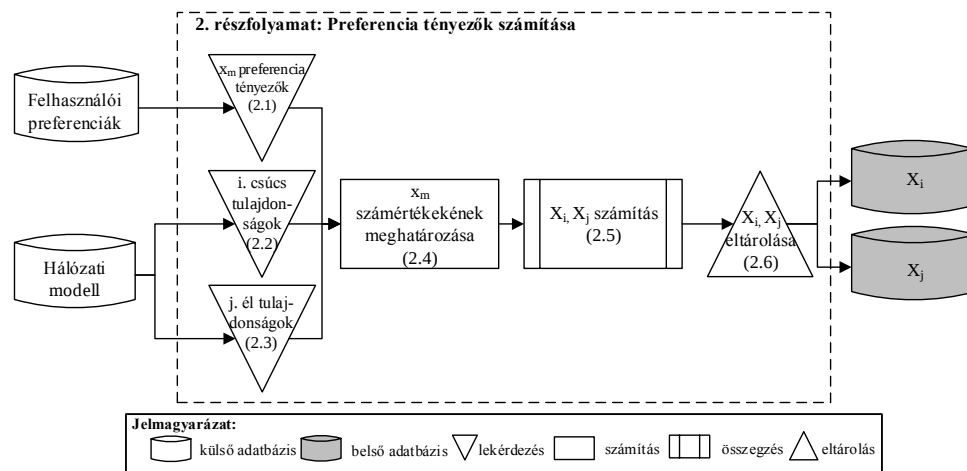
$$Q_j = \sqrt{\prod_{\rho=1}^9 {}^j q_\mu^\sigma} \quad \{2\}$$

- 1.4: Q_j össz-tényező eltárolása egy belső adatbázisba.

A 1-4 lépés ciklikusan ismétlődik, amíg van értékelendő él. A részfolyamat kimenete egy belső adatbázis, ahol a Q_j értékek tárolásra kerülnek. Az adatbázis szerkezete: él ID, Q_j érték.

6.2 Preferencia tényezők számítása

A preferencia tényezők meghatározása a hálózati elemek tulajdonságainak és a felhasználói preferenciák felhasználásával élenként és csúcsonként történik (11. ábra).



11. ábra: Preferencia tényezők számítása (forrás: saját kutatási eredménye)

Lépések:

- 2.1: felhasználói preferenciák adatbázisból x_m preferencia tényezők lekérdezése,
- 2.2: hálózati modellből i. csúcs tulajdonságainak lekérdezése,
- 2.3: hálózati modellből j. él tulajdonságainak lekérdezése,
- 2.4: adott hálózati elemen releváns x_m preferencia tényezők meghatározása. Ha az adott él, vagy csúcs tulajdonság felvesz egy értéket (állapotot), akkor az adott tulajdonságra jellemző felhasználói preferencia is releváns. A felhasználói preferenciákat számértékkel is kifejeztem:
 - „közömbös” értékeléshez tartozó számérték minden esetben 1-es, vagyis a felhasználói preferencia nem befolyásolja az érzékelt idő szükségletet,
 - „zavaró” és „szükséges” értékeléshez rendelt számértékek 1-től eltérőek, így a személyes preferencia befolyásolja az érzékelt idő szükségletet. Éleknél ez 1-nél nagyobb érték, ami az érzékelt idő szükségletet növeli, csúcsoknál ez 1-nél kisebb érték, ami csökkenti. Csúcsoknál az érték egy fajta attraktivitási tényező, kifejezi, hogy a felhasználó számára ez a csúcs kedvező értéket képvisel,
 - „kizáró” értékelésnél a számérték 1000, ami gyakorlatilag kizárja az adott élt magas értéke miatt.

A „zavaró” értékeléshez tartozó számértékek kalibrálását a kérdőíves kutatás eredményeiből vezettem le. A kérdőív II. tématerületének kérdéseinél a válaszadók kinyilvánították adott időjárási jellemző, útállapot, úttípus, forgalmi jellemző iránti érzéseiket. A válaszok összesítésének pontos menetét a 8. Függelék tartalmazza, az egyes x_m beállítások zavaró számértékét a 4. Függelék táblázatának utolsó oszlopa mutatja be.

2.5 adott hálózati elemre preferencia össz-tényező meghatározása (csúcsoknál: X_i , éleknél: X_j), a tényezők összesítésével. Az együttes hatás kifejtésére a szorzatösszeg megfelelő, hiszen, ha több kedvezőtlen (vagy csúcs esetén kedvező) tulajdonság is egyidejűleg jelentkezik, az sokszorosán befolyásolja a felhasználó érzékelt idejét. A preferencia össz-tényezők számítási módjai:

- élek esetében:
$$X_j = \prod_{m=1}^{36} x_m \quad \{3\}$$

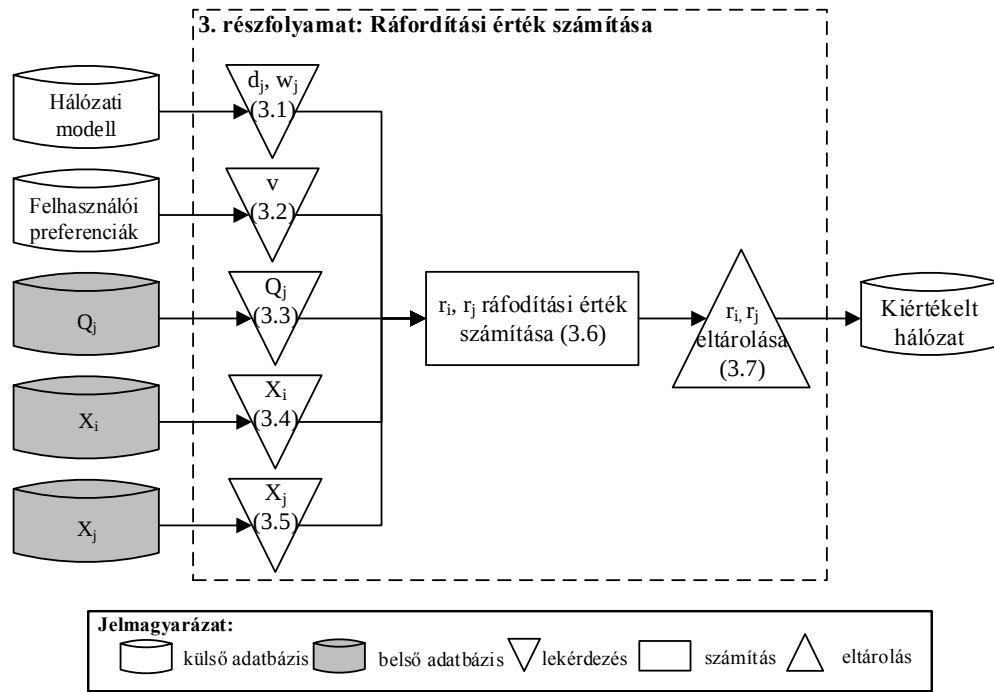
- csúcsok esetében
$$X_i = \prod_{m=37}^{41} x_m \quad \{4\}$$

2.6: X_i és X_j össz-tényezők eltárolása egy-egy belső adatbázisba.

A 1-6 lépés ciklikusan ismétlődik, amíg van értékelendő hálózati elem. A részfolyamat kimenete egy-egy belső adatbázis, ahol a X_i és X_j értékek tárolásra kerülnek. Az adatbázisok struktúrája megegyezik: hálózati elem ID, X_j vagy X_i érték.

6.3 Ráfordítási értékek számítása

Minden élre és csúcsra egy-egy ráfordítási érték kerül meghatározásra a sebességbefolyásoló össz-tényező, a preferencia össz-tényezők, a hálózati modell egyes adatainak és az átlagsebesség érték felhasználásával (12. ábra).



12. ábra: Ráfordítási értékek számítása (forrás: saját kutatási eredmény)

Lépések:

- 3.1: hálózati modellből a j. él hossz adatának (jele: d_j), valamint keresztezési idővesztés (jele: w_j) adatának lekérdezése,
- 3.2: felhasználói preferenciák adatbázisból a felhasználó által beállított sebességérték (v) lekérdezése,
- 3.3: Q_j belső adatbázisból j. él Q_j sebességsökkentő össz-tényezőjének lekérdezése,
- 3.4: X_i belső adatbázisból i. csúc X_i preferencia össz-tényezőjének lekérdezése,
- 3.5: X_j belső adatbázisból j. él X_j preferencia össz-tényezőjének lekérdezése,
- 3.6: ráfordítási érték számítása,
 - él ráfordítási érték számítása {5}:

$$r_j = \left(\frac{d_j}{v \cdot Q_j} + w_j \right) \cdot X_j \quad \{5\}$$

A gyorsulási és lassulási tényezőket nem vettem figyelembe; a hálózat értékeléséhez elegendő pontosságot biztosít az átlagsebességgel történő számolás. A jobb oldali szorzat első tagja az él leküzdéséhez ténylegesen szükséges időértéket adja meg.

- csúcs ráfordítási érték számítása {6}: A csúcs-ráfordítási érték megegyezik a csúcsra jellemző X_i csúcs össz-preferencia tényező értékével.

$$r_i = X_i \quad \{6\}$$

3.7: r_i és r_j ráfordítási értékek eltárolása a kiértékelt hálózat adatbázisba.

A 1-7 lépés ciklikusan ismétlődik, amíg van értékelendő hálózati elem. A részfolyamat kimenete a kiértékelt hálózat adatbázis.

6.4 Az eljárás szemléltetése példaterületen

Az eljárás működésének bizonyítása, szemléltetése érdekében mintaalkalmazást dolgoztam ki, amelyhez valós, budapesti példaterületen mintahálózatot képeztem. A mintahálózat elemeinek fizikai tulajdonságát területbejárásokkal és mérésekkel határoztam meg. Ezen a hálózaton két pont között két különböző útvonalat definiáltam. Három különböző jellegű értékelést végeztem:

1. referenciamérésekkel való összehasonlítás;
2. létező útvonaltervező alkalmazás eredményeivel történő összehasonlítás;
3. valamint kerékpáros kategóriák beállítása szerinti összehasonlítások.

Az alkalmazás input képernyőterveit a 13. ábra mutatja be.

