Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék

Innovatív közlekedési rendszerek és szolgáltatások fejlesztése

Ph.D. értekezés

Szerző:

Földes Dávid
okleveles közlekedésmérnök

Témavezető:

Dr. Csiszár Csaba, Ph.D.
egyetemi docens

Budapest, 2019.

Nyilatkozat

Alulírott Földes Dávid kijelentem, hogy ezen Ph.D. értekezést magam készítettem, csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, amelyet szó szerint, vagy azonos tartalomban, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen a forrás megadásával megjelöltem.

Budapest, 2019.04.24.

.....

Földes Dávid

Tartalomjegyzék

1 Bevezetés ... 1
2 Kutatási téma ... 2
2.1 Téma aktualitás, fogalmak definiálása ... 2
2.2 Célkitűzés ... 5
3 Irodalmi áttekintés ... 7
3.1 Okos közlekedés ... 7
3.2 Közforgalmú közúti mobilitási szolgáltatások automatizálása ... 8
3.3 Útvonalértékelés ... 13
4 Alkalmazott kutatási módszerek ... 16
4.1 Általános módszerek ... 16
4.2 Információs rendszerek elemzési és modellezési módszere ... 17
5 Okos közlekedési (smart mobility) rendszer modellje ... 20
5.1 Szerkezeti modell ... 22
5.2 Funkcionális modell ... 23
5.3 Az okos utazó (smart traveller) információkezelési modellje ... 25
6 Autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás modellje ... 29
6.1 Mobilitási szolgáltatás típusok ... 30
6.2 Szerkezeti modell ... 35
6.3 Működési modell ... 38
6.4 Felhasználói elvárások ... 39
6.5 Hatások ... 41
7 Autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás tervezési és üzemeltetési információs rendszer modellje ... 48
7.1 Tervezés ... 49
7.2 Üzemeltetés ... 56
8 Közforgalmú közúti mobilitási szolgáltatások automatizálási lehetőségeit értékelő módszerek ... 63
8.1 Komplex automatizálási szint ... 63
8.2 Utaskezelési alfunkciók automatizálási fejlesztésének jelentősége ... 68
8.3 Szükséges utazói képességek változása ... 70
9 Utazástervezést támogató értékelő módszerek ... 76
9.1 Útvonaltervező alkalmazások személyre szabhatósága ... 77
9.2 Útvonaltervezés preferenciái ... 79
9.3 Személyközlekedési infrastruktúra hálózati modellje ... 86
9.4 Útvonalértékelő módszer fejlesztése ... 88
10 Új tudományos eredmények összefoglalása – tézisek ... 93
10.1 Tézisek ... 93
10.2 Tudományos eredmények hasznosíthatósága ... 99
10.3 Kutatás folytatása ... 99
Irodalomjegyzék ... 100
Felhasznált irodalom ... 101
Tézisekhez kapcsolódó saját publikációk ... 111
Fogalomtár ... 113
Ábrajegyzék ... 116
Táblázatjegyzék ... 117
Függelék ... 119
1. Függelék: Kérdőív – Elvárások az autonóm járműves mobilitási szolgáltatásokkal szemben ... 119
2. Függelék: Eredmény - Elvárások az autonóm járműves mobilitási szolgáltatásokkal szemben ... 126
3. Függelék: Eredmény - Mobilitási szolgáltatások komplex automatizálási szintjei ... 129
4. Függelék: Eredmény – Igényelt emberi képességek változása ... 131
5. Függelék: Eredmény – Útvonaltervező alkalmazások összehasonlítása ... 132
6. Függelék: Kérdőív – Elvárások a kerékpáros információs szolgáltatásokkal szemben ... 133
7. Függelék: Hálózati elemek típusai és tulajdonságaik ... 138
8. Függelék: Hálózati elemek személyre szabható tulajdonságai ... 141
9. Függelék: Útvonalértékelő módszer validálása ... 143

1 Bevezetés

Az infokommunikációs és járműtechnológiai fejlődés hatására a személyközlekedési rendszer nagymértékben átalakul, innovatív mobilitási szolgáltatások jelennek meg. A fenntartható közlekedésfejlesztési törekvéseket a technológiai újítások elősegítik. A fejlesztés során cél olyan megoldások alkalmazása, melyek az erőforrásokkal hatékonyan gazdálkodnak, ugyanakkor az utazói preferenciákat kielégítik, használatuk kevés erőfeszítésbe telik (Monigl és Berki, 2010, Pribyl, 2015). Terjednek a telematikai alapokon működő, ún. átmeneti közlekedési módok, amelyek a határokat elmosva egyesítik az egyéni és közforgalmú közlekedés előnyeit. Terjed továbbá a „Mobilitás, mint szolgáltatás" (MaaS) koncepció, ami az utazóra fókuszálva, mobilitási szolgáltatások széles palettáját integráltan kínálja (Utriainen és Pöllänen, 2018).

Automatizálással az üzemeltetési hatékonyság és az utazói kényelem fokozható. Az automata rendszerek előre programozott, egyértelműen leírt algoritmusok szerint működnek, míg az autonóm rendszerek képesek önálló döntéseket hozni kognitív és öntanuló képességeiket felhasználva. Az autonóm járművekkel foglalkozó kutatások és fejlesztések többsége elsősorban a járműirányítására és annak forgalmi folyamataira fókuszál (Szalay et al., 2017). Mindazonáltal számos utaskezelési, üzemeltetési és karbantartási folyamat is automatizálható (Chen et al., 2016). Az autonóm jármű tágabb „környezetbe", a közforgalmú személyközlekedési rendszerbe való elhelyezésére kevesebb hangsúlyt fektettek ezidáig, holott az autonóm járművek megjelenésével a mobilitási paletta is átalakul, új eljárások szükségesek a közlekedéstervezésnél, -szervezésnél és -üzemeltetésnél. Új **igényalapú, telematikai bázisú, mobil alkalmazáson előzetes rendeléssel igénybe vehető, megosztott, kiskapacitású autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás jelenik meg** (Fagnant és Kockelman, 2014, Bansal et al., 2016, Winter et al., 2016). A mobilitás lényegesen tudatosabbá, tervezettebbé válik. Megváltoznak a mobilitáshoz igényelt emberi képességek, átalakul az utazói döntéshozatal és viselkedés is, amelyhez innovatív információkezelési módszerek, döntéstámogató szolgáltatások fejlesztése szükséges.

A technológiai fejlődés következtében okos közlekedési rendszer vezethető be, ami valós idejű adatok alapján működik, ötvözi egymással az emberi tudást, intelligenciát, döntési folyamatokat. Az adat és az adatokból képzett információ kulcsjelentőségűvé válik. Ennek következtében a közlekedési rendszerek speciális információs rendszerként tekinthetők. Ugyanakkor az információs folyamat megismeréséhez szükséges elemek és kapcsolatok rendszerszintű feltárása kezdetleges. A tudásbázis növelése érdekében a tudományos kutatások jelentősége felértékelődik.

Ezeknek megfelelően a kutatásom során arra kerestem a választ, hogyan lehet a technológiai újításokat, különös tekintettel az autonóm közúti járművet, integrálni a közforgalmú közlekedési rendszerbe és a mobilitási szolgáltatásba. Kutatásaimat városi, közúti, elsősorban közforgalmú személyközlekedési módokra és innovatív, megosztáson alapuló mobilitási, valamint személyre szabható információs szolgáltatásokra vonatkozóan végeztem. Egyaránt fókuszáltam üzemeltetői és utazói oldalra. Mivel a közlekedés tárgya az utazó, az utazó helyváltoztatási igényeinek kielégítése, ezért az utazói elvárások felmérése különösen fontos az újszerű mobilitási szolgáltatások esetében. Az utazók elvárásait kielégítve a technológia elfogadása is növelhető. Közlekedésmérnöki szempontból vizsgáltam az átalakuló közlekedési rendszert, az új mobilitási szolgáltatások tervezési és üzemeltetési folyamatait, az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások hatásait, valamint a tervezési és üzemeltetési funkciók automatizálási lehetőségeit. Utazói oldalról vizsgáltam az utazók elvárásait és információkezelési folyamatát, az igényelt utazói képességek változását. Az utazói döntéstámogatás érdekében vizsgáltam az útvonalértékelés személyre szabási lehetőségeit. Ugyanakkor a technológia újszerűsége miatt sem üzemeltetői, sem utazói oldalon nincs tapasztalat, így az utazók elvárt preferenciáiból és meglévő megoldásokból vontam le következtetéseket. Teljes kutatásomat rendszer- és folyamatszemléletben végeztem. Az eredményeim hozzájárulhatnak a közlekedési rendszerben bekövetkező változások elősegítéséhez, a változásokra való felkészüléshez.

2 Kutatási téma

A fejezetben kifejtem a kutatási téma aktualitását, definiálom az új fogalmakat. Ismertetem a kutatás megfogalmazott céljait, tématerületeit, valamint a tématerületekhez tartozó hipotéziseket és lehatárolásokat.

2.1 Téma aktualitás, fogalmak definiálása

Eltérő dinamikával fejlődik a technológia, a társadalom és az épített környezet, amelyek közül a technológiai fejlődés a leggyorsabb ütemű. A technológiai fejlődés sok esetben választ ad bizonyos társadalmi és a fenntarthatósági kihívásokra, ugyanakkor gyakran újabb problémákat is felvet (pl.: félelem az új technológiától, közlekedési kereslet növekedése (Büscher et al., 2009)). Jelenleg paradigmaváltás, azaz a tudományos szemlélet módosulása, megváltozása tapasztalható az infokommunikációs rendszereknél. A technikai fejlődés lehetővé teszi, hogy az eddigi „intelligens" rendszerek, „okossá" váljanak. Az ***intelligens rendszerek* „csak" előre programozott módon reagálnak az egyes helyzetekre**. Ezzel szemben az ***okos rendszerek* „többet tudnak"; képesek a tanulásra**. Fejlesztésüknél a tanulási készség kerül leprogramozásra. Az okos közlekedési rendszerek kialakulását a negyedik ipari forradalomban fejlesztett és fejlesztendő mesterséges intelligencia, öntanuló rendszerek, tárgyak internete teszi lehetővé (Fleischer, 2019). Ezek célja a működési hatékonyság és a szolgáltatási minőség fokozása a felhasználóra fókuszálva.

A közlekedésben az innovációt elsősorban a változó utazói igények és a járműfejlesztések indukálják (Gerike és Koszowski, 2017, Cass et al., 2018). A közlekedési igények jellemzői és a minőségi elvárások is változnak, emiatt a közlekedők egyre inkább igénylik a helyváltoztatásra és annak előkészítésére fordított idő csökkentését, a helyváltoztatás kellemessé tételét, és a megbízható adatokon alapuló és személyre szabható utazástervezést. A mobilitás fejlődési szintjeit a 2.1. ábrán mutatom be.

2.1. ábra: Mobilitás fejlődésének lépései
[forrás: Ludwig L. előadása[1] alapján saját szerkesztés]

[1] Ludwig, L. Digitalizációval a jövő közlekedéséért, XVII. Városi közlekedés aktuális kérdése konferencia, előadás, Budapest, 2017.09.08.

A fejlődési potenciál jelentős, mivel a legtöbb jelenlegi közlekedési rendszer a Mobility 2.0 vagy az azt megelőző szinten helyezhető el. Az egyes szintek határai elmosódnak; egy közlekedési rendszerre eltérő szintek jellemzői is vonatkozhatnak egyidejűleg. A magasabb szinteken az egyéni infokommunikációs eszközök jelentősége is felértékelődik. Nagy arányban az okostelefonokon és egyéb eszközökön keresztül érik el a felhasználók az integrált információs szolgáltatásokat, és ez alapján veszik igénybe az okos mobilitási szolgáltatásokat. A kihívást az jelenti, hogy az egyre nagyobb mennyiségben rendelkezésre álló, egyre több helyről gyűjtött, többnyire valós idejű adatot hogyan használjuk fel a gyorsan változó közlekedési igényekhez alkalmazkodva a kitűzött célok elérése érdekében. Az adatkezelés legnagyobb kihívásai az adatmennyiség, adatsebesség, sokféleség, változatosság és valóságtartalom. Az ún. big data, mint komplex technológiai környezet fejlesztése és kutatása teszi lehetővé a nagy mennyiségű, gyorsan változó és változatos adatok feldolgozását, amihez a hagyományos adatbáziskezelő rendszerek csak korlátozottan alkalmasak.

A fenntartható közlekedési formák (pl.: közforgalmú közlekedés, kerékpározás) az alapfolyamati „hiányosságok" miatt nem minden utazói elvárásnak felelnek meg. Ugyanakkor az alap- és az információs folyamat személyre szabásával (pl.: igényalapú mobilitási szolgáltatás, útvonalértékelés) a hiányosságok mérsékelhetők. A technológiai fejlődés hatására megjelennek az innovatív, telematikailag fejlettebb, ún. *átmeneti közlekedési módok*, amelyekkel az egyéni és a közforgalmú közlekedés határai elmosódnak. Tulajdonságaikat tekintve az egyéni gépjárműves és a nagy kapacitású, hagyományos közforgalmú közlekedés között helyezkednek el. Többnyire fejlett telematikai rendszerre épülnek, illetve a működés gyakran a megosztás elvén alapul. A megosztásra épülő gazdaság (sharing economy) szemlélet során a nagyértékű javakat közösen használjuk, így fokozva azok kapacitáskihasználását (Koopman et al., 2015). A megosztáson alapuló városi mobilitási szolgáltatások (pl.: car-sharing, ride-sharing, ride-sourcing) is az erőforrásokkal (pl.: terület, energia, idő) való hatékonyabb gazdálkodást célozzák új folyamatszervezési és működtetési eljárásokkal. A működési hatékonyság fokozásának elemei a közlekedésben: a járművek napi hasznos futásidejének és futásteljesítményének növelése, valamint a férőhelykihasználás fokozása. Az átmeneti módok igényalapú vagy igényvezérelt mobilitási szolgáltatást kínálnak. *Igényalapú szolgáltatások* csak utazási igény esetén működnek (pl. taxi); az útvonal és menetrend előre nem meghatározott (Cordeau et al., 2007). *Igényvezérelt szolgáltatásokat* az igények alapján változó rugalmas menetrend és kapacitás jellemzi; több esetben az útvonal előre meghatározott (Davison et al., 2013).

A legjelentősebb átmeneti közlekedési módokat a következőképp definiáltam:

- *rugalmas (igényvezérelt) közforgalmú közlekedés (telebusz)*: előzetes igénybejelentés (hívás) után igénybe vehető átmeneti közlekedési mód, jellemzően kis kapacitású busszal, a közforgalmú közlekedéssel megegyező tarifával. Általában ritkán lakott területeken, vagy olyan időszakokban, ahol az utazási igény alacsony és nem egyenletes eloszlású. Több esetben a szakirodalom DRT-ként (Demand-responsive Transportation - igényvezérelt közlekedés) hivatkozik ezen módra (Horváth et al., 2006, Ryley et al., 2014, Wang et al., 2015).
- *car-sharing, bike-sharing*: közösségi jármű megosztásán alapuló átmeneti közlekedési mód. Cél, a járművek időbeli kapacitásának (időalapjának) jobb kihasználása. A járműveket díj ellenében bárki igénybe veheti jellemzően rövidtávú, városi utazásokra, rövid (pl. max. 30 perc) időtartamra (pl.: Greengo, MOL Limo, MOL BuBi).
- *ride-sharing (car-pooling, telekocsi)*: olyan átmeneti közlekedési mód, ahol a jármű szabad férőhelyeit osztják meg az utazás költségeinek szétosztása céljából. Gyengén szabályozott, nonprofit közlekedési mód, jellemzően hosszabb távú utazásokra. A sofőr az utazásához kapcsolódóan meghirdeti a jármű szabad férőhelyeit (pl.: Oszkár).
- *ride-sourcing (ride-hailing)*: telematikai alapú átmeneti közlekedési mód, fuvarközvetítő szolgáltatás, jellemzően rövid utazási távolságra, városi környezetben. A taxihoz hasonló, mégis kevésbé szabályozott. Változó díjtételek alkalmazása és diszpécser nélküli, automatikus igény-kapacitás összerendelés jellemzi (pl.: Uber, Lyft).

- *taxi, megosztott taxi*: erősen szabályozott, profitorientált átmeneti közlekedési mód, rövidebb utazásokra, jellemzően városi környezetben. Háztól-házig eljutást biztosít, magas díjért. Megosztott használatnál a jármű szabad férőhelyein idegen utastársak utaznak.
- *sofőrszolgálat*: olyan átmeneti közlekedési mód, ahol a saját járműben utasként lehet utazni sofőr „bérlésével". Általában kényelmi okokból, vagy az esti órákban hazajutáshoz használt szolgáltatás, amikor az ügyfél nincs vezetésre alkalmas állapotban. Valamennyi utazási mód közül a legmagasabb minőség jellemzi, a legmagasabb díj fizetése mellett.

Főként rövid távú utazásoknál, az utolsó kilométerek leküzdéséhez a kerékpározáson kívül egyéb ún. mikromobilitási eszközök használata is terjed. Ezek kisméretű, általában egy- vagy kétszemélyes járművek, meghajtásuk többnyire emberi, vagy a technikai fejlődésnek köszönhetően egyre inkább elektromos. Az utazó (járművezető) relatíve védtelen. Például: roller, kerékpár, egyéb egy vagy két kerekű jármű. Bizonyos csoportosítások a kisméretű elektromos gépkocsikat és autonóm gépjárműveket is ide sorolják. Az értekezésben ezen eszközöket nem tekintem a mikromobilitás részeként. A mikromobilitási eszközök lehetnek individuális közlekedési formák, illetve egy mobilitási szolgáltatás részeként kollektív közlekedési formák. Az ilyen eszközökkel megvalósított mobilitási szolgáltatás része az átmeneti közlekedési módoknak (pl. roller megosztó szolgáltatás (Lime)).

Integrált közlekedési rendszerben a közlekedési módok menetrendje, tarifarendszere és utastájékoztatása egységes. Ezen rendszerek megvalósulásának gyakori formája a városi, vagy regionális közlekedési szövetség (Denke, 2011). A MaaS koncepció, új szervezési megoldásként a mobilitási szolgáltatások széles palettáját kínálja az átmeneti és a hagyományos, nagy kapacitású közlekedési módokat integrálva. Alkalmazásával a közlekedés fentarthatóbbá válhat (pl.: csökkenő járműméret, járműszám, zajterherés, légszennyezés, utasok mobilitásra fordított használatarányos kiadása, várakozási ideje) (Tánczos, 2018). A legfőbb különbség a közlekedési szövetség és a MaaS között, hogy a közlekedési szövetségek önkéntes alapúak, céljuk a különböző mobilitási szolgáltatók kínálatának összehangolása, míg a MaaS operátorok általában profitorientált vállalatok, akik a mobilitási szolgáltatásokat kombinálva különböző mobilitási csomagokat kínálnak az ügyfél igényei alapján.

A jelenlegi közlekedési módok általában még emberi irányítással működnek, ugyanakkor a háttérben egyre magasabb automatizáltságú funkciók a jellemzők, mind az utaskezelés, mind az üzemirányítás területén. A következő automatizáltsági típusokat különböztettem meg:

- *automata rendszer*: előre programozott, egyértelműen leírt algoritmusok szerint működnek, azokat lépésről-lépésre követve. A rendszer valamennyi lehetséges szituációra fel van készítve.
- *autonóm rendszer*: képesek önálló döntéseket hozni kognitív és öntanuló képességeiket felhasználva. A működés során fellépő valamennyi szituáció esetében a beprogramozott válaszok helyett a gépek érzékelik a környezetet, azonosítják az elemeket és a szándékot, feltárják (megértik) az összefüggéseket és arra megfelelő választ adnak. Az autonóm funkciók a mesterséges intelligencia alkalmazásával valósíthatók meg.

A *mesterséges intelligencia (artificial intelligence)* gép által megvalósított intelligencia. Célja az emberi gondolkodás és problémamegoldó képesség gépi, szoftveres helyettesítése. A *kognitív képesség* lehetővé teszi új, megbízható, értéknövelt információ előállítását korábbi tapasztalat, meglévő tudás, valamint bizonytalan és részleges információ alapján.

A definíciók alapján az automata rendszerek inkább intelligens, míg az autonóm rendszerek inkább okos rendszereknek tekinthetők. Az autóipar a járműirányítás automatizálásánál 4-5 szintű kategóriába sorolást alkalmaz – SAE és BASt szintek (SAE, 2018; Gasser et al., 2012). Egyedül az UITP szervezet által kötöttpályás közlekedési eszközök automatizálást leíró ún. GoA szintek (Grade of Automation – automatizálási osztály) vesznek figyelembe a járműirányításon kívül más funkciókat is a szintek definiálásakor (pl. ajtók nyitása/zárása) (UITP, 2011). Az IEC 62290-1:2014 (IEC, 2014) szabvány

szintén kötöttpályás járművek számára fogalmazza meg az automatizált irányításra vonatkozó előírásokat.

A téma aktualitása és a legfontosabb fogalmak bevezetését követően ismertetem kutatási célkitűzéseimet.

2.2 Célkitűzés

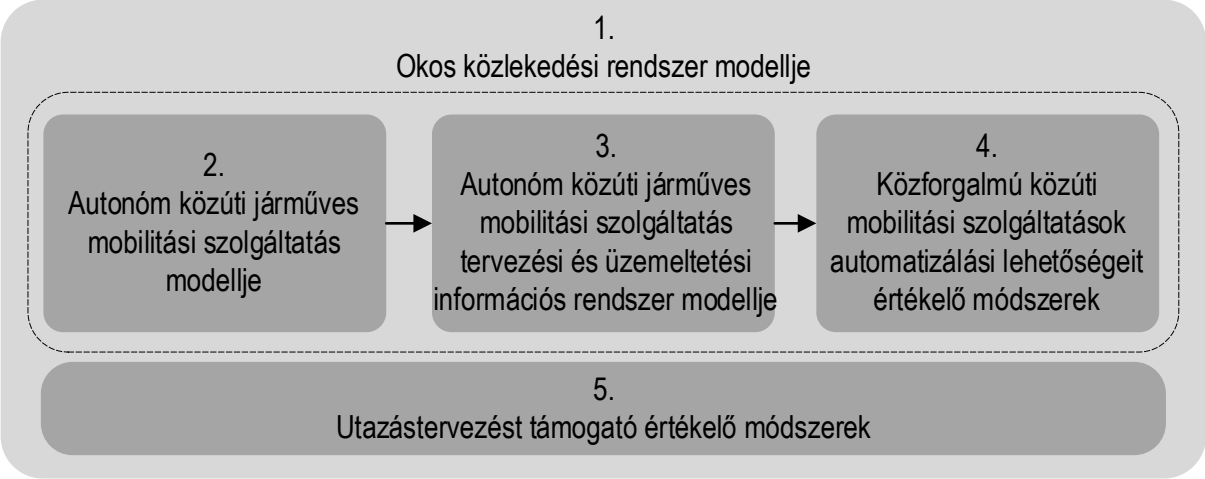
A célom **innovatív személyközlekedési rendszerek, valamint mobilitási és információs szolgáltatások modellezése, rendszertervezési alapelvek, valamint elemzési és értékelési módszerek kidolgozása volt**. A folyamatosan és gyorsan fejlődő technológia figyelembevétele mellett időtálló modellek fejlesztését tűztem ki célul. Széleskörű irodalomkutatást végeztem a meglévő eredmények áttekintése és a tudományos „rések" azonosítása érdekében. Az így azonosított tudományos „rések" szerint jelöltem ki a kutatási területem fő pilléreit. Számos innovatív megoldással foglalkoztam, úgy, mint az okos közlekedés, telematikai alapú átmenti közlekedési módok, autonóm járműves mobilitási szolgáltatás, automatizált utaskezelési funkciók, utazástervező alkalmazások személyre szabható funkciókkal. A kutatási részfeladatokat egymásra épülően definiáltam. Egy-egy részfeladat eredményét felhasználtam a többi részfeladat kidolgozásakor. Célok:

1. Az okos közlekedési rendszer modellezése. Az okos utazó információkezelési jellemzőinek feltárása és elemzése.
2. Az autonóm járművek integrálása a közlekedési rendszerbe és a mobilitási szolgáltatásokba; a hatásterületek feltárása figyelembe véve a társadalmi-környezeti-gazdasági kapcsolatrendszert.
3. Az új autonóm járműves mobilitási szolgáltatás tervezéséhez és üzemeltetéséhez szükséges információs rendszer modelljének kidolgozása.
4. Közforgalmú közúti mobilitási szolgáltatásokat jellemző komplex automatizálási szint meghatározása. Az utaskezelési funkciókban bekövetkező változások értékelése. Az utazói képességek változásának elemzése.
5. Személyre szabott és pontosabb eredményt nyújtó értékelési módszer kidolgozása multimodális útvonalak értékeléséhez.