The image displays two side-by-side screenshots of a mobile application interface for route planning. The left screenshot shows the 'General settings' screen with fields for 'Indulási hely:' (Budapest, BME, St épület), 'Érkezési hely:' (Budapest, Keleti pályaudvar), 'Indulás ideje:' (2015.10.22. 16:00), and 'Sebesség:' (Általános). It also features a 'Személyre szabási szint:' section with 'Részletes' and 'Kerékpáros kategória választás' buttons, and a green 'Értékelés' button at the bottom. The right screenshot shows the 'Kerékpáros kategória választás:' screen with buttons for 'Vakmerő', 'Profi', 'Gyakorlott', 'Családi', and 'Óvatos'. Below this is a 'További beállítások:' section with checkboxes for 'POI:' (Ivókút, Szervíz, Kerékfűtés) and 'Tárolóhely:' (Kerékpártároló, Közösségi kerékpártároló). It also includes a blue back arrow and a green 'Értékelés' button.

13. ábra: Mintaalkalmazás input képernyői. Általános beállítások (bal), kategória és további beállítások (jobb) (forrás: saját kutatási eredmény)

A hálózati modellt és az eljárást bemutató alkalmazást Microsoft Excel program segítségével valósítottam meg. A ráfordítási értékeket többszörösen összetett függvényekkel számoltam.

Például: q_7 sebességbefolyásoló tényező számítását (él típustól, gyalogos forgalom nagyságtól függ) az alábbi többszörösen összetett függvény lekérdezéssel valósítottam meg:

$$HA(ÉS(Rj="nagy";Fj=9);'q_7 \text{ értéke}'!D\$7; HA(ÉS(Rj="nagy";Fj=10);'q_7 \text{ értéke}'!E\$7; \\ HA(ÉS(Rj="közepes";Fj=9);'q_7 \text{ értéke}'!D\$8; HA(ÉS(Rj="közepes";Fj=10); 'q_7 \text{ értéke}'!E\$8; \\ HA(ÉS(R5="kis";F5=9); 'q_7 \text{ számításához}'!D\$9;HA(ÉS(R5="kis";F5=10); 'q_7 \text{ értéke}'!E\$9;1))))))$$

Első tag értelmezése: ha a j. él típusa „9” (kerékpárút, járdától sávval elválasztva) típusú és a j. élen a kerékpáros forgalom nagyság „nagy”, akkor q_7 legyen a q_7 értéke tábla D7 cellájának értéke ($q_7 = 0,8$).

Modellezett hálózat: Budapest, BME St. épület és Budapest Keleti pályaudvar között kiválasztott két jellegzetes útvonal (9. függelék):

- a. *útvonal: Stoczek utca – Bertalan Lajos utca – Budafoki út – Szent Gellért tér – Szabadság híd – Várműház 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 – Várműház körút – Múzeum körút – Astoria – Rákóczi út – Keleti pályaudvar (60 él)*

A mintahálózat 109 csúcsot (jelölő, kereszteződés), és a köztük értelmezett 110 élt tartalmaz.

1. értékelés célja: hálózati modell és eljárás helyességének vizsgálata. A példahálózatot a preferencia össz-tényezők figyelembevétele nélkül vizsgáltam, annak érdekében, hogy valós eljutási időket kapjak. A vizsgálathoz hétköznapi délutáni, nagyobb forgalmú, száraz, 15 fok feletti időjárási körülményeket adtam meg. Az útvonalak által használt (X_j figyelembe vétele nélkül) él ráfordítási érték összegét, vagyis az útvonalak tényleges eljutási időit a 11. táblázat tartalmazza. A táblázat az általam az *a. útvonalon* végrehajtott három referenciamérés eredményeinek átlagát is tartalmazza. A mérést a megadotthoz hasonló körülmények között hajtottam végre októberi napokon. Átlagsebességnek 17 km/h adódott. A mintaalkalmazásnál ennél nagyobb értéket (20 km/h) vettem figyelembe, mivel a kidolgozott eljárás többlet időket is tartalmaz (keresztezések miatti idővesztés), ami az eljárás átlagsebesség értékét nem befolyásolja.

11. táblázat: Eredmények összehasonlítása referencia mérésekkel (forrás: saját kutatási eredmény)

a útvonal		b útvonal
mintaalkalmazás	referencia mérés	mintaalkalmazás
19,8 perc	18,1 perc	18,7 perc

A hálózati modell és az értékelő eljárás alapján kapott eredmények közelítik a referencia mérések eredményét. Az eltérés a referenciamérésen tapasztalt aktuális forgalmi viszonyokkal (pl.: zöld hullám), valamint a kidolgozott eljárás sebességbefolyásoló tényezőinek több esetben nem eléggé pontos értékével magyarázható. Azonban ez a 1,5 perces különbség megfelelő pontosságot jelent, a kidolgozott eljárás elvi helyességét alátámasztja. A sebességbefolyásoló tényezők értékének mérések útján történő finomításával az eredmények pontosíthatók.

2. értékelés célja: az eljárás eredményeinek összehasonlítása a BKK Futár kerékpáros útvonaltervező alkalmazás eredményével. A preferenciatényezőket ebben az esetben sem vettem figyelembe, mivel a BKK Futár alkalmazás nem rendelkezik az általam meghatározott beállításokhoz hasonló személyre szabható beállítással. A BKK Futár kerékpárosbarát és leggyorsabb útvonal beállítási lehetőségeit használtam. Az útvonaltervező által kínált útvonaljavaslatok, az általam is definiált *a* (kezdő és végponton kismértékben eltérő) és *b útvonallal* egyeznek meg. A 12. táblázat a kapott időértékeket mutatja be. A mintaalkalmazás sebességértéknek szintén 20 km/h-át definiáltam.

12. táblázat: Eredmények összehasonlítása létező útvonaltervező alkalmazással (forrás: saját kutatási eredmény)

a. útvonal		b. útvonal	
mintaalkalmazás	BKK Futár	mintaalkalmazás	BKK Futár
19,8 perc	17 perc	18,7 perc	16 perc

A BKK Futár általi javaslatok pontatlanok, ami a kerékpározható infrastruktúra elnagyolt leképezésével, a dinamikusán 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.

3. értékelés célja: a kerékpáros kategória beállítások hatásainak összehasonlítása. A 13. táblázat érzékelt eljutási időt megadó teljes ráfordítási értékeket és egy hányadost mutat. A hányados számlálója a teljes ráfordítási érték, nevezője a preferencia tényezők nélküli időszükséglet. A mintaalkalmazásban 20 km/h-át állítottam be, mindegyik kategóriánál, így az útvonal preferencia tényezők nélküli időszükségletei megegyeznek. Eltérés a ráfordítási értékeknél adódik. A csúcs preferenciatényezőket a példaterületen elhanyagoltam; az összehasonlítás szempontjából, mivel csak két útvonal lehetőség van, az útvonalak értékelésénél nem nyújtanak releváns értéket.

Az értékelésből megállapítható, hogy a vizsgált útvonalak teljes mértékben csak a vakmerő kerékpáros kategóriának megfelelő, a profi kerékpáros kismértékben már kedvezőtlenebbnek érzi az útvonalakat. Gyakorlott kerékpáros már számottevően kedvezőtlennek érzékeli az útvonalakat (pl.: az *a. útvonalat* 2,13-szorosan többnek érzékeli).

13. táblázat: Mintaalkalmazás eredményei kerékpáros kategóriák alapján (forrás: saját kutatási eredmény)

Kategória	a. útvonal teljes ráfordítási érték		b. útvonal teljes ráfordítási érték	
	értéke [perc] (érezelt idő)	hányados	értéke [perc] (érezelt idő)	hányados
Vakmerő	19,87	1	19,11 perc	1,02
Profi	23,46	1,18	25,44	1,36
Gyakorlott	42,27	2,13	64,38	3,44
Családi	73,38	3,70	32023	>10
Óvatos	8131816	>10	14203115987	>10
	preferencia tényezők nélküli időszükséglet: 19,8 perc		preferencia tényezők nélküli időszükséglet: 18,7 perc	

magas értékük miatt kizárt útvonalak

Útvonalválasztáskor a mintaalkalmazás a kisebb teljes ráfordítási értékűt javasolja. A kedvezőbb útvonal a vakmerő esetben a *b*, a többinél az *a*. 1-nél lényegesebb nagyobb hányados esetén a mintaalkalmazás az útvonalat kizárja a lehetőségek közül, hiszen a felhasználónak az útvonal alkalmatlan (óvatos kerékpárosnak egyik útvonal sem felel meg). A mintaalkalmazás output képernyőjét, profi kategória kiválasztása esetében a 14. ábra mutatja be. A felhasználónak a preferencia tényezők nélküli időszükséglet megadása fontos, a teljes ráfordítási tényező csak az értékelési folyamat esetében releváns.



14. ábra: Mintaalkalmazás output képernyője (forrás: saját kutatási eredmény)

A kidolgozott útvonalértékelő eljárás az útvonalak valóságnak megfelelő tulajdonságainak és a felhasználó széleskörű preferenciáinak figyelembe vételének köszönhetően részletes értékelést tesz lehetővé, amely közvetlenül hozzájárul a kerékpárosok döntéseinek támogatásához.

7 Konklúzió

Kutatásom során a kerékpáros közlekedés sajátosságaival, információ kezelési folyamataival foglalkoztam. Széleskörű irodalomkutatást végeztem, valamint szakértőkkel konzultáltam. A szerzett tapasztalatok alapján feltártam a kerékpározás alapfolyamati és információkezelési sajátosságait. A kerékpáros szokások/elvárások részletesebb megismeréséhez kérdőíves felmérést végeztem. Elemeztem a kerékpáros információs szolgáltatásokat, meghatározva az irányadó funkciókat, fejlesztési lehetőségeket.

A korszerű információs támogatás érdekében részletes és multimodális környezetben elhelyezett kerékpáros hálózati modellt dolgoztam ki, amely a hálózati elemek statikus és dinamikus tulajdonságait is leképezi. A modell alapján a dinamikus adatokat is kezelő, a felhasználók elvárásait figyelembe vevő útvonalértékelő eljárást dolgoztam ki, amely testreszabott információkkal támogatja a kerékpárosok döntéseit.

A kutatás során tapasztalt főbb nehézségek:

- az útvonaltervező alkalmazások működésének elemzése 'próbálgatásos módszerrel' a belső működési jellemzők ismerete nélkül,
- a hálózati modell belső koherenciáinak, attribútumainak meghatározása,
- az értékelő eljárásban alkalmazott pontos függvénykapcsolatok feltárása,
- egyszerű, konzekvens jelöléstechnika kidolgozása a hálózati modellnél és az értékelő eljárásnál.

A kutatást három, markáns irányban folytatom:

- kérdőíves felmérés eredményeiből további következtetések levonása,
- értékelő eljárás elemeinek finomítása:
 - zavaró beállítási lehetőséghez tartozó számérték további differenciálása, figyelembe véve a különböző felhasználó jellemzőket, kerékpározási szokásokat (pl.: felhasználói kategóriák szerint eltérő zavaró számértékek),
 - sebességkategóriák mérés útján történő pontosítása,
 - sebességsökkentő össz-tényezőt képző függvénykapcsolat kalibrálása,
- eljárás kiterjesztése a felhasználó pillanatnyi fizikai/szellemi állapotára és helyismeretére, valamint a kerékpártípusra,
- a multimodalitás jellemzőinek részletes kidolgozása mind a hálózati modell, mind az eljárás kibővítésével.