A kutatási részfeladatokat a 2.2. ábrán foglaltam össze, a nyilak a legfontosabb egymásra épüléseket szemléltetik. Az okos közlekedés modellezése (1. feladat) kihat a többi részfeladatra, egyfajta keretrendszert biztosítva a további kutatásokhoz. Az automatizálással, elsősorban az autonóm járműves mobilitási szolgáltatásokkal kapcsolatos kutatási feladatok (2-4. feladat) egymásra épülnek. Az új mobilitási szolgáltatások megjelenésével utazói oldalról a mobilitás tudatosabbá válik, így az előzetes, utazástervezést támogató módszerek fejlesztése szükséges (5. feladat). Az öt részfeladat során végzett kutatások eredményei alapján fogalmaztam meg az öt tézist.

Az egyes részfeladatok során a következő hipotézisekből indultam ki:

1. Az okos utazó döntési folyamatai gépekkel támogathatók, kiválthatók, mivel a gépi információkezelés hasonló az emberihez.
2. Az autonóm járművek alkalmazásához integrált mobilitásmenedzsment szükséges.
3. Az utazók személyes jellemzői befolyásolják az autonóm járműves szolgáltatással szembeni elvárásokat. Ezen jellemzőket a mobilitási szolgáltatás tervezésekor figyelembe véve személyre szabott szolgáltatás nyújtható.
4. A közforgalmú, közúti mobilitási szolgáltatások automatizálási szintek bevezetésével jellemezhetők és értékelhetők. Az utazóktól elvárt képességek az automatizálás hatására megváltoznak.
5. Az útvonalválasztási preferenciákat az utazók általános személyes jellemzői erősen befolyásolják. A közlekedési hálózat részletes leképezésével és a személyes preferenciák figyelembevételével az útvonalak érzékelt és tényleges leküzdésének ideje is meghatározható.



2.2. ábra: Kutatási részfeladatok kapcsolata

Kutatásaimat városi, közúti közforgalmú személyközlekedésre és egyéni lágy mobilitási formákra, valamint elsősorban az innovatív, megosztáson alapuló, kiskapacitású autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatásokra és a kapcsolódó információs rendszerekre vonatkozóan végeztem. Az egyes részfeladatokra a következő lehatárolásokat tettem:

1. Az okos közlekedés modellezésénél részleteiben az okos utazóra fókuszáltam.
2. A közúti autonóm járműveket a legmagasabb járműirányítási automatizálási szinten vettem figyelembe a köréjük épített közlekedési rendszer meghatározásánál és vizsgálatánál. Az új autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatást vizsgáltam.
3. A jármű- és kommunikációs technológiai fejlesztéseket csak olyan mértékig vettem figyelembe, amennyire ezek ismerete szükséges a tervezési és üzemeltetési módszerek kidolgozásához és a hatások feltárásához.
4. Az automatizálási szintek meghatározásánál a funkciókat általános fejlesztési elvek mentén vizsgáltam, a konkrét megoldások technikai részletezésétől eltekintettem. A szinteket közforgalmú közúti mobilitási szolgáltatásokra vezettem be.
5. Az útvonalak értékelésénél a fókuszt a fenntartható közlekedési módokra helyeztem, így elsősorban a gyaloglást, a kerékpározást és a közforgalmú közlekedést vizsgáltam.

A disszertáció további felépítése a következő. Az irodalomkutatás eredményeit a 3. fejezet tartalmazza. A 4. fejezetben ismertetem az alkalmazott módszereket. A disszertáció 5-9. fejezeteiben a tézisekhez igazodva részletezem a legfontosabb eredményeimet. Az 5. fejezetben az okos közlekedési rendszer modelljét, a 6. fejezetben az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás modelljét, a 7. fejezetben az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás tervezési és üzemeltetési információs rendszer modelljét, a 8. fejezetben a közforgalmú közúti mobilitási szolgáltatások automatizálási lehetőségeit értékelő módszereket, míg a 9. fejezetben az utazástervezést támogató értékelőmódszereket mutatom be. Végezetül a 10. fejezetben tézisekben foglalom össze az új tudományos eredményeimet, azok hasznosítását és a kutatás további irányait. Az egyes fejezetekben használt jelöléstechnikát a fejezetek vagy az alfejezetek elején táblázatosan vezetem be. A disszertáció végén az újszerű fogalmak meghatározásait a Fogalomtárban foglalom össze.

3 Irodalmi áttekintés

A fejezetben az irodalomkutatás eredményeit kutatási részfeladatonként foglalom össze. Mivel a 2-4. részfeladatok szorosan egymásra épülnek, ezért a részfeladatok irodalomkutatási eredményeit is együttesen kezeltem. Az irodalomkutatás legfontosabb céljai:

Okos közlekedés (1. feladat):

- Az okos közlekedésre vonatkozó irodalom áttekintése a rendszer modellezéséhez.
- Az utazói döntésbefolyásolási lehetőségek feltárása az okos utazó információkezelésének modellezése érdekében.

Közúti autonóm járműves mobilitási szolgáltatások (2-4. feladat):

- Az autonóm járművek köré épített közlekedési rendszerre vonatkozó szakirodalom áttekintése; ezek alapján a jövő mobilitási szolgáltatásainak és jellemzőinek meghatározása.
- Az utazói elvárások feltárása; azok figyelembevétele a tervezési és üzemeltetési módszerek kidolgozásánál.
- Meglévő újszerű mobilitási szolgáltatások tervezési és üzemeltetési folyamatainak tudományos elemzése; az eredmények felhasználása az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások tervezéséhez.
- Az autonóm járművek hatásainak feltárása; az eredmények alapján a hatásterületek rendszerszemléletű modellezése.

Útvonalértékelés (5. feladat):

- Útvonaltervező alkalmazások személyre szabható beállításainak, valamint a felhasználói elvárásoknak és az útvonalválasztási preferenciáknak a feltárása útvonalértékelő módszer kidolgozásához.

3.1 Okos közlekedés

Az okos közlekedés, az okos város része. Az okos város, mint rendszer különböző megközelítések alapján határozható meg (rendszer-alapú, technológiai-alapú, stb.). Az okos város hierarchikus, piramis alakú, így minden szint az előző szintre építve írható le (Mattoni et al., 2015). Az okos város rendszert intelligens kommunikációs alrendszerek (ICT – Intelligent Communication Technology) működtetik. Az alkalmazott hardveres és kommunikációs technológiákkal számos kutatás foglalkozott (Piro et al., 2014, Avelar et al., 2015). Az okos város rendszerekben a közlekedés kiemelt terület. A figyelmet a megosztásra, az erőforrások és a tárolás minimalizálására, valamint a szolgáltatás- és hozzáférés-orientált megoldások biztosítására érdemes helyezni. A megosztás során nem csupán a járművek, hanem az infrastruktúra elemek is megoszthatók (Lom et al., 2016). A legtöbb okos városról szóló kutatásban a hangsúlyt a városüzemeltetésre helyezik, a kutatások technikai jellegűek. A városlakó és utas, vagyis a technológia végfelhasználói kevesebb figyelmet kapnak (Pribyl és Horak, 2015).

Az okos közlekedési rendszernél az utazási minták, szokások megismerése és befolyásolása a kulcseleme a hatékony-kereslet kínálat menedzsmentnek. A közlekedési kínálat minőségét

- a szolgáltatás (megközelíthetőség, időbeli rendelkezésre állás, sebesség, megbízhatóság),
- az utazás (fizikai és mentális komfort, biztonság) és
- a kezelhetőség (áttekinthetőség, utazás előtti és utazás közbeni információ)

minősége együttesen határozza meg (Duleba et al., 2012). Terület- és közlekedésfejlesztési intézkedésekkel a város működésének irányítása hatékonyabbá tehető. A célhelyválasztás függ az utazó társadalmi-gazdasági jellemzőitől, az utazás kiinduló pontjától, az utazási célok elhelyezkedésétől és az

elérhető módoktól. A célpont kiválasztása az igények befolyásolásán keresztül szabályozható (Tánczos és Török, 2012).

Számos kutatás foglalkozik az utazók aktív szerepvállalás nélküli adatgyűjtésével (pl. okostelefon GPS adatai, cellainformáció, WiFi hálózat) (Bekhor et al., 2013, Szabo et al., 2013). Az utazói trajektória elemzés fontos szerepet játszik az utazói igények meghatározásban. Az utazói trajektóriák elemzésével adattípusok és jellemzők (pl.: adatbiztonság, -megosztás, -modellezés) határozhatók meg (Yue et al., 2014). Utazási szokások felmérése mellett, más, újszerű módszerek is használhatók a kereslet becslésére és a tervezéshez; például OD mátrix becslő módszer az érkező és induló utasok számának meghatározása egy adott területen (Horváth, 2016).

Az információ értéket képvisel, egyrészt mivel az információkezelési műveleteknek költségeik vannak, másrészt az információ felhasználásával az utazók döntési hatékonysága fokozható. Az információ minősége és értéke között szoros összefüggés van. Az információ jellemzési szempontjai: költség, hatékonyság, forma, tartalom, érvényesség, relevancia, teljesség, tárgya, megbízhatóság, állandóság, pontosság, érvényesség, egyediség, elérhetőség, hozzáférhetőség (Leviäkangas, 2011). A közlekedéssel kapcsolatos információ jelentősen befolyásolja az utazási döntéseket (Juhász, 2013). Ebből kifolyólag a közlekedési szokások vizsgálatánál az egyik legfontosabb kérdés, hogy miként reagálnak az utasok az információra. Különösen az időelemek és azok bizonytalansága befolyásolja az utazás időpontját (Ettema és Timmermans, 2006), illetve a mód- és eszközválasztást. Az utazók a kezdeti részleges információ által meghozott döntéseiket részletesebb információ hatására folyamatosan átgondolják, ugyanakkor az utazási idő és ráfordítás (fizikai, kognitív, érzelmi) szerepe minden döntési helyzetben főszempont (Chorus et al., 2013, Parvaneh et al., 2014). Számos esetben a módválasztás szokásokon, megérzéseken és az adott mód kedveltségén is alapul (Van Oort és Van Nes, 2006).

3.2 Közforgalmú közúti mobilitási szolgáltatások automatizálása

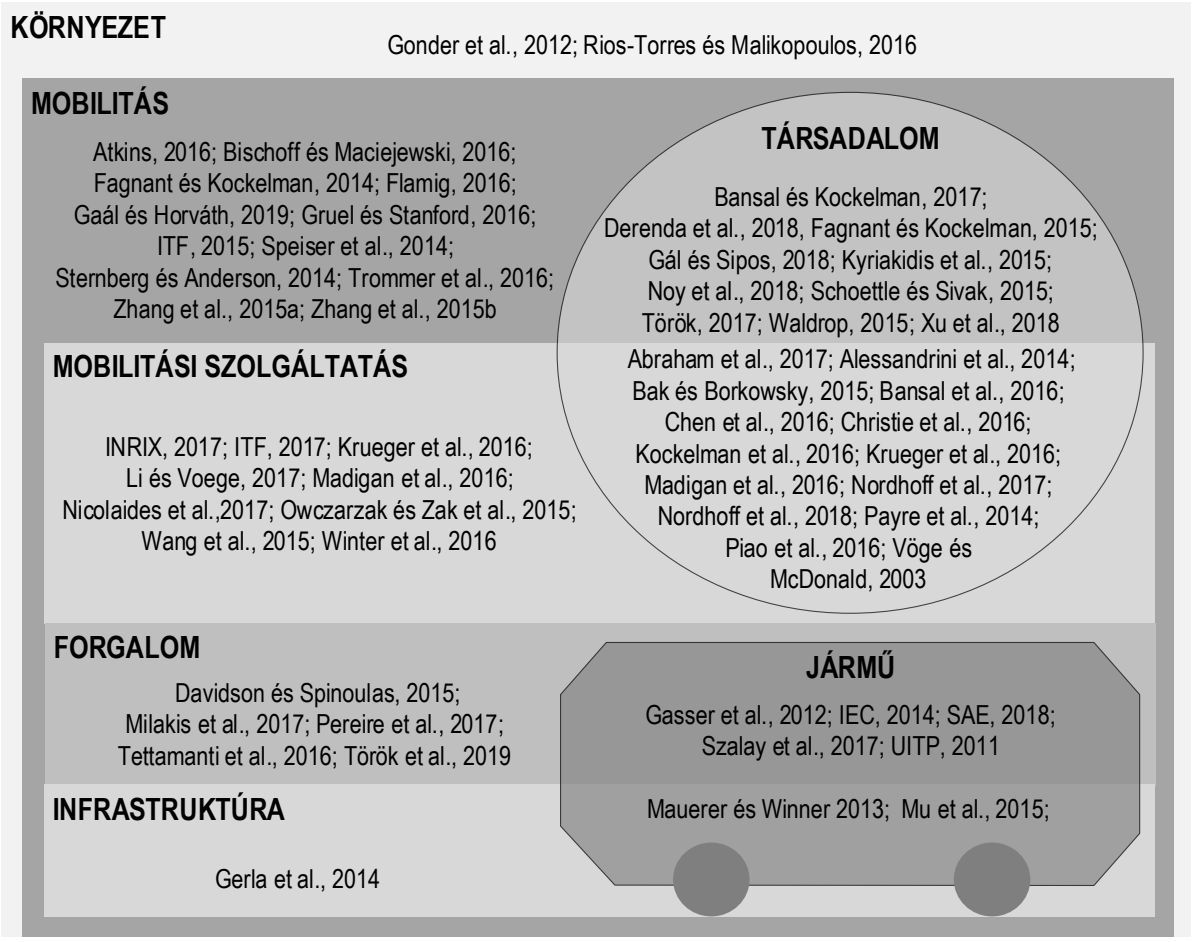
Az okos közlekedési rendszerek hatékonysága automatizálással fokozható. A magasan automatizált, autonóm járművekkel, valamint a köréjük épített személyközlekedési rendszerrel és mobilitási szolgáltatásokkal is számos irodalom foglalkozott. A publikációk a fő fókuszterületük alapján csoportosíthatók. Egy-egy tudományos mű gyakran több kategóriába is besorolható. Az áttekintett szakirodalmat az 3.1. ábrán csoportosítottam.

Az autonóm járművek terjedésével megjelenő új megosztott, igényalapú, kis kapacitású autonóm járműves mobilitási szolgáltatás számos tudományos kutatás alapja (Fagnant és Kockelman, 2014, Bansal et al., 2016). Winter et al. (2016) az ADRTS (Automated Demand Responsive Transport System) mozaikszót használják az olyan szolgáltatásokra, amelyek kis befogadóképességű autonóm járművekkel, igényalapú, ráhordó szolgáltatást kínálnak fix útvonal és menetrend nélkül, jól körülhatárolt területen (pl. egyetemi campus). A tanulmányok megkülönböztetnek:

- háztól-házig terjedő, megosztott szolgáltatást nyújtó (Krueger et al., 2016),
- nagy kapacitású eszközre ráhordást biztosító (Madigan et al., 2016) (Alessandrini et al., 2014),
- vagy mindkét típust ötvöző szolgáltatást (Owczarzak és Zak, 2015, ITF, 2017).

Ritkán lakott külső területeken nyújtható személyre szabott, rugalmas, háztól-házig szolgáltatás, míg városias területen nagy kapacitású közforgalmú közlekedésre ráhordó funkció biztosítása szükséges (Owczarzak és Zak, 2015, ITF, 2015).

Ezen mobilitási szolgáltatások újszerűsége miatt nincs még tapasztalat a szolgáltatás tervezése és üzemeltetése során. Emiatt az új autonóm járműves szolgáltatáshoz hasonló meglévő átmeneti szolgáltatások folyamatainak és jellemzőinek elemzése szükséges, amelyek eredménye felhasználható az autonóm járműves szolgáltatások tervezésekor.



3.1. ábra: Autonóm közúti járműves közlekedési rendszerrel foglalkozó áttekintett irodalmak csoportosítása

A DRT főként ritkánlakott területen közlekedők vagy mozgásukban korlátozott utasok számára kínál igényvezérelt közlekedési formát (Horvát et al., 2006, Ryley et al., 2014, Wang et al., 2015). A mobilitási szolgáltatás minősége többlet pénzügyi befektetés nélkül növelhető, ha az alacsony helyváltoztatási igényű területeken a hagyományos közforgalmú közlekedést igényvezérelt szolgáltatásokkal helyettesítjük (Kashani et al. 2016). Egyes területeken a DRT a taxi helyettesítője. Számos esetben a DRT vetélytársa az egyéni gépjárműves közlekedésnek is, hiszen utóbbi versenyképessége térben és időben a parkolóhely keresési művelet hosszától és eredményétől is nagymértékben függ (Wang et al., 2015). A legtöbb ilyen jellegű szolgáltatásnál a kisebb befogadóképességű járművek terjedtek el, amelyeknél a kisebb volumenű igények esetén is jó kapacitáskihasználás érhető el (Davison et al., 2013). A DRT szolgáltatás esetében pozitív a korreláció a szolgáltatási terület mérete és az utazási távolság között, ugyanakkor negatív a korreláció a népsűrűség és az igényelt flottanagyság között.

Különböző átmenti szolgáltatások dinamikus allokációjával nagyobb hasznok érhetők el utasoldalon (utazási idő- és árcsökkenés) és üzemeltetési oldalon egyaránt (kihasználtság növekedés) (Atasoy et al., 2015). Mindazonáltal nem megfelelő szervezéssel az átmeneti módok kihasználása sem hatékony. Például a férőhelyek megosztása nélkül egy taxi szolgáltatás kapacitása sincs az időben kihasználva (Dimitriou et al., 2016). A futott taxi kilométerek száma közel 40%-kal csökkenthető megosztott férőhelyhasználattal (Santi et al., 2014). A hatékonyabb igény-kapacitás összerendezés érdekében az ún. találkozási pont (meeting-point) rendszer alkalmazható a férőhely megosztáson alapuló mobilitás szolgáltatásoknál (Stiglic et al., 2015). A találkozási pont rendszer, hasonlóan a közforgalmú közlekedési megállókhoz, gyűjtő- és elosztópontokkal működik. Az utasfelvétel és -leadás ezen „megállókban" történik, így csökkentve a felesleges kitérőket. Hátránya, hogy az utasnak a kiinduló ponttól a megállóig vagy a megállótól a rendeltetési helyig gyalogolnia szükséges.

Jelentős mértékű igényt hatékonyan a hagyományos, nagy kapacitású közforgalmú közlekedési eszközök szolgálhatják ki (Schofer et al., 2003). Ugyanakkor, az átmeneti módok ezen eszközök vetélytársai is lehetnek, ami szintén kiegyenlítettlen kapacitáskihasználáshoz vezet (nagy kapacitású eszköz, közúti infrastruktúra). Például a ride-sourcing utazásoknak legalább a fele a hagyományos közforgalmú közlekedési eszközökkel végrehajtott utazást helyettesíti (Rayle et al., 2016). Az új telematika alapú mobilitási szolgáltatások közönsége más. Például a ride-sourcing szolgáltatásokat elsősorban a fiatal, magas iskolai végzettségű, okostelefonnal rendelkező, valamint a rövid várakozási időt igénylő utasok használják (Rayle et al., 2016). Nem minden utazói csoportot lehet kiszolgálni egy-egy új mobilitási szolgáltatással. Az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások esetében ez fokozott veszélyforrás a technológia újszerűsége miatt.

Elméleti kutatások főként szimuláció alkalmazásával már foglalkoznak a megosztott, autonóm járműves mobilitási szolgáltatások flottatervezésével. Diszkrét elemű hálózaton (öt állomás, öt jármű) sorbanállási elmélet alapú eljárással meghatározták az áltagos várakozási időt (3,4 perc) és járműkihasználást (4,3 jármű/perc) (Wang et al, 2006). Továbbá, egy lehatárolt kis területen az igények ismeretében meghatározták a szükséges elektromos meghajtású autonóm járműves flotta méretét, az akkumulátor kapacitását és a töltő infrastruktúrát (Nicolaides et al., 2017). Az autonóm járműveket alkalmazó flotta diszkrét idejű ágens alapú modellel is vizsgálható (Chen et al., 2016). A szimuláció eredményeként az utazási igények 96-98%-a kielégíthető átlagosan 7-10 perc várakozási idővel. Mindazonáltal a hatékonyság nagyban függ az automatizált energiatöltés alkalmazásától. Szimulációk alapján egy 100.000 darabos megosztott autonóm járműves flotta képes kiváltani a hagyományos járműveket Berlinben magas szolgáltatási minőség mellett (Bischoff és Maciejewski, 2016).

A személyszállításon kívül az autonóm járművek logisztikai alkalmazhatóságát is vizsgálják. Automata járműveket a logisztika területén már évtizedek óta használnak. Számos ok szól ezen járművek alkalmazása mellett a logisztikai láncban (pl.: mikrogazdasági szempontok, személyzet számának csökkentése, energiahatékony vezetési mód, megbízhatóság) (Flämig, 2016). Mindazonáltal jelentős mennyiségű decentralizált áruszállító jármű alkalmazása szükséges ahhoz, hogy realizálni lehessen a hasznokat (pl.: csökkentett adminisztráció, szállítási kilométer) (Sternberg és Andersson, 2014).

Az autonóm járművek alkalmazásától várt legfőbb társadalmi hatások: közlekedési rendszer hatékonyságának növekedése, biztonságosabb közlekedés (kevesebb baleset), utazási idő csökkenés, személyre szabott mobilitási szolgáltatás, egyéni közlekedés lehetősége a fogyatékkal élő, vezetési képességekkel nem rendelkező idős, vagy fiatal utazói réteg számára, energiahatékonyság növelés és kedvezőbb térgazdálkodás (Alessandrini et al., 2015, Fagnant és Kockelman, 2015).

Az autonóm járművek biztonságos és megbízható üzeméhez fejlett technológia, hardver és szoftver megoldások és azok szabványosítása szükséges (pl.: jelzőlámpa képének felismerése, V2V kommunikációs technológia, kibertámadások elleni védelem) (Mu et al., 2015, Maurer és Winner, 2013). A széleskörű bevezetés előtt a technológiai megoldások mellett etikai kérdések megválaszolása is szükséges (egyéni vagy társadalmi hasznosság alapú döntések) (Török, 2017). A járművek működtetéséhez számos hardver eszköz (szenzorok, nagyteljesítményű számítógép, stb.) és szoftver szükséges, amelyek energiaellátása a legegyszerűbben elektromos meghajtású járművekkel biztosítható. Az ilyen járművekbe az önvezetéshez szükséges járműirányítási funkciók is könnyebben adaptálhatók. Ezekből kifolyólag az autonóm járműtechnológia főbb fejlesztési területei a járműirányítás, kommunikációs rendszer más járművekkel és gyalogosokkal, az összetevők tesztelése és validálása (Szalay et al., 2018).

Számos tanulmány modellezi az autonóm járművek számának alakulásával a várható forgalmi folyamatokat. A legtöbb tanulmány a személyszállító járművekre fókuszál (Milakis et al., 2017, Gruel és Standford, 2016). Az átmeneti időszakban, heterogén forgalom esetén, ahol hagyományos és autonóm járművek egyaránt közlekednek a forgalom modellezése és irányítása komplex megoldást igényel, mivel a kiszámítható (autonóm járművek) és sztochasztikus viselkedésű járművek (sofőrrel működő

hagyományos járművek) egyidejűleg lesznek jelen (Tettamanti et al., 2016). A járművezetők pszichológiai és fizikai állapotának vizsgálata, valamint a viselkedés előrejelzése különösen fontos (Zhang et al., 2016). A forgalmi paraméterek romlása várható a korai szakaszban, mivel a túl szabálykövető járművek lassítani fogják a forgalmat (Davidson és Spinoulas, 2015). Új forgalomirányító módszerek szükségesek a trajektóriák, sebesség, útvonalak optimalizációjához (Pereira et al., 2017). A járművek mellett a közlekedési hálózat felkészítése is szükséges az esetleges kibertámadások ellen (sebezhetőségi pontok feltárása). Az autonóm járművek mozgását és navigációját érintő esetleges kibertámadások a forgalmi helyzetre is hatást gyakorolnak. Különböző támadási esetek forgalmi hatását vizsgálva az utazási időt leginkább az adott útszakasz előnyben részesítése vagy egy útszakasz egy jármű általi blokkolása, mint kibertámadások veszélyeztetik (Török et al., 2019).