Irodalomjegyzék

Könyv

- [1] Ortúzar, J. de D.; Willumsen, L. G. 2011. Modelling Transport. John Wiley & Sons. ISBN: 978 1119993520
- [2] Héra, G.; Ligeti, Gy. 2006. Módszertan – A társadalmi jelenségek kutatása. Osiris Kiadó Kft. ISBN: 9789633897881

Tudományos folyóiratcikk

- [3] Habib, K.N.; Mann, J.; Mahmoud, M.; Weiss, A. 2014. 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* 70: 67–80. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2014.09.012>
- [4] Bhat, C.R.; Dubey, S.K.; Nagel, K. 2015. Introducing non-normality of latent psychological constructs in choice modeling with an application to bicyclist route choice, *Transportation Research Part B: Methodological* 78: 341–363. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trb.2015.04.005>
- [5] Winters, M., Davidson, G., Kao, D., & Teschke, K. (2010). Motivators and deterrents of bicycling: comparing influences on decisions to ride. *Transportation*, 38(1), 153–168. <http://doi.org/10.1007/s11116-010-9284-y>
- [6] Passafaro, P.; Rimano, A.; Piccini, M. P.; Metastasio, R.; Gambardella, V.; Gullace, G.; & Lettieri, C. 2014. The Bicycle and the City: Desires and Emotions versus Attitudes, Habits and Norms, *Journal of Environmental Psychology* 38: 76–83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.12.011>
- [7] Ehrgott, M.; Wang, J.Y.T.; Raith, A.; van Houtte, C. 2012. A bi-objective cyclist route choice model, *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 46(4): 652–663. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2011.11.015>
- [8] Ardigò, L. P., Saibene, F., & Minetti, A. E. (2003). The optimal locomotion on gradients: walking, running or cycling?, *European Journal of Applied Physiology* 90(3-4): 365–371. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-003-0882-7>
- [9] Bernardi, S.; Rupi, F. 2015. An Analysis of Bicycle Travel Speed and Disturbances on Off-Street and On-Street Facilities, *Transportation Research Procedia* 35: 82–94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2015.01.004>.

- [10] Joo, S.; Oh, C.; Jeong, E.; & Lee, G. 2015. Categorizing bicycling environments using GPS-based public bicycle speed data, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 56: 239–250. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2015.04.012>
- [11] Parkin, J.; Rotheram, J. 2010. Design Speeds and Acceleration Characteristics of Bicycle Traffic for Use in Planning, Design and Appraisal, *Transport Policy* 17 (5): 335–41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.03.001>.
- [12] Zhang, S., Ren, G., & Yang, R. 2013. Simulation Model of Speed–density Characteristics for Mixed Bicycle flow—Comparison between Cellular Automata Model and Gas Dynamics Model, *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications* 392 (20): 5110–18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2013.06.019>.
- [13] Su, J.G.; Winters, M.; Nunes, M.; Brauer, M. 2010. Designing a route planner to facilitate and promote cycling in Metro Vancouver, Canada, *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 44(7): 495–505. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2010.03.015>
- [14] Koszelew, J. 2010. An improved approximation algorithm for optimal routes generation in public transport network. *Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej. Informatyka Z.* 5, 5–17.
- [15] Fazekas, S.; Péter, T. 2013. The Road Traffic Modelling and Design of the Traffic Database of Győr in Project Smarter Transport, *Acta Technica Jaurinensis* 6(3): 31–40.

Konferenciák

- [16] Ana, S.; Pinto, I.; Ribeiro, D.; Delgado, J. 2014. Multicriteria Analysis for Evaluation of Bike Lane Routes Integrated to Public Transportation, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, XVIII Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito, Transporte y Logística (PANAM 2014) 162, 388–397. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.220>
- [17] Stinson, A.; Chandra; Bhat. R. 2005. A Comparison of the Route Preferences of Experienced and Inexperienced Bicycle Commuters. *In TRB 2005*, Paper 05–1434
- [18] Csiszár Cs.; Földes, D. 2015. Advanced Information Services for Cognitive Behaviour of Travellers. *6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications*, 19-21 October 2015. Győr, Hungary, pp. 133-138 ISBN: 978-1-4673-8129-1
- [19] Csiszár Cs. 2012. Személyközlekedési módok összekapcsolása informatikai eszközökkel – tudatos közlekedés. *Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2012: Hogyan tovább közforgalmú közlekedés?* 341-350 (ISBN:978-963-9819-84-9)

[20] Song, Q.; Zilecky, P.; Jakob, M.; Hrnčir, J. 2014. Exploring pareto routes in multi-criteria urban bicycle routing, *IEEE Intelligent Transportation Systems Conference 2014*. 1781–1787.
<http://dx.doi.org/10.1109/ITSC.2014.6957951>

[21] Hochmair, H.; Fu, J. 2009. Web Based Bicycle Trip Planning for Broward Country, Florida. *ESRI User Conference Paper 2*

Irányelvek, tanulmányok

[22] White paper 2011 - Roadmap to a Single European Transport Area - Towards a competitive and resource efficient transport system,
http://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/2011_white_paper_en.htm (letöltve: 2015.09.01)

[23] Nemzeti Közlekedési Stratégia; Országos Kerékpáros Konceptió és Hálózati Terv, 2013
http://www.3k.gov.hu/remos_downloads/NKS_Orszagos_Kerekparos_Konceptio_es_Halozati_Terv.33.pdf (letöltve: 2015.09.01)

[24] Budapest Közlekedésfejlesztési Stratégiája 2014-2030, Balázs Mór Terv, 2014
<http://www.bkk.hu/bmt/docs/BMT.pdf> (letöltve: 2015.09.03)

[25] Public Bike Sharing, Final Guidance Note, 2015
<http://www.ecf.com/wp-content/uploads/BSS-FINAL-REPORT-150121.pdf> (letöltve: 2015.09.15)

Elektronikus cikk

[26] Promoting cycling is the solution to congestion and pollution
URL: <http://www.itsinternational.com/> (letöltve: 2015.10.10)

[27] GPS Navigation: Bike Touring or Cycling With A Smartphone
URL: <http://www.cyclingabout.com/gps-navigation-bike-touring-or-cycling-with-a-smartphone/>
(letöltve: 2015.10.15)

[28] ISS upgrades cycle detection software URL: <http://www.itsinternational.com/> (letöltve: 2015.10.10)

Honlap

[29] <http://futar.bkk.hu/>

[30] <http://merretekerjek.hu/>

[31] <http://geologia.hu/>

[32] <http://utvonalterv.hu/>

[33] <http://www.openstreetmap.org/>

[34] <http://www.anachb.at/>

[35] <https://www.tfl.gov.uk/>

[36] <http://www.maps.google.com>

Ábrajegyzék

1. ábra: A kutatás folyamata.....	2
2. ábra: A dolgozat felépítése.....	3
3. ábra: Az irodalmi források rendszerszemléletű csoportosítása	4
4. ábra: A kerékpáros információkezelési folyamata	11
5. ábra: Kerékpáros információs szolgáltatások csoportosítása	18
6. ábra: A modellépítés folyamata	26
7. ábra: A gráfok típusai, egymásra épülése és kapcsolatai	29
8. ábra: A kerékpáros makro gráf adatmodellje	31
9. ábra: Az útvonalértékelő eljárás.....	34
10. ábra: Sebességbefolyásoló tényezők számítása.....	38
11. ábra: Preferencia tényezők számítása.....	39
12. ábra: Ráfordítási értékek számítása.....	41
13. ábra: Mintaalkalmazás input képernyői. Általános beállítások (bal), kategória és további beállítások (jobb) .	42
14. ábra: Mintaalkalmazás output képernyője.....	46

Táblázatjegyzék

1. táblázat: A kerékpározás általános jellemzői – előnyök, hátrányok	8
2. táblázat: Kerékpáros közlekedési mód összehasonlítása más helyváltoztatási módokkal az utazó szemszögéből	9
3. táblázat: Információkezelési műveletek szemléltetése példákkal	13
4. táblázat: Kerékpáros útvonaltervező alkalmazások elemzése – helyzetértékelés	23
5. táblázat: Csúcs-típusok	28
6. táblázat: Él típusok	29
7. táblázat: Csúcs tábla mezőnevei, adattípusai és leírásai	32
8. táblázat: Élekhez tartozó táblák mezőnevei, adattípusai és leírásai	33
9. táblázat: Sebességkategóriák.....	35
11. táblázat: Sebességbefolyásoló tényezők.....	37
11. táblázat: Eredmények összehasonlítása referencia mérésekkel.....	44
12. táblázat: Eredmények összehasonlítása létező útvonaltervező alkalmazással	44
13. táblázat: Minta alkalmazás eredményei kerékpáros kategóriák alapján	45

Függelék

1. Függelék: Kérdőív

Kerékpározási szokások felmérése

I. Kerékpározási szokásokra vonatkozó kérdések:

Kérem, minden kérdésnél egy választ jelöljön meg!

1) Milyen rendszerességgel kerékpározik?

- ☐ naponta
- ☐ hetente többször
- ☐ havonta többször
- ☐ évente pár alkalommal
- ☐ nem szoktam

(Megjegyzés: Ha a kérdésre „nem szoktam” választ jelölte meg, akkor kérem, folytassa a 24)

2) Milyen arányban használ közösségi kerékpárt (pl.: BuBi) kerékpározási utazásainál, saját kerékpárjával szemben?

- ☐ csak közösségi kerékpárt használlok
- ☐ többségében közösségi kerékpárt használlok
- ☐ fele-fele arányban használlok közösségi kerékpárt és saját kerékpárt
- ☐ többségében saját kerékpárt használlok
- ☐ soha nem használlok közösségi kerékpárt

3) Milyen napokon kerékpározik általában?

- ☐ hétköznapokon
- ☐ hétvégén
- ☐ mindkettő

4) Általában mi a kerékpározás motivációja?

- ☐ hivatásforgalom (iskola, munkahely)
- ☐ szabadidős
- ☐ egyforma mértékben hivatásos és szabadidős is

5) Általában milyen távolságokra használ kerékpárt egy utazás során?

- ☐ 5 km alatt
- ☐ 5-10 km
- ☐ 10-20 km
- ☐ 20 km felett

6) Amikor nem kerékpárt használ, milyen helyváltoztatási módot használ általában?