Az autonóm járművek közlekedésbiztonságra gyakorolt hatása jelentős. Már csupán a vezetéstámogató rendszerek alkalmazásával is csökkenthető a balesetek száma. Autonóm járművek bevezetésével az emberi hibából okozott balesetek száma pedig jelentősen csökkenthető. Ugyanakkor új balesti típusok is megjelenhetnek, például a kibertámadások következtében (Derenda et al., 2018). Szakértői becslés alapján a személyisérüléses balesettípusok gyakorisága 75-85%-os mértékben csökken (Gál és Sipos, 2018). Más kutatás szerint az emberi hibából eredő balesetek száma 90%-al csökken (Waldrop, 2015). Továbbá, az esetleges baleset miatti sérülések súlyossága is mérsékelhető (Schoettle és Sivak, 2015).

A megosztva használt autonóm járművek kihasználtságra, darabszámára, valamint az utazási távolságra és időre gyakorolt hatásával számos szimuláció foglalkozik. Az összes futott jármű kilométer már 17%-os autonóm jármű penetráció estén is növekszik (Trommer et al., 2016), amely növekedés 50%-os penetráció estében már 30-90%-os (IFT, 2015). Az utazási távolság is várhatóan növekszik, mivel a kényelmesebb utazás miatt a hosszabb távolságú utazások sem elrettentők (Trommer et al., 2016, Fagnant és Kockelman, 2014), így a szuburbanizáció is fokozódhat (Gaál és Horváth, 2019). Az utazási idő ugyanakkor csökken, köszönhetően a jobb járműdinamikai paramétereknek (Atkins, 2016). Az utazási távolságok növekedése több járművet igényelhet. Mindazonáltal a megosztott járműhasználat a szükséges járművek számát csökkenti; egy jármű több háztartást is kiszolgálhat. Különböző szimulációk alapján egy megosztott autonóm jármű képes 3-11 egyéni gépjárművet is kiváltan (Spieser et al., 2014, Fagnant és Kockelman, 2014, Chen et al., 2016, Gruel és Stanford, 2016). Ezáltal a járművek kihasználtsága és a járművenkénti napi utazások száma nő.

Jelenleg az egyéni személygépjárművek a nap 90-95%-át állással töltik (Frank et al., 2004). A megosztott, autonóm járműves szolgáltatások hatására a parkolásmenedzsment és a szükséges parkolóhelyek száma is változik. Megosztott autonóm járművek alkalmazásával a parkolási helyigény 90%-al csökkenthető (Zhang et al., 2015b). Ennek következtében az útmenti parkolóhelyek 80%-a megszüntethető lenne (ITF, 2015). A parkolóterületek átalakulnak, méretük csökken; hatékony parkolásmenedzsmenttel a várakozó járművek szorosan egymás mellé rendezhetők (Gaál és Horváth, 2019).

Az autonóm járművek képesek az eco-driving vezetési stílus megvalósítására. Már csupán az automatizált járműirányítással jelentős, 20-30%-os üzemanyagfogyasztás csökkenést lehet elérni (Gonder et al., 2012). Az energiafogyasztás csökkenés mértéke 50% feletti lehet az autonóm járművek teljes elterjedése után (Rios-Torres és Malikopoulos, 2016).

Az autonóm járművek és az ezekre épülő mobilitási szolgáltatások felhasználói elfogadását nehézkes mérni a meglévő megoldások alacsony száma miatt. Az utazónak csak sejtései, elképzelései lehetnek a járművekről és a mobilitási szolgáltatásokról. A tapasztalat hiánya miatt a meglévő, hagyományos szolgáltatásokhoz hasonlítják ezen megoldásokat. Merat et al. (2017) bevezette az elfogadhatóság (acceptability) és elfogadás (acceptance) fogalmakat. Az elfogadhatóság a használati hajlandóság szinonimája. Az elfogadás a felhasználó használat utáni véleményét írja le. Az elfogadásnak különböző dimenzió vannak (pl.: használati hajlandóság, tényleges használat) és az időben változnak (használat előtt, közben, után). Az egyéni elfogadás (készek vagyunk használni) és a társadalmi elfogadás (készek

vagyunk társadalmi szinten elfogadni egy olyan közlekedési rendszert, ami autonóm járműveket használ) különböző (Adell et al., 2017). Az „innovációk diffúziója” elmélet (Diffusion of innovation) szerint egy innováció, mint például az autonóm jármű felhasználói elfogadását külső és belső tényezők egyaránt befolyásolják. Amint egy innováció elér egy kritikus tömeget, amikor az elfogadási ráta az utánzó viselkedés miatt növekszik, az adott innováció egyetemesen elfogadottá válik (Rogers, 2003). Az autonóm járművek elfogadhatóságát elsősorban az érzékelt hasznosság, a használat egyszerűsége és a társadalmi hatások befolyásolják (Madigan et al., 2016, Nordhoff et al., 2016). Bár a felhasználók elvárásai eltérőek, mégis a különböző jellemzőkkel bíró európai régiókban élők alapvető hozzáállása hasonló (pl. használati hajlandóság bizonyos helyzetekben) (Bak és Borkowsky, 2015).

Számos tudományos kutatás foglalkozik az autonóm járműves utazással szembeni elfogadás mérésével kérdőíves kikérdezés (pl.: Kockelman et al., 2016, Krueger et al., 2016, Piao et al., 2016, Abraham et al., 2017), vagy interjúk (pl.: Vöge és McDonald, 2003, Nordhoff et al., 2018) alkalmazásával.

Az autonóm járműves szolgáltatások használati hajlandósága összefügg a felhasználók személyes jellemzőivel, különösen a kor, nem és technológiai nyitottság befolyásolja az elvárásokat és a hozzáállásukat - jellemzően fiatal, nagyvárosi, technológiailag nyitott utazók és jellemzően férfiak használnának szívesebben ilyen szolgáltatásokat (Payre et al., 2014, Bansal et al., 2016, Krueger et al., 2016, Nordhoff et al., 2016, Piao et al., 2016, Abraham et al., 2017). Vöge és McDonald (2003) interjús kikérdezés alapján megállapították, hogy az alacsony várakozási idő és az okostelefonon keresztüli szolgáltatásrendelés kulcstényezők egy automatizált szolgáltatás sikerében. A szolgáltatás általános paraméterei úgy, mint a várakozási és utazási idő, valamint a költség továbbra is fontos minőséget leíró jellemzők maradnak (Krueger et al., 2016). Az újszerű autonóm járműves szolgáltatások elfogadása nő, ha az utazás díja és a várakozási idő alacsonyabb, mint a hagyományos járműves szolgáltatásoknál (Alessandrini et al., 2014).

Az autonóm járműves szolgáltatások egyik legjelentősebb előnye, hogy utazás közben más tevékenységet is lehet végezni (pl.: olvasás, egyéni elektronikus eszközhasználat). Feltárt preferencia vizsgálattal kimutatták, hogy a „hasznos” tevékenységek jelentős mértékben befolyásolják az utazás teljes egyéni hasznosságát, vagy annak megítélését (Malokin et al., 2015). A közösségi közlekedést választók körében az egyik legfontosabb pozitívum, hogy utazásuk során egyéb tevékenységet is végezhetnek (Anderson et al., 2016). Meglepő viszont, hogy a sofőrök többsége utasként is olyan tevékenységeket végezne, amelyekre eddig is volt lehetősége (pl.: zenehallgatás, beszélgetés) (Cyganski et al., 2015, Kockelman et al., 2016).

Mindazonáltal az utazók a személyzet hiányát nyugtalanítónak is ítélhetik vezető nélküli mobilitási szolgáltatásnál (pl. védelem szempontjából) (Piao et al., 2016). Továbbá, az utazók szerint a szoftveres visszaélések elleni védelem, valamint egyéb jogi és biztonsági kérdések is megoldandók (Kyriakidis et al., 2015).

Az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások átlagos jövedelmű városi területeken alkalmazhatók hatékonyan, illetve egyetemi hallgatók között (INRIX, 2017). Az utazók az olyan szolgáltatásokat fogadják el jobban, amelyek egy nagyobb intézmény elzárt, viszonylag lehatárolt területén működnek (pl.: egyetemi campus) (Alessandrini et al., 2014). Több kutatás szerint a válaszadók több, mint negyede szívesen használna rendszeresen egy megosztott, autonóm járműves szolgáltatást, ha az versenyképes lenne, mind a közforgalmú, mind az egyéni gépjárműves közlekedéshez viszonyítva (Bansal et al., 2016, Piao et al., 2016). Amennyiben ezen mobilitási szolgáltatás rugalmas, kényelmes, gyors és megbízható eljutást kínál, akkor az utazók elfogadják annak ráhordó funkcióját nagy kapacitású közösségi közlekedési eszközre (Nordhoff et al., 2017). Mindazonáltal az egyének jelenlegi utazási szokásai befolyásolják az autonóm járműves mobilitási szolgáltatás választási hajlandóságát. A jelenlegi car-sharing felhasználók és a multimodális utazást választók körében nagyobb a hajlandóság a megosztáson alapú autonóm járműves szolgáltatások használata iránt. Azok, akik az egyéni járművüket cserélnék autonóm járműves szolgáltatásra, továbbra is ragaszkodnak az egyéni jellegű járműhasználathoz, azaz az utazásuk során

nem kívánnak idegenekkel együtt utazni. A közforgalmú közlekedést használók váltanának a legkevésbé kis kapacitású, megosztott, autonóm járműves szolgáltatásra (Krueger et al., 2016).

Az autonóm járművekkel szembeni felhasználói bizalom és a kipróbálási hajlandóság szorosan összefügg (Noy et al., 2018, Xu et al., 2018). Az új technológiával szembeni bizalom kézzel fogható élmény nyújtásával, vagyis egy autonóm jármű kipróbálásával fokozható. Ahhoz, hogy egyre több felhasználó fogadja el az autonóm járműveket, azok népszerűsítése szükséges. Továbbá a technológia költségének csökkentése és a fizetési hajlandóság növelése is szükségszerű (Bansal és Kockelman, 2017). Számos kiskapacitású autonóm járműves szolgáltatást mutattak már be többnyire tesztjelleggel. Az utazói reakciókat kérdőív segítségével vizsgálták (CityMobil2 projekt): az utasok részéről inkább pozitív, míg adminisztratív és szabályozói oldalról inkább negatív fogadtatást tapasztaltak (Christie et al., 2016). Mindazonáltal a jelenlegi tesztjellegű automatizált kisbuszos szolgáltatások jellemzői nem felelnek meg a felhasználói elvárásoknak; többek között az alacsony utazási sebesség miatt (Nordhoff et al., 2018).

3.3 Útvonalértékelés

Az utazói elégedettség az átmeneti és az új autonóm járműves mobilitási szolgáltatások mellett korszerű információs szolgáltatásokkal is jelentős mértékben fokozható. Az autonóm járműves utazások is tervezhetők a jelenlegi módokat leképező multimodális hálózaton a hálózat és az eljárások módosításával (Katona és Juhász, 2017).

Az utazók általában nem tudatosan hoznak mobilitási döntéseket. Ezért fontos az alternatív utazási lehetőségek népszerűsítése, különösen az egyéni gépjárműves közlekedés kiváltása érdekben. Az utazók alapvetően a kockázatkerülésre törekednek; a bizonytalanabb átszállásos utazás helyett hajlandók hosszabb, de átszállásmentes utazást is választani (Ceder et al., 2013). Az autonóm járműves ráhordó funkciójú szolgáltatások használatának ösztönzéséhez így különösen fontos a megbízható információs szolgáltatások fejlesztése. A módok közötti multimodalitás a költségek és az idő jellemzők mellett kényelmi tényezőkkel is ösztönözhető. A kényelmi tényezőkhöz tartoznak a különböző információs szolgáltatások is (Nykl et al., 2015). A közforgalmú közlekedésben, gyakran kevés idő és kevés információ áll rendelkezésére az utazónak a számára kedvező döntés meghozatalához. A valós idejű adatok alapján működő alkalmazásokkal ezen hátrányok csökkenthetők (Winkler és Horváth, 2017).