- ☐ gyalog
- ☐ közösségi közlekedés (pl.: BKK)
- ☐ autó
- ☐ motorkerékpár
- ☐ egyéb, és pedig:

- 7) Milyen gyakran szokott kerékpárt multimodális utazásra igénybe venni (multimodális utazás: egy utazás során több közlekedési módot is használ, pl.: kerékpározás + utazás gépjárművön; kerékpározás + utazás gépjárművön kerékpár szállítással + kerékpározás; utazás gépjárművön + kerékpározás)

- ☐ napi szinten
☐ hetente többször
☐ havonta többször
☐ évente pár alkalommal
☐ nem szoktam

(Megjegyzés: Ha a kérdésre „nem szoktam” választ jelölte meg, akkor kérem, folytassa a 24)

- a) Többszörre közösségi kerékpárral (pl.: BuBi), vagy saját kerékpárral vesz részt a multimodális közlekedésben? Kérem, egy választ jelöljön meg!

- ☐ közösségi
☐ saját

- b) Multimodális kerékpáros utazásnál jellemzően hol használ kerékpárt? Kérem egy választ jelöljön meg!

- ☐ Budapest belvárosában
☐ Budapest külvárosában
☐ vidéken
☐ egyéb, és pedig:

- c) Milyen rendszerességgel szállít kerékpárt közösségi közlekedési eszközön (pl.: vonat, HÉV)

- ☐ naponta
☐ hetente többször
☐ havonta többször
☐ évente pár alkalommal
☐ nem szoktam

II. Környezeti körülményekkel kapcsolatos (időjárás, útkialakítás) kérdések:

- 8) Mi az a minimum hőmérséklet, ami már elrettenti a kerékpár használatától? Kérem, egy értéket jelöljön meg.

- ☐ 0°C alatt
☐ 10°C alatt
☐ 15°C alatt
☐ 20°C alatt
☐ egyéb, és pedig:

- 9) Milyen hőmérsékletet tart Ön ideálisnak kerékpározáshoz? Kérem, egy tartományt jelöljön meg.

- ☐ 10°C alatt
☐ 11°C - 20°C között
☐ 21°C– 30°C között
☐ 31°C felett

- 10) Az alábbi időjárási körülmények mennyire rettentik el Önt a kerékpár használatától? Minden sorban jelöljön meg egy értéket! (1 – közömbös vagyok; 2 – nem szeretem, de kerékpározom; 3 – teljesen elrettent)

Időjárási körülmény	1	2	3
eső			
erős szél			
alacsony hőmérséklet			
magas hőmérséklet			

- 11) Kérem, értékelje a felsorolt kerékpározható utakat attraktivitás szempontjából, azaz mennyire szereti használni (biztonságosnak, komfortosnak érzi) kerékpározása során ezeket a típusokat. Minden sorban jelöljön meg egy értéket! (1 – nagyon nem kedvelem, elkerülöm; 2 – nem kedvelem, 3 – közömbös vagyok; 4 – kedvelem; 5 – kifejezetten élvezem)

Úttípus	1	2	3	4	5
Önálló kerékpárút					
Kerékpárút gyalogúttól sávval elválasztva					
Közös gyalogos, kerékpáros út					
Közös gyalogos, kerékpáros zóna					
Kerékpársáv					
Kerékpárnyom					
Egyirányú utca kerékpárosoknak ellenkező irányú behajtással					
Közös kerékpáros és autóbusszsáv					
Főútvonat					
Főút, szélén vezetett önálló buszsávval (kerékpározás a buszsáv melletti, szélső forgalmi sávon megengedett)					

- 12) Mennyire retenti el Önt az adott útszakasz használatától az útszakasz alábbi negatív tulajdonsága? Kérem, 1-3-ig értékelje a tulajdonságokat. Minden sorban jelöljön meg egy értéket! (1 – közömbös vagyok; 2 – megpróbálom elkerülni; 3 – biztosan elkerülöm)

	Tulajdonság	1	2	3
Útfelület	vizes útfelület			
	havas útfelület			
	jeges útfelület			
Útállapot	rossz fizikai útállapot (esetenként kátyús, repedezett)			
Domborzat	meredek emelkedő (tipikusan hegyvidéki szakasz)			
	közepesen meredek emelkedő (pl.: egyes hidak, felüljárók felhajtója)			
	meredek lejtő (tipikusan hegyvidéki szakasz)			
Forgalom-nagyság	nagy közúti forgalom (folyamatos, szünet nélküli forgalom/ álló kocsisor)			
	nagy kerékpáros forgalom (sebesség lassabb, előzés nehéz)			
	nagy gyalogos forgalom (a haladás csak megállásokkal lehetséges)			

- 13) Parkoló autók mellett kerékpározik. Biztonság szempontjából kérem, értékelje a felsorolt parkolóhely kialakításokat. Mennyire retenti el adott útszakasz használatától az ott kialakított parkolóhely típusa? Minden sorban jelöljön meg egy értéket! (1 – közömbös vagyok; 2 – megpróbálom elkerülni; 3 – biztosan elkerülöm)

Tulajdonság	1	2	3
párhuzamos parkoló			
merőleges parkoló			
ferde parkolás, beállítás orral előre			
ferde parkolás, beállítás tolatva			

- 14) Jogszabályi irányítású (jelzőlámpa nélküli) kereszteződéshez érkezik kerékpárral. Az alábbi tulajdonságok mennyire befolyásolják a biztonságérzetét az adott helyszínen? Minden sorban jelöljön meg egy értéket! (1 – közömbös vagyok; 2 – veszélyesnek ítélem; 3 – rendkívül veszélyesnek tartom, igyekszem elkerülni)

Tulajdonság	1	2	3
jobb kezes kereszteződés			
jelzőtáblával irányított kereszteződés (elsőbbiséget kell adni)			
sín keresztezése			
2 közúti sáv keresztezése			
3 közúti sáv keresztezése			
3-nál több közúti sáv keresztezése			
nagy forgalmú út keresztezése			

- 15) Mennyire veszi figyelembe kerékpáros útvonala tervezése során az alábbi jellemzőket? Rangsorolja a jellemzőket! (1. legfontosabb; 2. legfontosabb; 3. legfontosabb)
- ☐ biztonságos haladás (forgalomnagyság, úttípus)
 - ☐ biztonságos kereszteződés
 - ☐ domborzati viszonyok
 - ☐ útállapot (fizikai, időjárás okozta)

III. Kerékpáros információs rendszerekre vonatkozó kérdések:

- 16) Milyen információs forrásokat használ kerékpározáshoz? Több választ is megjelölhet!
- ☐ elektronikus térkép
 - ☐ papíralapú térkép
 - ☐ internetes honlap (pl.: vélemények, utazási tapasztalatok megosztása)
 - ☐ ismerősei által nyújtott információk
 - ☐ egyéb, és pedig:
- 17) **Kerékpáros utazásai** előkészítésére használ útvonaltervező alkalmazást? Több választ is megjelölhet!
- ☐ Google Maps
 - ☐ BKK Futár útvonaltervező
 - ☐ merretekerjek.hu
 - ☐ geologia.hu
 - ☐ egyéb, és pedig:
 - ☐ nem használok
- 18) Ön szerint mi a legnagyobb hátrányuk a jelenlegi útvonaltervező alkalmazásoknak kerékpáros tervezés szempontjából? Kérem, egy választ jelöljön be!
- ☐ nem képesek kifejezetten kerékpáros útvonaltervezésre (nem követik a kerékpárutak nyomvonalát)
 - ☐ kevés a beállítási lehetőség a személyre szabhatósághoz
 - ☐ a kerékpáros infrastruktúra kevés tulajdonságát veszik figyelembe
 - ☐ egyéb, és pedig:

- 19) Ha kerékpáros utazásához útvonaltervező alkalmazást használna, milyen szempontok szerinti beállítást/szűrést tartana fontosnak, illetve milyen egyéb, a kerékpározással összefüggő szolgáltatás megjelenését tartana fontosnak? Kérem, a felsorolt lehetőségek mindegyikét osztályozza 1-3 között! (1 – nem fontos, 2 – közepesen fontos, 3 – rendkívül fontos)

Beállítási szempontok	1	2	3
legrövidebb eljutási idő			
legbiztonságosabb útvonal			
legkevésbé fárasztó (kevés emelkedő)			
legtöbb kalóriát elégető			
legtisztább levegőjű útszakasz			
kerékpáros közlekedést is tartalmazó multimodális útvonalopció felkínálása			
Egyéb szolgáltatás	1	2	3
az alkalmazás jegyezze meg profilom			
az alkalmazás kövesse mozgásomat, nyújtson helyfüggő információkat			
kerékpár tárolási információk megjelenítése			
tájékoztatás kiegészítő szolgáltatásokhoz (pl.: szervizek, pihenőhelyek, üzletek nyitva tartása, szolgáltatásai)			
többi alternatívával összehasonlítás (pl.: autó, közösségi közlekedés)			

- 20) Mennyi időt lenne hajlandó eltölteni a személyre szabási beállításokkal, annak érdekében, hogy az Önnek leginkább megfelelő útvonalajánlatot kapja? Kérem, egy választ jelöljön be!

- ☐ 2 percnél kevesebb
☐ 2-5 perc
☐ 5-10 perc
☐ 10 percnél is többet

- 21) Milyen gyakran használna valós idejű adatokat használó (pl.: aktuális időjárás, útállapot, forgalomnagyság) kerékpárosoknak szóló **útvonaltervező alkalmazást**? Kérem, egy választ jelöljön be!

- ☐ rendszeresen, legtöbb utazásom előtt
☐ gyakran, kb. az utazásaim felénél
☐ csak új, számomra ismeretlen útvonalak használatakor
☐ nem használnám

- 22) Mennyire tartaná hasznosnak **kerékpáros navigációs rendszerek** elterjesztését (kerékpárra rögzíthető képernyő, élőszavas tájékoztatás fülhallgatón keresztül)? Kérem, az alábbi válaszlehetőségek közül azt az egyet jelölje be, amely a legközelebb áll Önhöz!

- ☐ jó ötlet, rendszeresen használnám
☐ jó ötlet, de nem használnám
☐ közömbös vagyok
☐ rossz ötlet, feleslegesnek tartom
☐ rossz ötlet, veszélyesnek tartom

- 23) Mennyire tartaná hasznosnak kerékpárosoknak szóló **útmenti változtatható jelzésképű táblák** telepítését (feltüntethető információk például: eljutási idő, időjárási információk, útállapot)? Kérem, az alábbi tulajdonságok közül azt az egyet jelölje be, amely a legközelebb áll Önhöz!

- ☐ jó ötlet, örülnék neki
☐ közömbös vagyok
☐ rossz ötlet, feleslegesnek tartom

IV. Személyre vonatkozó általános kérdések:

Kérem mindegyik kérdésnél egy választ jelöljön meg!

24) Neme: Férfi Nő

25) Korcsoport:

- ☐ <18
- ☐ 18-30
- ☐ 30-50
- ☐ 50-65
- ☐ 65>

26) Foglalkoztatási státusz:

- ☐ tanuló
- ☐ alkalmazott
- ☐ vezető
- ☐ munkanélküli
- ☐ nyugdíjas
- ☐ egyéb, és pedig:

27) Legmagasabb iskolai végzettség:

- ☐ 8 általános
- ☐ érettségi
- ☐ szakképesítés
- ☐ diploma (BSc, MSc)
- ☐ egyéb, és pedig:

28) Az Ön lakóhelye (ahol legtöbbször kerékpározik):

- ☐ főváros
- ☐ nagyváros
- ☐ kisváros
- ☐ község vagy kisebb település

2. Függelék: Alkalmazott jelöléstechnika

Hálózati modell:

1. táblázat: Hálózati modellnél alkalmazott jelölések (forrás: saját kutatási eredmény)

Jelölés	Megnevezés	Értékkészlet
kV_i	csúcs jele	-
i	csúcs azonosító	$i = 1..n \ n \in N^+$
k	csúcs típus azonosító	$k = 1..9$
lE_j	él jele	-
j	él azonosító	$j = 1..n \ n \in N^+$
l	él típus azonosító	$l = 1..18$
G	multimodális közlekedési hálózat gráf	-
${}_AG$	gyalogos hálózat makro gráf	-
${}_BG$	kerékpáros hálózat makro gráf	-
${}_CG$	közösségi közlekedési hálózat makro gráf	-
${}_DG$	egyéni gépjárműves hálózat makro gráf	-
${}_{E\alpha}G$	mezo gráf jele	-
α	mezo gráf azonosító	$\alpha = 1..n \ n \in N^+$
${}_{F\beta}G$	mikro gráf jele	-
β	mikro gráf azonosító	$\beta = 1..n \ n \in N^+$

Útvonalértékelő eljárás:

2. táblázat: Útvonalértékelő eljárásánál alkalmazott jelölések (forrás: saját kutatási eredmény)

Jelölés	Megnevezés	Értékkészlet
${}^jq_\mu^\sigma$	sebességbefolyásoló tényező	0,5 - 1,5
j	él azonosító	$j = 1..n \ n \in N^+$
μ	sebességbefolyásoló tényező azonosító	$\mu = 1..10$
σ	a sebességbefolyásoló tényezőt befolyásoló tulajdonságok állapotainak jelölése	megegyezik az él tulajdonságok állapot jelölésével
Q_j	sebességbefolyásoló össz-tényező	N^+
x_m	felhasználói preferencia tényező	1 - 1000
m	a felhasználó preferencia tényező azonosító	él esetében: $m = 1..36$ csúcs esetében: $m = 37..41$
X_i	csúcs preferencia össz-tényező	N^+
X_j	él preferencia össz-tényező	N^+
r_v	átlagsebesség [m/s]	2,77 – 5,55
γ	átlagsebesség kategória azonosító	$\gamma = 1..5$
r_j	él ráfordításérték	N^+
d_j	él hossza [m]	N^+
w_j	keresztezési időveszteség jelzőlámpás irányítású él esetén [s]	1 - 60
r_i	csúcs ráfordításérték	N^+

3. Függelék: A kerékpáros hálózat él tulajdonságai

Az él tábla kódtáblái. A kódtáblák az élek tulajdonságainak értékkészletét/állapotait írják le.

A kerékpáros tábla kódtáblái: a táblák mezőnevei, adattípusai és leírásai (forrás: saját kutatási eredmény)

Tábla	Mezőnév	Adattípus	Leírás
fizikai állapot	ID	szöveg	az útfelület fizikai állapotának azonosítója
	leírás	szöveg	három állapot: I. jó; II. rossz; III. rendkívül rossz
időjárás okozta állapot	ID	szöveg	az útfelület időjárás okozta állapotának azonosítója
	leírás	szöveg	négy állapot: I. száraz, II. vizes, III. havas, IV. jeges
csapadék	ID	szöveg	csapadék helyzet azonosítója
	leírás	szöveg	két állapot: I. száraz, II. csapadékos
szél	ID	szöveg	szél viszonyok azonosítója
	leírás	szöveg	két állapot: a) szeles, b) szélcsend
közúti forgalom-nagyság	ID	szöveg	közúti forgalomnagyság azonosítója
	leírás	szöveg	három állapot: I. kis (<800 E/h), II. közepes (800 – 1800 E/h), III. nagy (>1800 E/h).
kerékpáros forgalom-nagyság	ID	szöveg	kerékpáros forgalomnagyság azonosítója
	leírás	szöveg	három állapot: I. kis (<60 krkp/h), II. közepes (60 – 250 krkp/h), III. nagy (>250 krkp/h).
gyalogos forgalom-nagyság	ID	szöveg	gyalogos forgalomnagyság azonosítója
	leírás	szöveg	három állapot: I. kis (<400 fő/h), II. közepes (400 – 1200 fő/h), III. nagy (>1200 fő/h).
parkolási művelet gyakoriság	ID	szöveg	gépjárműves parkolási műveletek gyakoriságának azonosítója
	leírás	szöveg	három állapot: I. ritka (várakozási idő >4 óra), II. átlagos (várakozási idő 1-4 óra), III. gyakori (várakozási idő <1 óra).
parkolóhely kialakítása	ID	szöveg	közúti parkolóhely kialakítás azonosítója
	leírás	szöveg	négy állapot: A) párhuzamos, B) ferde (30, 45, 60°-os) menetirány szerinti beállással, C) ferde (30, 45, 60°-os) menetiránnyal ellenkező beállással, D) merőleges.
forgalom-irányítás	ID	szöveg	forgalomirányítás azonosítója
	leírás	szöveg	négy állapot: A) jobbkéz, B1) jelzőtábla (alárendelt), B2) jelzőtábla (főlérendelt), C) jelzőlámpa
keresztvezető forgalom-nagyság	ID	szöveg	keresztvezető közúti forgalomnagyság azonosítója
	leírás	szöveg	három állapot: I. kis (<800 E/h), II. közepes (800 – 1800 E/h), III. nagy (>1800 E/h).
levegőminőség	ID	szöveg	levegőminőség azonosítója
	leírás	szöveg	kettő állapot: I. jó, II. rossz (nagy forgalmú utakon)

Az állapotok meghatározásának módja:

A forgalomnagyság intervallum értékeit az Útügyi Műszaki Előírás kerékpáros forgalom közúti forgalommal és gyalogosokkal történő szétválasztásához meghatározott adatok, és szakértői konzultációk alapján határoztam meg. A forgalomnagyság értékeit független változóként definiáltam, azaz figyelmen kívül hagytam az út típusát, a pontos forgalom összetételét. A meghatározott kategóriákhoz rendelt számértékek a forgalomnagyság attribútum reprezentálását szolgálják; forgalomszámlások elvégzésével a kategória határok finomíthatók. A közúti forgalomnagyság elméleti mértékadó maximum forgalom nagyság

értéke 1800 E/h. Az ezt meghaladó forgalomnagyság esetén a forgalomnagyság intenzív nagyságú. Kerékpáros forgalomnagyság kategóriák esetében Budapesten, a Múzeum körúton elhelyezett számláló értékeit is figyelembe vettem, feltételezve, hogy a Múzeum körúti irány nagy kerékpáros forgalmúnak számít. A gyalogos forgalomnagyság felső korlátjának meghatározása szakértői konzultáció eredménye.

A forgalomirányítás minden keresztező szakasznál értelmezett tulajdonság. Négy állapotot különböztettem meg a lehetséges forgalomirányítási módoknak megfelelően:

- A) jobbkéz
- B1) jelzőtábla (alárendelt irány, vagyis elsőbbséget kell adni),
- B2) jelzőtábla (fölé rendelt irány, vagyis elsőbbsége van adott élen közlekedő járműnek),
- D) jelzőlámpa – az alá-, fölérendeltségi viszony megkülönböztetésére nincs szükség; a 'keresztezési idővesztés' tulajdonság időértéke elegendő.

A parkolási műveletek gyakorisága a várakozási idő hosszával arányos. Ha a jellemzően 1 óránál kevesebbet várakoznak a járművek egy helyen, az nagy parkolási művelet gyakoriságnak számít, ha négy óránál többet az ritka műveleti gyakoriságnak

A levegőminőség a levegőben lévő szállópor nagyságának függvényében változó tulajdonság. Azonban a nagy közúti forgalomnagyságú utakat is a rossz levegőminőségű állapotba soroltam be, mivel a kerékpáros ekkor folyamatosan a gépjárművek által kibocsátott káros anyag között kénytelen haladni. Harmadik állapotot nem különböztettem meg, ez az állapot a szmog riadó figyelmeztetési fokozata lenne. Ebben az esetben feltételeztem, hogy a kerékpárosok már nem kerékpároznak.