Az olyan alkalmazások, amelyek dinamikus és/vagy személyre szóló, multimodális információt közölnek intelligens személyes utazási asszisztensnek nevezik (Chorus és Timmermans, 2011). Az új generációs információs szolgáltatásokkal szembeni elvárások a következők: több alternatíva megadása utazási idő vagy fogyasztott energia alapján, valós idejű információ, átmeneti módok integrálása, útvonalak utazói preferenciák alapú értékelése (Kramers, 2014). Mégis, csak a valós idejű információ javaslat nélkül közlése nem elegendő (Jou et al., 2005).

Az útvonaltervezők leírása az irodalomban többnyire technikai jellegű (Su et al., 2010). Új multimodális útvonaltervező eljárások fejlesztése folyamatos a valóságnak megfelelőbb eredmények elérése érdekében. Például: klasszikus négy lépcsős forgalmi modell eredményeinek és a jelenlegi utazási igények alapján biztosított útvonalajánlat (Mátrai et al., 2016); hangyaalgoritmus alkalmazása multimodális útvonalajánlatokhoz (Katona et al., 2017); Dijkstra-algoritmus alkalmazásával a kiválasztott utazói réteg preferenciáit figyelembe vevő gyalogos és közforgalmú utazástervezés (Winkler és Horváth, 2017).

Az útvonaltervező alkalmazások összehasonlítása és értékelése a legtöbb tudományos munkában nem kvantitatív, hanem leíró jellegű. Multikritériumos elemzéssel az alkalmazások funkcionális (pl. foglalás), működési és megjelenítési jellemzői kvantitatív módon összehasonlíthatók (Esztergár-Kiss és Csiszár, 2015). Ugyanakkor a mélyebb összefüggések, logikai kapcsolatok és személyre szabási beállítások általában nem részletezettek. A jelenlegi útvonaltervezőknél többnyire hiányzik a létesítmények (pl. metró-, vasútállomás, intézmények) belső kialakítására vonatkozó részletes információs leképezés,

amely nélkül az útvonaltervezés kevésbé ad pontos eredményeket. Mindazonáltal számos tudományos cikk foglalkozik a létesítmények belső kialakításának adatmodellezésével, a lehetséges technológiák feltárásával (Mandloi és Thill, 2010, Thill et al., 2011).

Az útvonalak többszempontú értékelésével a felhasználó elvárásainak megfelelő útvonalajánlat biztosítható. Az egyik legnagyobb kihívás a közlekedési információs szolgáltatások személyre szabása (Van Oort és Van Nes, 2006). A személyre szabható beállítások fontosságának meghatározásával számos irodalom foglalkozott (Duleba et al., 2012, Sivilevičius és Maskeliūnaitė, 2010). Az utazók utazás előtti és utazás közbeni elvárásai különböznek; a már hosszabb ideje utazók bármely kényelmi tényező romlására érzékenyebben reagálnak. A preferenciák utazói csoportonként (diák, dolgozó, nyugdíjas) is eltérnek, amely preferenciák útvonaltervezési alkalmazásba történő beépítésével személyre szabott útvonalajánlatok adhatók csoportjellemzők által (Winkler, 2008). Alapvetően a preferenciák kialakításában nagy szerepet játszanak az utazók korábbi tapasztalatai (Papadakos és Tzitzikas, 2016).

Mivel minden helyváltoztatás tartalmaz legalább egy gyaloglási elemet, ezért a gyaloglás jelentősen befolyásolja a helyváltoztatási folyamat minőségét. A gyaloglás intelligens eszközökkel befolyásolható (Šimunović et al., 2009). A jármű (parkolóhely vagy megálló) eléréséhez vezető és az átszállási gyalogos útvonalak kiválasztásakor az utazó több tényezőt is figyelembe vesz (pl.: személyes benyomások, út geometriája, környezeti hatások) (Yuen et al., 2013). Általában az útvonalukat a legkisebb idő, távolság vagy ezek kombinációja alapján választják ki (Ortúzar és Willumsen, 2011).

A kerékpárosok esetében az útvonalválasztást leginkább a biztonság befolyásolja. Az egyéni gépjármű vezetők és kerékpárosok útvonalválasztási preferenciái is eltérőek, míg a gépjárművezetők az utazási időt tartják a legfontosabbnak, addig a kerékpárosok egyéb befolyásoló tényezőket is mérlegelnek (pl.: forgalomnagyság, domborzat, kerékpáros infrastruktúra) (Ehrgott et al., 2012). Az útvonalválasztási döntést befolyásoló szempontok például: kerékpárúthálózat, modal share, ösztönző programok, közforgalmú közlekedés szolgáltatási minősége (Braun et al., 2016).

Mivel az utasok kétszer olyan hosszúnak érzik a megállóhelyi várakozási időt, mint a járművön töltöttet (Leviäkangas, 2011), ezért ebben a fázisban a valós idejű adatok szolgáltatása különösen fontos (Hussain et al., 2018). A valós idejű információ megállóhelyi kijelzőn való megjelenítése csökkenti az érzékelt várakozási időt, pozitív pszichológiai hatással jár, növeli a fizetési hajlandóságot, ösztönzi a várakozási idő hatékony eltöltését, kihat a mód választásra, összességében javítja a felhasználói elégedettséget és a szolgáltató megítélését (Dziekan és Kottenhoff, 2007). A valós idejű adatokkal működő alkalmazást használó utasok várakozási ideje általában 30%-kal alacsonyabb, a várakozási idejüket pedig 13%-kal érzik kevesebbnek (Watkins et al., 2011).

A közforgalmú közlekedési mobilalkalmazásnál a személyre szabott beállítási lehetőségek és javaslatok, valamint az alternatívák vizuális közlése és a tanácsadás fokozza a felhasználói élményt (Velázquez és Monzón 2016). A valós idejű információk közlése a mobiltelefonos alkalmazások egyik leginkább igényelt funkciója (Khoo és Asitha, 2016).

Az irodalomkutatás eredményeként részfeladatonként a következőket állapítottam meg:

Okos közlekedés (1. feladat):

- A kutatások mérsékelten foglalkoznak a városlakóval, az utazóval; többnyire városüzemeltetésre helyezik a hangsúlyt, a kutatások nagy részben technológiai jellegűek.
- Az okos közlekedési rendszerek sokkal intenzívebb ICT eszköz- és szolgáltatás használatot várnak el az utazótól (pl.: utazástervező, elektronikus jegyrendszer).
- Az utazói döntések változhatnak utazás közben az utazó számára elérhető információ hatására.

Közúti autonóm járműves mobilitási szolgáltatások (2-4. feladat):

- Az autonóm járműves kutatások még csak kezdeti fázisban foglalkoznak a jármű köré épített mobilitási szolgáltatás tervezésével és üzemeltetésével. A hangsúlyt általában a járműirányítás fejlesztésére, a felhasználói elvárásokra és reakciókra, valamint a forgalomra gyakorolt hatásokra helyezik.
- Az automatizálással foglalkozó kutatások a járműirányítást helyezik az előtérbe. Olyan komplex automatizálási szinteket, amelyek figyelembe veszik a járműirányításon kívüli többi funkciót is egyelőre még nem határoztak meg.
- A személyes jellemzők (pl.: jövedelem, foglalkoztatottság jellege, lakóhely) és a jelenlegi utazási szokások jelentősen befolyásolják az autonóm járműves mobilitási szolgáltatásokkal szembeni elvárásokat és az elfogadást.
- A mobilitási szolgáltatások általános jellemzői (pl.: gyaloglási és várakozási idő, költség) jelentősen befolyásolják az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások megítélését is.

Útvonalértékelés (5. feladat):

- A legtöbb mai útvonaltervező összehasonlítása általában leíró jellegű.
- Az útvonaltervező alkalmazások a belső területeket, gyaloglási és kerékpározási mozgási fázisokat nem, vagy elnagyoltan veszik figyelembe; továbbá kevés a személyre szabható beállítás is.

Összefoglalva megállapítható, hogy az innovatív közlekedési rendszerek modellezése, mint kutatási célkitűzés megalapozott, mivel a kutatások mérsékelten foglalkoznak rendszerszintű elemzésekkel. A következő fejezeben a kutatás során alkalmazott módszereket foglalom össze.

4 Alkalmazott kutatási módszerek

A kitűzött céloknak és a definiált feladatoknak megfelelően számos klasszikus kutatási módszert alkalmaztam (pl.: multikritériumos elemzés, kérdőíves kutatás). Az okos és az autonóm közúti járműves közlekedési rendszerek, mint speciális információs rendszerek modellezéséhez bevezettem és alkalmaztam egy információs rendszereket elemző módszert.

4.1 Általános módszerek

A **rendszertervezés** alap összefüggéseit figyelembe véve elemeztem az okos közlekedés és autonóm járműves közlekedési rendszerek és szolgáltatások szerkezetét, működését.

Az adat és az adatokból képzett információ kulcsjelentőségű a jövő közlekedésében. Az adatok tároláshoz és feldolgozásához szükséges adatbázisok létrehozásánál a leggyakrabban **relációs adatmodellezés**t használnak. A relációs adatmodellezés a legelterjedtebb adatmodellezési eljárás, amely az egyedtípusokra és a tulajdonságokra helyezi a hangsúlyt. A relációs adatmodellekben az adatok tárolása az ún. relációkban valósul meg. Ebben a modellben nincsenek előre definiált kapcsolatok az egyes adatelemek között. Az egyedtípusok közötti kapcsolatok létrehozásához szükséges adatokat többszörösen tárolják. Relációs modellezésben a tulajdonság értékek teremtenek kapcsolatot a relációk között. Az autonóm járműves mobilitási szolgáltatás üzemeltetéséhez szükséges integrált adatbázis struktúránál relációs adatmodellezést használtam.

A közlekedési rendszerek és folyamatok összetettek. A **multikritériumos elemzés** alkalmas összetett rendszerek összehasonlítására (Van der Laan et al., 1997). A módszer során alternatívákat értékelünk számos szempont alapján, amelyek eltérő súllyal veendők figyelembe.

A döntési modellek közül a **súlyozott összeg modell** (WSM – Weighted Sum Model) az egyik legismertebb és legegyszerűbb multikritériumos elemzési modell. A módszer során értéket és súlyszámot rendelünk a szempontokhoz. Az összehasonlíthatóság érdekében az értékelő számok értékkészletét megegyezőre érdemes választani. A WSM esetében a súlyok összege 1. Az így kapott aggregált értékek alapján az alternatívák összehasonlíthatók. A WSM lehetővé teszi nagy mennyiségű adat, valamint a nem, vagy nehezen számszerűsíthető szempontok hatásának figyelembevételét is. A modellt a közforgalmú közúti mobilitási szolgáltatások automatizálási szintjeinek meghatározásához alkalmaztam.

A **Kesselring eljárás**, szintén egy multikritériumos elemzési eljárás. Első lépésben minden szemponthoz alternatívánkként értékelő számot és súlyt szükséges rendelni – a szempontok értékei 0..4 közötti számok lehetnek. Az értékek jelentéssel ruházhatók fel, amelyek az egyes szempontokat jellemzik. A normalizálással a különböző dimenziójú és dimenzió nélküli szempontok is összehasonlíthatóvá válnak. A súlyszámok 2..10 közötti értékek, kifejezik a szempont fontosságát. Második lépésben az egyes alternatívák összes pontszáma elosztásra kerül az ideális pontszámmal (minden szempont szerint a legjobb értékelés). A módszer előnye, hogy a tökéletes megoldástól való eltérés mértéke egyértelműen megállapítható. A vizsgált szempontok bővítésével egy új alternatíva felvétele módosíthatja a már kialakult sorrendet, így a kapott érték csak a vizsgált alternatívák halmazán jelenti a legjobbat. A módszert az útvonaltervező alkalmazások összehasonlításakor használtam.

Az utazói elvárásokat kérdőíves, fókuszcsoportos felméréssel vagy interjú készítéssel lehet gyűjteni. Utóbbi kettő főként kisebb mintákra alkalmazható, mélyebb összefüggések feltárására; míg a kérdőív nagy mintákra és általános érvényű összefüggések levonására alkalmas. Az általános érvényű következtetések levonását tűztem ki célul, ezért két esetben is **kérdőíves felmérés**t alkalmaztam. Feltártam az utazói elvárásokat, véleményeket az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatásokkal szemben, valamint az utazók útvonalválasztási preferenciáit.

A kérdőíveket rendszer- és folyamatszemléletben készítettem; a tervezéskor más, hasonló kérdőívek struktúráját tanulmányoztam. Mivel minden válaszadó máshogy értelmezhet egy kérdést, a kérdéseket

világosan, renduncia mentesen fogalmaztam meg (Hosseininasab, 2015). A leggyakoribb kérdéstípusok a feleletválasztós (Haladyna, 2011) és értékelőskálás (ún. Likert-skála) alapúak (Nemoto és Beglar, 2014). A feleletválasztós kérdésnél előre definiált válasz lehetőségek közül lehet választani általában egyet, vagy esetleg többet is. Likert-skála esetében a válaszlehetőségeket értékeli a felhasználó egy előre definiált skála alapján, ami például a fontosságot fejezi ki. A szabadszöveges válaszadás nehezen feldolgozható; kérdőíveimben nem szerepeltek.

A felméréseknek két típusa különböztethető meg:

- kinyilvánított preferencia (stated preference) vizsgálat,
- feltárt preferencia (revealed preference) vizsgálat.

Nem, vagy kevésbé ismert tényekre vonatkozó felméréseknél, elvárások gyűjtésénél a kinyilvánított preferencia felmérése lehetséges kérdőíves kutatással; ekkor a kitöltő egy elképzelt szituációra adott véleményét gyűjtjük. Kockázata nagyobb, mivel lehet, hogy a valóságban a kitöltő másként fog vélekedni és viselkedni. Ezzel szemben meglévő, ismert tényekre vonatkozó felméréseknél feltárt preferencia vizsgálata lehetséges, amely a felhasználó döntéseinek megfigyelésére épül. Az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások újszerűsége és így ismeretlensége miatt, csak kinyilvánított preferencia vizsgálatra volt lehetőségem a mobilitási szolgáltatással szembeni elvárások gyűjtésénél. A kérdőíves felmérések terjesztése előtt fókuszcsoporton vizsgáltam a kérdőívek érthetőségét, szerkezetét. A fókuszcsoport véleménye alapján módosításokat végeztem.

A különböző forrásokból származó adatok közötti kapcsolatok feltárásával következtetések vonhatók le. A kérdőívekkel gyűjtött adatokat adatbázisban, lekérdezések készítésével dolgoztam fel. Az adatcsoportok között **kapcsolatvizsgálatot** végeztem, így meghatározva az egyes adatcsoportok egymásra gyakorolt hatását. Mind az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatások, mind az útvonalválasztási preferenciákat feltáró kérdőív adatcsoportjai között végeztem kapcsolatvizsgálatot.

A közlekedési hálózat leképezésére a legelterjedtebb módszer a gráfok használata (Ortúzar és Willumsen, 2011). Az útvonalértékelési módszer valós közlekedési hálózatot és mobilitási szolgáltatást értékel, ehhez modelleztem a személyközlekedési hálózatot. Modellezéskor a hálózati elemek tulajdonságai mellett a helyváltoztatási folyamatot is leképeztem figyelembe véve az egyes módok jellemzőit (pl.: sebesség). Ehhez a **gráfelmélet** alapjait használtam fel.

A következtetések levonásakor **deduktív** és **induktív logikát** vegyesen alkalmaztam. Deduktív következtetések során az általánosból, feltételezésekkel élve az egyedire, míg induktív következtetéseknél az egyediből az általánosra jutunk. **Teljes indukció** során valamennyi egyedre vonatkozóan rendelkezünk információval, így lehetséges a nem torz, általános következtetések levonása is. Kérdőíves felmérések során induktív logikát alkalmaztam, a kitöltők válaszai alapján jutottam általános következtetésekre. Reprezentatív minta esetén teljes induktív következtetés valósítható meg. Az okos közlekedés és az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások modellezését, valamint a tervezési és üzemeltetési információs rendszerek kidolgozását deduktív logika mentén végeztem. A jelenlegi közlekedési rendszereknél és mobilitási szolgáltatásoknál elfogadott elvekből, megoldásokból indultam ki figyelembe véve az autonóm járművek sajátosságait. Hasonlóan az útvonalértékelő módszer kidolgozását is deduktív logika mentén végeztem. Az általánosan érvényesnek vélt útvonaltervezési beállításokból vezettem le a személyre szabási beállítási lehetőségeket.

4.2 Információs rendszerek elemzési és modellezési módszere

A *rendszer* általános definíciója: a rendszer egymással kapcsolatban álló, független elemek összessége (Wilson, 1984). Az *információs rendszer* az információ kezelését (rögzítés, feldolgozás, elérés) végző rendszer. Az információs rendszerek szerkezetük és működésük szerint elemezhetők és modellezhetők különböző felbontási mélység mellett. Az általános módszer kialakításához azonosítottam a főbb összetevő típusokat:

- információkezelési alrendszerek (beleértve a humán és gépi elemeket),
- információkezelési funkciók (információs szolgáltatások),
- adatcsoportok.

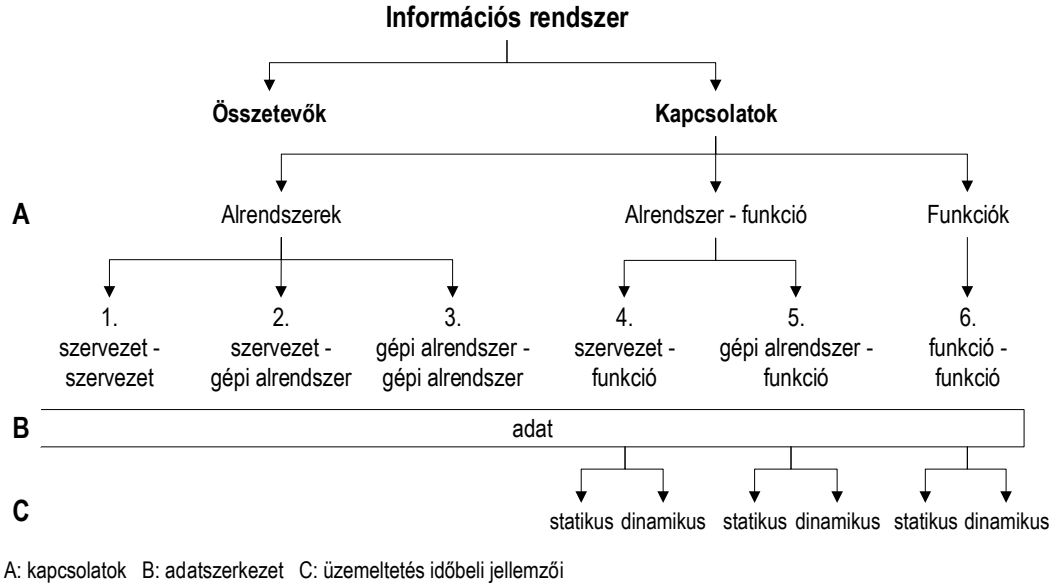
Az összetevők közötti logikai és fizikai kapcsolattípus többnyire több-több, ami a rendszer komplexitását növeli. Különösen új rendszerek bevezetése előtt a rendszer szerkezetének leképezése, az összetevők közötti kapcsolatok feltárása és ábrázolása szükséges. A következő modelltípusok különböztethetők meg:

- *szerkezeti modell*: az információkezelő rendszerösszetevők és kapcsolatainak leképezésére,
- *funkcionális modell*: az információkezelési funkciók és kapcsolatainak leképzésére.

Csoportosítottam az információs rendszerek elemzési és modellezési módszereit. Az elemzés és modellezés a következő felbontásban és szempontok szerint végezhető el:

A. *kapcsolatok*: a kapcsolatok azonosítása az összetevők között. Kapcsolat fennállhat azonos és eltérő típusú vagy felbontási szinten lévő összetevő között is. Mivel az alrendszerek emberi és gépi összetevőkből épülnek fel számos szervezet és gépi alrendszer között lehetséges feltárni a kapcsolatot. A gépi alrendszerek többnyire humán elemhez kapcsolódnak (pl. utazó saját okoskészülékéhez).
B. *adatszerkezet*: a kapcsolatokat az áramló adatok jelentik, így az adatcsoportoknak, azok tulajdonságainak és kapcsolatainak feltárása szükséges. Az adatátvitel a következő jellemzőkkel írható le: irányultság, adatmennyiség, időtartam, megbízhatóság, átviteli technológia.
C. *üzemeltetés időbeli jellemzői (statikus/dinamikus)*: funkciók közötti kapcsolatnál a kapcsolat időbeli jellemzőinek meghatározása szükséges. Két alapeset különböztethető meg: az üzemeltetés az időben változatlan (statikus) vagy az üzemeltetés a változó helyzetre reagál (dinamikus). Az időbeli jellemzők befolyásolják a bemeneti és kimeneti adatok körét.

A szempontokat és a felbontást a 4.1. ábrán foglaltam össze.



4.1. ábra: Információs rendszerek elemzési és modellezési szempontjai

Az elemzés és modellezés számos szempont figyelembevételével aggregált vagy elemi megközelítésben végezhető el. Elemi szinten a felbontást addig fokozzuk (top-down, fentről-lefelé megközelítés), míg az elemekig el nem jutunk. Az elemi megközelítés a meglévő és új rendszerek elemzésekor, értékelésekor és tervezésekor szükséges.

Legtöbb esetben az összetevők közötti kapcsolatok vizsgálandók. Az *A* felbontási mélységen a következő kapcsolatok definiálhatók:

- alrendszerek között:
  1. szervezet – szervezet,
  2. szervezet – gépi alrendszer,
  3. gépi alrendszer – gépi alrendszer,
- alrendszer – funkció között:
  4. szervezet – funkció,
  5. gépi alrendszer – funkció,
- funkciók között:
  6. funkció – funkció.

Az összefüggések vizuális szemléltetése érdekében ún. kétösszetevős modelleket vezettem be. Kettőnél több összetevő közötti kapcsolat ábrázolására multidimenziós mátrixot használtam.

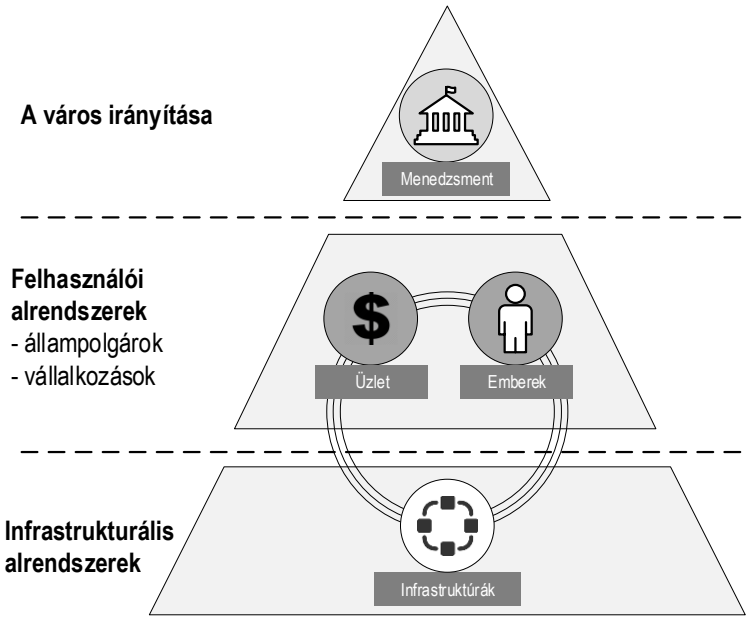
Az alkalmazási céloknak megfelelően a legalkalmasabb elemzési módszert választottam. Az innovatív közlekedési rendszerek és mobilitási szolgáltatások modellezésénél használtam fel a kidolgozott elemzési módszert (a modellek leírásánál az ebben a fejezetben definiált jelöléseket és elnevezéseket alkalmaztam):

- okos közlekedés szerkezeti modellje (5.1 fejezet):
  - *A* felbontási mélység: alrendszerek azonosítása,
  - *A3* kapcsolat: gépi alrendszerek között kapcsolat feltárása,
- okos közlekedés funkcionális modellje (5.2 fejezet):
  - *A* felbontási mélység: funkciók azonosítása,
  - *A5* kapcsolat: gépi alrendszerek – funkciók közötti kapcsolat feltárása,
  - *B* felbontási mélység: funkciók működéséhez szükséges adatcsoportok azonosítása,
- okos utazó információkezelési modellje (5.3 fejezet):
  - *A5* kapcsolat: okos utazó, mint gépi alrendszer - funkciók közötti kapcsolat feltárása,
  - *A3-B* kapcsolat: okos utazó alrendszer adatcsoport-szintű kapcsolatainak feltárása,
- autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás szerkezeti modellje (6.2 fejezet):
  - *A* felbontási mélység: alrendszerek azonosítása,
  - *A3* kapcsolat: gépi alrendszerek közötti kapcsolat feltárása,
- autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás tervezési információs rendszere (7.1 fejezet):
  - *A* felbontási mélység: tervezési funkciók azonosítása,
  - *B* felbontási mélység: funkciók működéséhez szükséges adatcsoportok azonosítása,
  - *A6-B* kapcsolat: tervezési funkciók adatcsoport-szintű kapcsolatainak feltárása,
- autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás üzemeltetési információs rendszere (7.2 fejezet):
  - *A* felbontási mélység: üzemeltetési funkciók azonosítása,
  - *B* felbontási mélység: funkciókhoz szükséges adattáblák és rekordok azonosítása,
  - *A6-B* kapcsolat: üzemeltetési funkciók adattábla szintű kapcsolatainak feltárása.