4. Függelék: Személyre szabható csúcs és él tulajdonságok

Személyre szabható beállítások és zavaró beállítási lehetőségének számértéke (forrás: saját kutatási eredmény)

Kategória	Beállítások		„Zavaró” számérték
	Megnevezés	Jele	
úttípus	kerékpárút (önálló)	x_1	1,09
	kerékpárút, járdától sávval elválasztva	x_2	1,35
	kerékpárút, járdától sávelválasztás nélkül	x_3	1,55
	kerékpársáv	x_4	1,22
	kerékpárnyom	x_5	1,38
	kerékpáros és autóbuszsáv	x_6	1,44
	egyirányú utca kerékpárosoknak ellenkező irányú behajtással	x_7	1,35
	főút	x_8	1,53
	főút, szélen vezetett önálló buszsávval	x_9	1,54
domborzat	meredek emelkedő	x_{10}	1,54
	közepesen meredek emelkedő	x_{11}	1,39
	meredek lejtő	x_{12}	1,43
útállapot	rossz fizikai útállapot	x_{13}	1,66
	rendkívül rossz fizikai útállapot	x_{14}	1,7*
	vizes	x_{15}	1,48
	havas	x_{16}	1,73
	jeges	x_{17}	1,88
időjárás	alacsony hőmérséklet	x_{18}	1,58
	magas hőmérséklet	x_{19}	1,51
	eső	x_{20}	1,76
	erős szél	x_{21}	1,68
forgalom	nagy közúti forgalom	x_{22}	1,65
	nagy kerékpáros forgalom	x_{23}	1,52
	nagy gyalogos forgalom	x_{24}	1,78
közúti parkoló helyek kialakítása	párhuzamosan parkoló autók	x_{25}	1,43
	ferdén előre parkoló autók	x_{26}	1,50
	ferdén tolatva parkoló autók	x_{27}	1,40
	merőlegesen parkoló autók	x_{28}	1,45
keresztezés	nagy forgalmú út keresztezése	x_{29}	1,73
	jobbkezes keresztezés	x_{30}	1,46
	jelzőtáblával irányított keresztezés	x_{31}	1,38
	2 sáv keresztezése	x_{32}	1,49
	3 sáv keresztezése	x_{33}	1,64
	3-nál több sáv keresztezése	x_{34}	1,73
egészség	vágány keresztezése	x_{35}	1,44
	rossz levegőminőség	x_{36}	1,4*
tároló	közösségi kerékpártároló szükségessége	x_{37}	0,8*
	szabad kerékpártároló szükségessége	x_{38}	
POI	ivókút szükségessége	x_{39}	
	kerékfelfújás lehetőség szükségessége	x_{40}	
	szerviz lehetőség szükségessége	x_{41}	

* a kérdőív alapján nem alátámasztható, becslött érték;

5. Függelék: A felhasználói kategóriák beállítási értékei

A felhasználói kategóriák beállítási értékei (forrás: saját kutatási eredmény)

Beállítás		Választható lehetőség kategóriánként				
Jele	Megnevezés	Vakmerő	Profi	Gyakorlott	Családi	Óvatos
x_1	kerékpárút (önálló)	közömbös	közömbös	közömbös	közömbös	közömbös
x_2	kerékpárút (gyalogúttól sávval elválasztva)	zavaró	zavaró	közömbös	közömbös	közömbös
x_3	kerékpárút (sávelválasztás nélkül közös)	zavaró	zavaró	zavaró	közömbös	közömbös
x_4	kerékpársáv	közömbös	közömbös	közömbös	közömbös	közömbös
x_5	kerékpárnyom	közömbös	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró
x_6	kerékpáros és autóbusszav	közömbös	közömbös	közömbös	zavaró	kizáró
x_7	egyirányú utca kerékpárosoknak ellenkező irányú behajtással	közömbös	közömbös	közömbös	közömbös	közömbös
x_8	főút	közömbös	zavaró	zavaró	zavaró	kizáró
x_9	főút, szélen vezetett önálló buszsávval	közömbös	zavaró	zavaró	kizáró	kizáró
x_{10}	meredek emelkedő	közömbös	zavaró	zavaró	kizáró	kizáró
x_{11}	közepesen meredek emelkedő	közömbös	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró
x_{12}	meredek lejtő	közömbös	közömbös	közömbös	közömbös	zavaró
x_{13}	rossz fizikai útállapot	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró	zavaró
x_{14}	rendkívül rossz fizikai útállapot	közömbös	zavaró	zavaró	zavaró	kizáró
x_{15}	vizes útfelület	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró	kizáró
x_{16}	havas útfelület	közömbös	zavaró	zavaró	kizáró	kizáró
x_{17}	jeges útfelület	zavaró	kizáró	kizáró	kizáró	kizáró
x_{18}	alacsony hőmérséklet	közömbös	közömbös	zavaró	kizáró	kizáró
x_{19}	magas hőmérséklet	közömbös	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró
x_{20}	eső	közömbös	közömbös	zavaró	kizáró	kizáró
x_{21}	erős szél	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró	kizáró
x_{22}	nagy közúti forgalom	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró	kizáró
x_{23}	nagy kerékpáros forgalom	zavaró	közömbös	közömbös	közömbös	közömbös
x_{24}	nagy gyalogos forgalom	kizáró	zavaró	zavaró	közömbös	közömbös
x_{25}	párhuzamosan parkoló autók	közömbös	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró
x_{26}	ferdén előre parkoló autók	közömbös	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró
x_{27}	ferdén tolatva parkoló autók	közömbös	közömbös	közömbös	közömbös	zavaró
x_{28}	merőlegesen parkoló autók	közömbös	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró
x_{29}	nagy forgalmú út keresztezése	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró	zavaró
x_{30}	jobbkezes keresztezés	közömbös	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró
x_{31}	jelzőtáblával irányított keresztezés	közömbös	közömbös	közömbös	közömbös	zavaró
x_{32}	2 sáv keresztezése	közömbös	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró
x_{33}	3 sáv keresztezése	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró	zavaró
x_{34}	3-nál több sáv keresztezése	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró	zavaró
x_{35}	vágány keresztezése	közömbös	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró
x_{36}	rossz levegőminőség	közömbös	közömbös	zavaró	zavaró	kizáró

Alapértelmezett beállítás

6. Függelék: Személyre szabás adatmodellje

A felhasználói preferencia adatbázis két féle adatszerkezete:

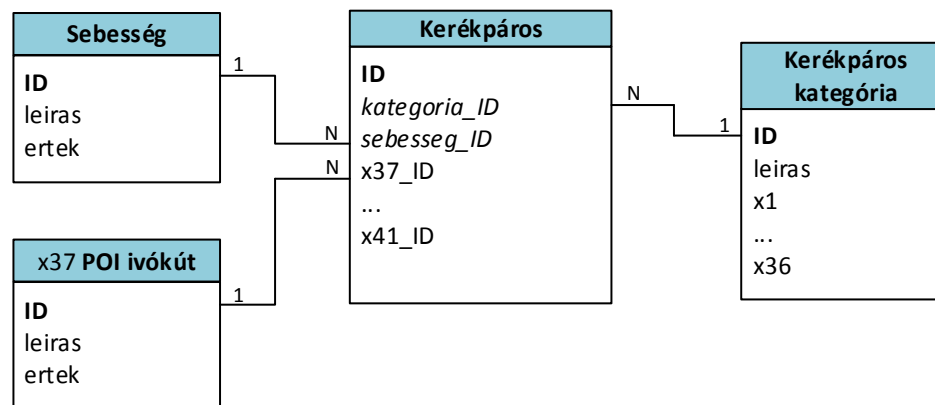
1. kerékpáros kategória beállítás esetén
2. minden részlet beállítása esetén

1. Adatszerkezet kerékpáros kategória beállítás esetén:

A kategória kiválasztásnál a 'Kerékpáros' tábla a főtábla, amely a kerékpáros adott utazásra vonatkozó jellemzőit/beállításait tárolja. Segédtablái a

- 'Kerékpáros Kategória' tábla, amely az egyes kerékpáros kategóriák azonosítóját, leírását, és az élekre jellemző személyre szabható beállítási lehetőség értékeit ($x_1 - x_{36}$) tartalmazza [közömbös, zavaró, kizáró],
- a csúcsra vonatkozó segédtablák (POI és tárolóhelyek beállításai) – felépítésük megegyezik (ID, leírás, érték), ezért csak 'POI ivókút' segédtablát ábrázoltam. Értékkészletük: [közömbös, zavaró],
- a 'Sebesség' segédtábla, amely a felhasználó által kiválasztott, az értékelő algoritmus számítása során alkalmazott sebesség kategóriát és értéket tartalmazza.

Adatmodell:



1. ábra: Felhasználó preferencia adatbázis adatszerkezete kerékpáros kategória beállítás választása esetében
(forrás: saját kutatási eredmény)

Adattábla:

Felhasználó preferencia adatbázis táblái, a táblák mezőnevei, adattípusai és leírásai kerékpáros kategória beállítás választása esetében (forrás: saját kutatási eredmény)

Tábla	Mezőnév	Adattípus	Leírás
Kerékpáros	ID	számláló	
	kategoria_ID	szöveg	kerékpáros kategória azonosítója
	sebesség_ID	szöveg	sebesség kategória azonosítója
	x_{37_ID}	szöveg	ivókút szükségességének személyre szabás lehetőség azonosítója
	x_{38_ID}	szöveg	szervíz szükségességének személyre szabás lehetőség azonosítója
	x_{39_ID}	szöveg	kerékkécske szükségességének személyre szabás lehetőség azonosítója
	x_{40_ID}	szöveg	kerékpár tárolóhely szükségességének személyre szabás azonosítója
Kerékpáros kategória	x_{41_ID}	szöveg	közösségi kerékpártároló szükségességének személyre szabás azonosítója
	ID	szöveg	
	leiras	szöveg	kategória megnevezése
	x_1	szám	él tulajdonságok személyre szabási beállításainak lehetőség [közömbös, zavaró, kizáró] számértéke
x_{37} POI ivókút	...	...	
	x_{36}	szám	
	ID	szöveg	
Sebesség	leiras	szöveg	Az ivókút szükségességének személyre szabási beállítási lehetőségének megnevezése
	érték	szám	közömbös, szükséges lehetőséghez tartozó számérték
	ID	szöveg	
Sebesség	leiras	szöveg	sebesség kategória neve
	érték	szám	10 – 20 km/h között a sebesség kategória szerint

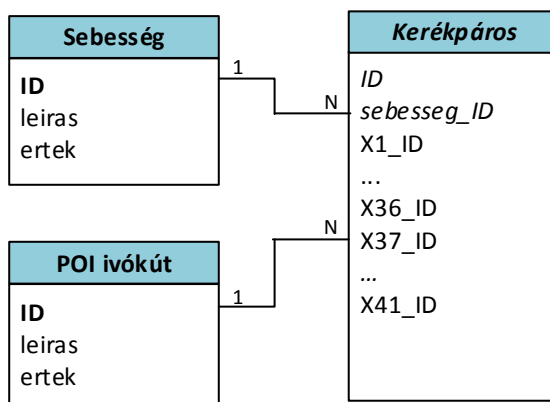
2. Adatszerkezet minden részlet beállítása esetén:

A minden részlet beállítása esetén a 'Kerékpáros' tábla a fő tábla, amely a kerékpáros adott utazásra vonatkozó jellemzőit/beállításait tárolja. Segéd táblái a

- a 'Sebesség' segéd tábla, amely a felhasználó által kiválasztott, az értékelő algoritmus számítása során alkalmazott sebesség kategóriát és értéket tartalmazza.
- az él tulajdonságokat személyre szabó beállítások segéd táblái (minden beállításnak külön segéd tábla (36 db)),
- a csúcstulajdonságokat személyre szabó beállítások segéd táblái (minden beállításnak külön segéd tábla (5 db)),

A segéd táblák felépítése megegyezik (ID, leírás, érték), ezért csak 'POI ivókút' segéd táblát ábrázoltam. A segéd táblák értékkészlete: $x_1 - x_{36}$ esetében közömbös, zavaró, kizáró; $x_{37} - x_{41}$ esetében közömbös, szükséges

Adatmodell:



1. ábra: Felhasználó preferencia adatbázis adatszerkezete minden részlet beállítás választása esetében
(forrás: saját kutatási eredmény)

Adattábla:

Tábla	Mezőnév	Adattípus	Leírás
Kerékpáros	ID	számláló	
	sebesseg_ID	szöveg	sebesség kategória azonosítója
	x ₁ _ID	szöveg	kerékpárút (önálló) úttípus használatának zavaró hatásának személyre szabás azonosítója
	...	...	
	x ₄₁ _ID		közösségi kerékpártároló szükségességének személyre szabás azonosítója
x ₃₇ POI ivókút	ID	szöveg	
	leiras	szöveg	Az ivókút szükségességének személyre szabási beállítási lehetőségének megnevezése
	érték	szám	közömbös, szükséges lehetőséghez tartozó számérték
Sebesség	ID	szöveg	
	leiras	szöveg	sebesség kategória neve
	érték	szám	10 – 20 km/h között a sebesség kategória szerint

7. Függelék: Sebességbefolyásoló tényezők számítási módja

1-nél kisebb értékű sebességbefolyásoló tényező sebességcsökkenést, 1-nél nagyobb értékű tényező sebességnövekedést generál. 1-es értékű sebességbefolyásoló tényező nem befolyásolja a sebességet. Ilyen esetben a tényező által kifejtett „negatív” tulajdonság nem jellemzi az adott élt. A tényezők értékei:

- q_1 Az emelkedés százalékban kifejezett mértéke (e [%]) átváltásra kerül:

- emelkedőnél: $q_1 = 1 - \frac{e}{100}$ (5.3). Ekkor $q_1 < 1$,

- lejtőnél: $q_1 = 1 + \frac{e}{100}$ (5.4). Ekkor $q_1 > 1$.

Egyszerűsítésként lineáris sebességbefolyásolást feltételeztem. A gyorsulási faktort, légellenállást, emberi faktort (pl.: fokozatos fáradás emelkedőnél) figyelmen kívül hagytam.

- q_2 az útfelület fizikai állapota él tulajdonság alapján:

- jó $q_2^I = 1$;

- rossz $q_2^{II} = 0,8$;

- nagyon rossz $q_2^{III} = 0,5$

- q_3 időjárás okozta útállapot él tulajdonság alapján:

- száraz $q_3^I = 1$;

- vizes $q_3^{II} = 0,8$;

- havas $q_3^{III} = 0,6$;

- jeges $q_3^{IV} = 0,4$.

- q_4 az adott élen jelentkező időjárási jellemző (hőmérséklet, a csapadék és a szél él tulajdonság) hatásának együttes függvénye. A tényező alakulását az 1. táblázat mutatja be. Például: $q_4^{I,a,A}$ esetében száraz idő van, szélcsend, és a levegő 10 °C-nál alacsonyabb hőmérsékletű.

1. táblázat: q_4 tényező alakulása (forrás: saját kutatási eredmény)

Csapadék		Szél		Hőmérséklet		
				A	B	C
				<10 °C	11-30 °C	>31 °C
I	száraz	a	szélcsend	$q_4^{I,a,A} = 0,8$	$q_4^{I,a,B} = 1$	$q_4^{I,a,C} = 0,95$
		b	erős szél	$q_4^{I,b,A} = 0,75$	$q_4^{I,b,B} = 0,85$	$q_4^{I,b,C} = 0,9$
II	csapadékos	a	szélcsend	$q_4^{II,a,A} = 0,7$	$q_4^{II,a,B} = 0,8$	$q_4^{II,a,C} = 0,75$
		b	erős szél	$q_4^{II,b,A} = 0,6$	$q_4^{II,b,B} = 0,7$	$q_4^{II,b,C} = 0,65$

- q_5 a közúti forgalomnagyság és az éltípus függvénye. A tényező alakulását az 2. táblázat mutatja be. Azon éltípusoknál releváns, ahol a kerékpáros a közúti forgalomban halad (1-4, 6-8, 15 éltípus), más éltípus esetén $q_5 = 1$.

2. táblázat: q_5 tényező alakulása (forrás: saját kutatási eredmény)

Forgalom-nagyság		Éltípus							
		1	2	3	4	6	7	8	15
I	nagy	$q_5^{I,1} = 0,93$	$q_5^{I,2} = 0,7$	$q_5^{I,3} = 0,91$	$q_5^{I,4} = 0,83$	$q_5^{I,6} = 0,85$	$q_5^{I,7} = 0,93$	$q_5^{I,8} = 0,93$	$q_5^{I,15} = 0,91$
II	közepes	$q_5^{II,1} = 0,96$	$q_5^{II,2} = 0,8$	$q_5^{II,3} = 0,97$	$q_5^{II,4} = 0,97$	$q_5^{II,6} = 0,88$	$q_5^{II,7} = 0,95$	$q_5^{II,8} = 0,97$	$q_5^{II,15} = 0,94$
III	kis	$q_5^{III,1} = 0,99$	$q_5^{III,2} = 0,93$	$q_5^{III,3} = 0,98$	$q_5^{III,4} = 0,99$	$q_5^{III,6} = 0,97$	$q_5^{III,7} = 0,97$	$q_5^{III,8} = 0,99$	$q_5^{III,15} = 0,99$

- q_6 a kerékpáros forgalomnagyság és az éltípus függvénye. A tényező alakulását az 3. táblázat mutatja be.

3. táblázat: q_6 tényező alakulása (forrás: saját kutatási eredmény)

Forgalom-nagyság		Éltípus											
		1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	15	16
I	nagy	$q_6^{I,1} = 0,97$	$q_6^{I,2} = 0,92$	$q_6^{I,3} = 0,85$	$q_6^{I,4} = 0,85$	$q_6^{I,6} = 0,93$	$q_6^{I,7} = 0,97$	$q_6^{I,8} = 0,8$	$q_6^{I,9} = 0,93$	$q_6^{I,10} = 0,88$	$q_6^{I,11} = 0,85$	$q_6^{I,15} = 0,97$	$q_6^{I,16} = 0,93$
II	közepes	$q_6^{II,1} = 0,98$	$q_6^{II,2} = 0,94$	$q_6^{II,3} = 0,9$	$q_6^{II,4} = 0,85$	$q_6^{II,6} = 0,96$	$q_6^{II,7} = 0,98$	$q_6^{II,8} = 0,85$	$q_6^{II,9} = 0,96$	$q_6^{II,10} = 0,93$	$q_6^{II,11} = 0,91$	$q_6^{II,15} = 0,98$	$q_6^{II,16} = 0,96$
III	kis	$q_6^{III,1} = 0,99$	$q_6^{III,2} = 0,96$	$q_6^{III,3} = 0,97$	$q_6^{III,4} = 0,97$	$q_6^{III,6} = 0,99$	$q_6^{III,7} = 0,99$	$q_6^{III,8} = 0,93$	$q_6^{III,9} = 0,99$	$q_6^{III,10} = 0,97$	$q_6^{III,11} = 0,97$	$q_6^{III,15} = 0,99$	$q_6^{III,16} = 0,99$

- q_7 a gyalogos forgalomnagyság és az éltípus függvénye. Azon éltípusoknál releváns, ahol a kerékpáros a gyalogosokkal egy/közel egy útfelületen halad (9, 10 éltípus), más éltípus esetén $q_7 = 1$. q_7 tényező alakulását a 4. táblázat mutatja be.

4. táblázat: q_7 tényező alakulása (forrás: saját kutatási eredmény)

Forgalom-nagyság		Éltípus	
		9	10
I.	nagy	$q_7^{I,9} = 0,85$	$q_7^{I,10} = 0,7$
II.	közepes	$q_7^{II,9} = 0,95$	$q_7^{II,10} = 0,8$
III.	kis	$q_7^{III,9} = 0,97$	$q_7^{III,10} = 0,88$

- q_8 a parkolóhelyek kialakításának és a parkolási műveletek gyakoriságának függvénye. A tényező alakulását az 5. táblázat mutatja be. Azon éltípusoknál releváns, ahol a kerékpáros a közúti forgalomban halad (8-15 éltípus). Más éltípus esetén, vagy ahol nincs kialakított parkolóhely $q_8 = 1$. A parkolási műveletek (beállítás/kiállítás, beszállás/kiszállás) lassíthatják a kerékpárost.

5. táblázat: q_8 tényező alakulása (forrás: saját kutatási eredmény)

parkolási művelet gyakorisága		parkolóhely kialakítás			
		A	B	C	D
		párhuzamos	ferde (menetirány szerinti)	ferde (menetiránnyal szembeni)	merőleges
I	gyakori	$q_8^{I,A} = 0,9$	$q_8^{I,B} = 0,85$	$q_8^{I,C} = 0,95$	$q_8^{I,D} = 0,95$
II	átlagos	$q_8^{II,A} = 0,94$	$q_8^{II,B} = 0,9$	$q_8^{II,C} = 0,97$	$q_8^{II,D} = 0,97$
III	ritka	$q_8^{III,A} = 0,98$	$q_8^{III,B} = 0,95$	$q_8^{III,C} = 0,98$	$q_8^{III,D} = 0,98$

- q_9 a sávok számától, a keresztezendő forgalom nagyságától, a forgalomirányítás módjától, valamint vágányokon való áthaladástól függ. A tényező alakulását a 6. táblázat mutatja be. Nem keresztező él esetén $q_9 = 1$; kijelölt gyalogátkelőhely keresztezésénél $q_9 = 0,9$.

6. táblázat: q_9 tényező alakulása (forrás: saját kutatási eredmény)

Sáv szám		Forgalom-nagyság		Sín van-e		Forgalomirányítás			
						A	B1	B2	C
						jobbkéz	jelzőtábla (alárendelt)	jelzőtábla (főlérendelt)	jelzőlámpa
1	1 sáv	I	kis	a	igen	$q_9^{1,I,a,A} = 0,88$	$q_9^{1,I,a,B1} = 0,89$	$q_9^{1,I,a,B2} = 0,9$	$q_9^{1,I,a,C} = 0,91$
				b	nem	$q_9^{1,I,b,A} = 0,96$	$q_9^{1,I,b,B1} = 0,97$	$q_9^{1,I,b,B2} = 0,98$	$q_9^{1,I,b,C} = 0,99$
		II	közepes	a	igen	$q_9^{1,II,a,A} = 0,86$	$q_9^{1,II,a,B1} = 0,88$	$q_9^{1,II,a,B2} = 0,89$	$q_9^{1,II,a,C} = 0,9$
				b	nem	$q_9^{1,II,b,A} = 0,94$	$q_9^{1,II,b,B1} = 0,96$	$q_9^{1,II,b,B2} = 0,97$	$q_9^{1,II,b,C} = 0,98$
		III	nagy	a	igen	$q_9^{1,III,a,A} = 0,83$	$q_9^{1,III,a,B1} = 0,85$	$q_9^{1,III,a,B2} = 0,86$	$q_9^{1,III,a,C} = 0,88$
				b	nem	$q_9^{1,III,b,A} = 0,92$	$q_9^{1,III,b,B1} = 0,94$	$q_9^{1,III,b,B2} = 0,95$	$q_9^{1,III,b,C} = 0,96$
2	2 sáv	I	kis	a	igen	$q_9^{2,I,a,A} = 0,82$	$q_9^{2,I,a,B1} = 0,84$	$q_9^{2,I,a,B2} = 0,86$	$q_9^{2,I,a,C} = 0,87$
				b	nem	$q_9^{2,I,b,A} = 0,9$	$q_9^{2,I,b,B1} = 0,92$	$q_9^{2,I,b,B2} = 0,94$	$q_9^{2,I,b,C} = 0,95$
		II	közepes	a	igen	$q_9^{2,II,a,A} = 0,81$	$q_9^{2,II,a,B1} = 0,83$	$q_9^{2,II,a,B2} = 0,85$	$q_9^{2,II,a,C} = 0,86$
				b	nem	$q_9^{2,II,b,A} = 0,89$	$q_9^{2,II,b,B1} = 0,91$	$q_9^{2,II,b,B2} = 0,93$	$q_9^{2,II,b,C} = 0,94$
		III	nagy	a	igen	$q_9^{2,III,a,A} = 0,77$	$q_9^{2,III,a,B1} = 0,79$	$q_9^{2,III,a,B2} = 0,8$	$q_9^{2,III,a,C} = 0,82$
				b	nem	$q_9^{2,III,b,A} = 0,87$	$q_9^{2,III,b,B1} = 0,89$	$q_9^{2,III,b,B2} = 0,91$	$q_9^{2,III,b,C} = 0,92$
3	3 sáv	I	kis	a	igen	$q_9^{3,I,a,A} = 0,79$	$q_9^{3,I,a,B1} = 0,81$	$q_9^{3,I,a,B2} = 0,83$	$q_9^{3,I,a,C} = 0,84$
				b	nem	$q_9^{3,I,b,A} = 0,89$	$q_9^{3,I,b,B1} = 0,91$	$q_9^{3,I,b,B2} = 0,93$	$q_9^{3,I,b,C} = 0,94$
		II	közepes	a	igen	$q_9^{3,II,a,A} = 0,78$	$q_9^{3,II,a,B1} = 0,8$	$q_9^{3,II,a,B2} = 0,82$	$q_9^{3,II,a,C} = 0,83$
				b	nem	$q_9^{3,II,b,A} = 0,88$	$q_9^{3,II,b,B1} = 0,9$	$q_9^{3,II,b,B2} = 0,92$	$q_9^{3,II,b,C} = 0,93$
		III	nagy	a	igen	$q_9^{3,III,a,A} = 0,77$	$q_9^{3,III,a,B1} = 0,79$	$q_9^{3,III,a,B2} = 0,81$	$q_9^{3,III,a,C} = 0,82$
				b	nem	$q_9^{3,III,b,A} = 0,87$	$q_9^{3,III,b,B1} = 0,89$	$q_9^{3,III,b,B2} = 0,91$	$q_9^{3,III,b,C} = 0,92$
4	3+ sáv	I	kis	a	igen	$q_9^{4,I,a,A} = 0,76$	$q_9^{4,I,a,B1} = 0,78$	$q_9^{4,I,a,B2} = 0,8$	$q_9^{4,I,a,C} = 0,81$
				b	nem	$q_9^{4,I,b,A} = 0,86$	$q_9^{4,I,b,B1} = 0,88$	$q_9^{4,I,b,B2} = 0,9$	$q_9^{4,I,b,C} = 0,91$
		II	közepes	a	igen	$q_9^{4,II,a,A} = 0,75$	$q_9^{4,II,a,B1} = 0,77$	$q_9^{4,II,a,B2} = 0,79$	$q_9^{4,II,a,C} = 0,8$
				b	nem	$q_9^{4,II,b,A} = 0,85$	$q_9^{4,II,b,B1} = 0,87$	$q_9^{4,II,b,B2} = 0,89$	$q_9^{4,II,b,C} = 0,9$
		III	nagy	a	igen	$q_9^{4,III,a,A} = 0,74$	$q_9^{4,III,a,B1} = 0,76$	$q_9^{4,III,a,B2} = 0,78$	$q_9^{4,III,a,C} = 0,79$
				b	nem	$q_9^{4,III,b,A} = 0,84$	$q_9^{4,III,b,B1} = 0,86$	$q_9^{4,III,b,B2} = 0,88$	$q_9^{4,III,b,C} = 0,89$

8. Függelék: Zavaró beállítási lehetőség számértéke

A kérdőívben a kitöltőnek adott él tulajdonság zavaró hatását kellett értékelni 1-3, vagy 1-5 skálán. A számértékek meghatározásának lépései:

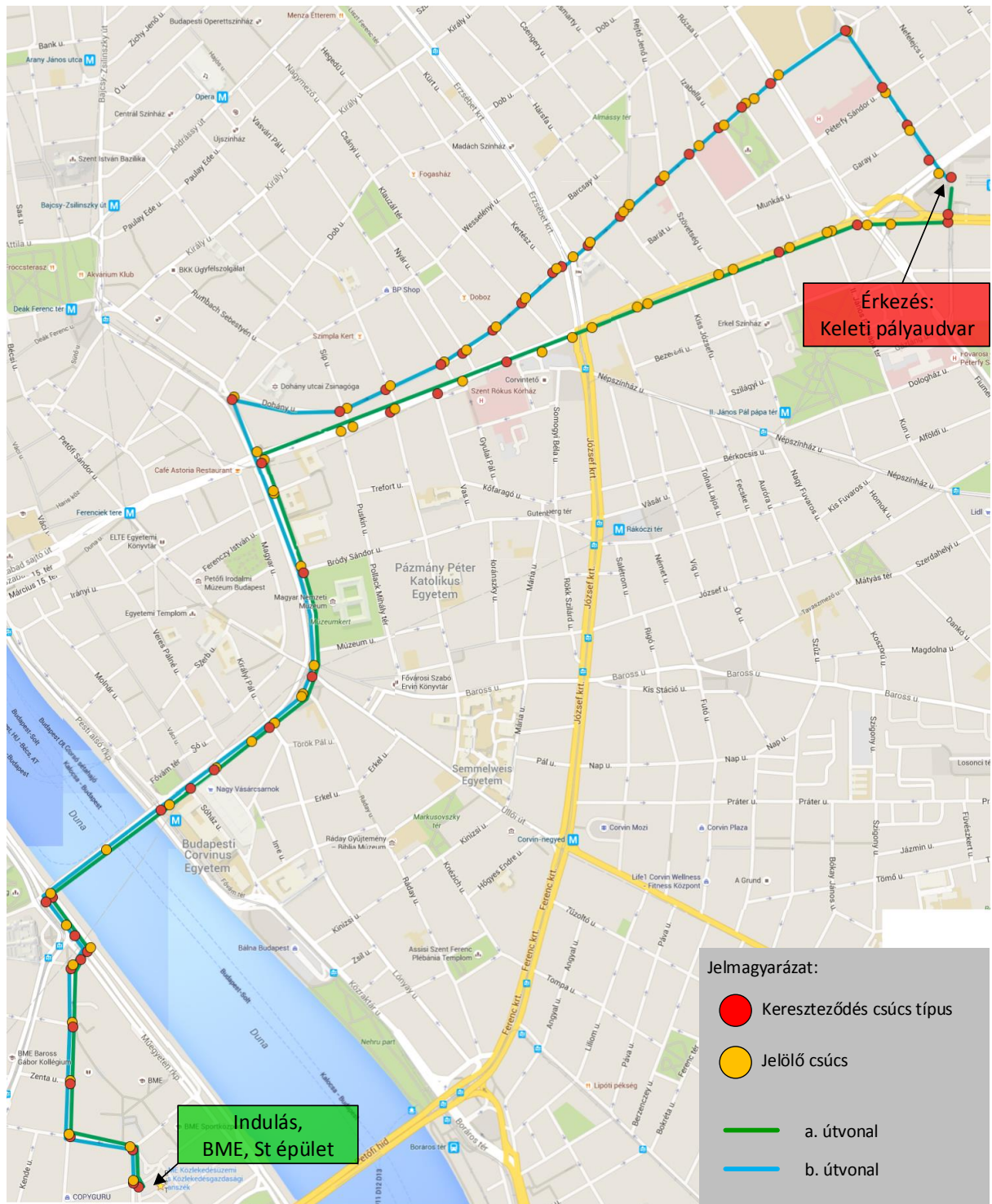
1. az összes kitöltő választát, a skálák pontszáma szerint összesítettem,
2. összesített értéket súlyoztam a skála adott pontszámaival (1,2,3,4,5),
3. a súlyozott értékeket összeadtam,
4. az összeadott súlyozott értéket osztottam a válaszadók számával,
5. az így meghatározott értéket osztottam a skála tagjainak számával (3 vagy 5),
6. az így kapott számhoz hármas skála esetében 1-et hozzáadtam, ötös skála esetében előbb a szám reciprokját vettem. A reciprok vételhez a hármas és ötös skála pontjaink eltérő jelentése miatt volt szükség. Az így kapott számérték lesz a zavaró beállítás értéke.

A lépések szemléltetése példán a 'meredek emelkedő' beállítás zavaró beállítási lehetőségéhez tartozó számérték meghatározásán keresztül:

1. 356 db 1 – közömbös vagyok, 320 db 2 – megpróbálom elkerülni, 75 db – 3 – biztosan elkerülöm válasz érkezett
2. súlyozott értékek: $356 \cdot 1 = 356$; $320 \cdot 2 = 640$; $75 \cdot 3 = 225$
3. súlyozott értékek összege: $356 + 320 + 225 = 1221$
4. súlyozott érték és válaszadók számának hányadosa: $1221 / 751 = 1,62$
5. skála tagjainak számával osztás: $1,62 / 3 = 0,54$
6. 1 hozzáadásával: $1 + 0,54 = 1,54$

A válaszadók személyes jellemzőit, kerékpáros szokásait, valamint a tulajdonságok egymáshoz képesti súlyát a zavaró tényezők számértékének meghatározásánál a kutatás ezen fázisában nem vettem figyelembe.

9. Függelék: Példaterület



Példaterület (forrás: saját kutatási eredmény)