A következő fejezetekben az azonosított kutatási céloknak megfelelően a tématerületeken elért eredményeket foglalom össze.

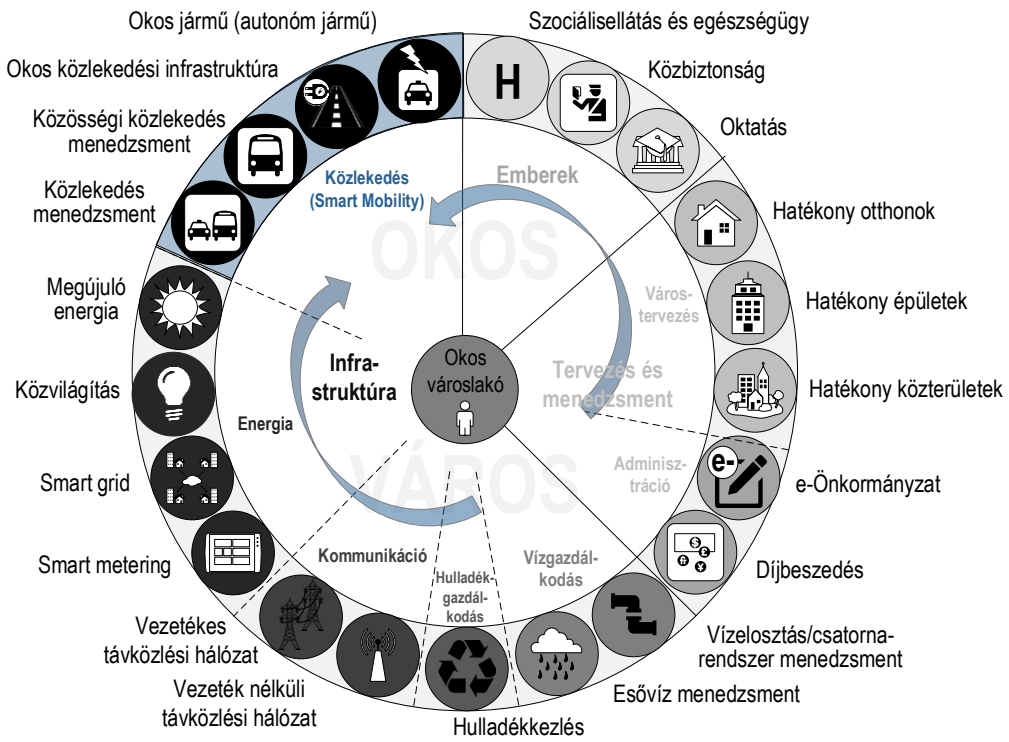
5 Okos közlekedési (smart mobility) rendszer modellje

Az okos város ötvözi egymással a technológiát, a kormányzatot és a társadalmat (IEEE, 2013). Egy olyan hely, ahol a hagyományos hálózatokat és szolgáltatásokat hatékonyabbá teszik a lakosok és vállalkozások számára digitális és telekommunikációs technológiák használatával (EC, 2015). Tehát az okos városban az információtechnológiát összekapcsolják az infrastruktúrákkal, eszközökkel, személyekkel, szervezetekkel, stb. szociális, gazdasági és környezeti problémák megoldása érdekében. Az okos város rendszerek rendszere (system of sytems). A különböző részrendszerek önálló rendszerként kezelendők, más-más célhierarchiával működnek, ugyanakkor a teljes rendszer céljainak eléréséhez magasabb rendű koordináció szükséges. Nem elegendő az egyik alrendszerre összpontosítani, figyelembe kell venni a többi alrendszer hatásait is (Pribyl, 2015). A legfontosabb szereplők: a város irányító szervezete (várostervezés, adminisztráció), a felhasználók (vállalkozások, városlakók), és az infrastruktúrát (pl.: közlekedés, energia, kommunikáció, hulladékgazdálkodás, vízgazdálkodás) működtető szervezetek (5.1. ábra). A fejlesztések központjában a városlakó áll (okos városlakó, smart citizen). Kiemelt cél a felhasználók döntéseinek támogatása; mindez megköveteli a felhasználó „okossá” válását is, annak érdekében, hogy az okos rendszerek használata ne okozzon nehézséget.



5.1. ábra: Az együttműködés szintjei egy okos városban
[forrás: Barsi és Lados (2011) alapján saját szerkesztés]

Az okos közlekedés (smart mobility) egy az okos város részrendszerei közül (5.2. ábra). Az okos közlekedés valós idejű adatok alapján működő rendszer, amely ötvözi egymással az emberi tudást, intelligenciát, döntési folyamatokat. Fejlett információs és kommunikációs technológiák kooperatív alkalmazását jelenti az infrastruktúrában, a járművekben és az utazóknál. Az okos közlekedési rendszerek célja az ember (utazó, személyzet) segítése, az emberi műveletek mértékének csökkentése, vagy teljes helyettesítése (pl.: autonóm járműves közlekedés). Az okos közlekedési rendszerekben egyidejűleg alkalmazzák a jármű, energia és infokommunikációs fejlesztések legújabb eredményeit (pl.: elektromobilitás és egyéb alternatív hajtásmódok alkalmazása; magas automatizáltságú funkciók és autonóm járművek használata). Terminológiai szempontból az okos mobilitás fordítás pontosabb, mivel az nem csak a helyváltoztatást (közlekedést), hanem egyéb kiegészítő jellemzőket is lefed (pl. a mozgáshoz kapcsolódó információs folyamatok). Ugyanakkor az okos közlekedés szóhasználat terjedt el, ezért az értekezésben ezt használom.



5.2. ábra: Okos város részrendszerei
[forrás: online elérhető ábra[2] alapján saját szerkesztés]

A részrendszerek egymással kölcsönhatásba lépnek. Az okos közlekedés a legtöbb részrendszerrel kapcsolatban áll. Az együttműködés többféle jellegű lehet. Egyrészt például a közlekedés hasznosítja a más részrendszerekből származó erőforrásokat (pl.: megújuló energiát előállító rendszer: járművek meghajtása, vagy oktatási rendszer: a szükséges munkaerő biztosítása). Másrészt a közlekedés megvalósítja a fizikai kapcsolatokat, az ember- és anyagáramlást (pl. hulladékkezelő rendszer: szemétszállítás). Az 5.2 ábrán a nyilak fejezik ki az okos közlekedés kapcsolatrendszerét.

A fejezetben ismertetem az okos közlekedési rendszer kidolgozott szerkezeti modelljét, amely szemlélteti az információkezelő összetevőket (alrendszereket) és a közöttük lévő kapcsolatokat. Az okos közlekedési rendszer funkcionális modellje az információkezelési funkciókat és azok kapcsolatait foglalja össze. Az utazó döntési folyamatainak megismerése érdekben modelleztem az okos utazó információkezelését. Ez alapján az utazói igényeket kielégítő információs szolgáltatások fejleszthetők. Ennek érdekében feltártam az okos utazó és a funkciók közötti kapcsolatokat; valamint az információkezelési folyamatokat. A fejezetben használt jelöléseket az 5.1. táblázatban foglalom össze.

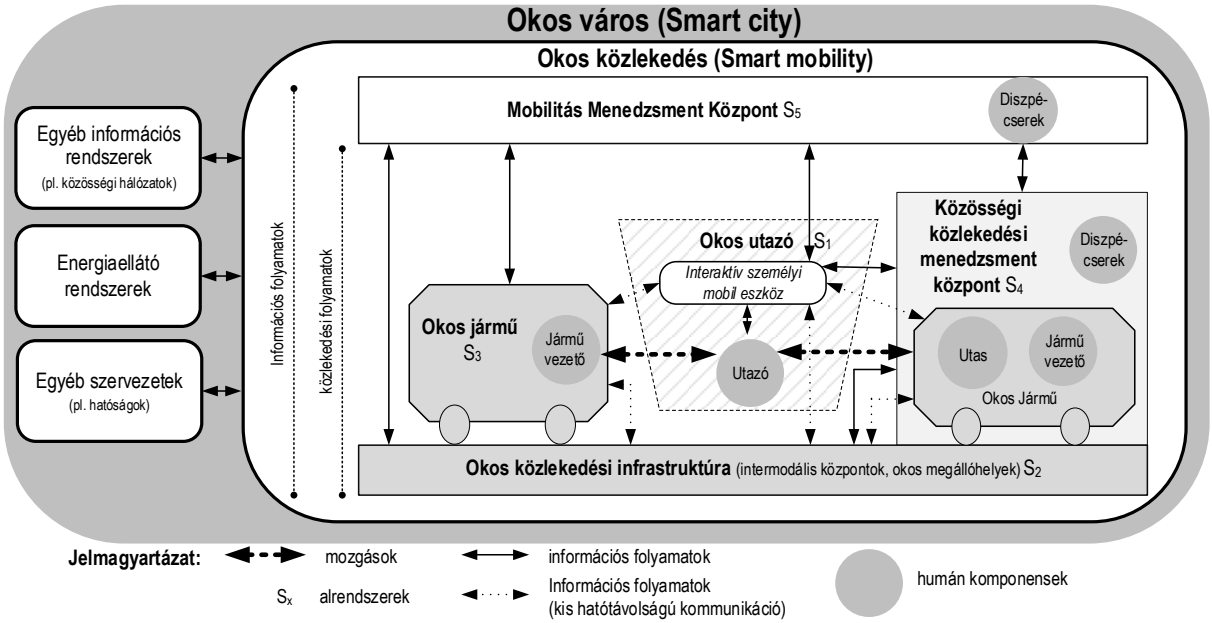
5.1. táblázat: 5. fejezetben alkalmazott jelöléstechnika

Jel	Megnevezés
m	alrendszer indexe m=1..5
S_m	alrendszer
n	működési cél indexe n=1..6
A_n	működési cél
i	funkciócsoport indexe i=1..8
F_i	funkciócsoport
j	funkció indexe egy adott funkciócsoporton belül $j \in \mathbb{N}$
$F_{i,j}$	funkció
k	adatcsoport indexe k=1..10
D_k	adatcsoport

[2] https://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/smarter_cities/overview/

5.1 Szerkezeti modell

Azonosítottam az okos közlekedési rendszer összetevőit (alrendszerek): S_m, ahol *m* az alrendszer indexe. Továbbá feltártam az összetevők közötti kapcsolatokat. Ez a kidolgozott elemzési módszer alapján az *A* felbontási mélységnek - alrendszerek azonosítása -, valamint *A3* - gépi alrendszerek közötti - kapcsolatnak felel meg. Az okos közlekedés szerkezeti modelljét az 5.3. ábrán mutatom be. A gépi komponensek humán szereplőkhöz kapcsolódnak; az ábrán a legfontosabb humán szereplőket is megjelenítettem (pl. diszpécserek).



5.3. ábra: Okos közlekedés szerkezeti modellje

A legfontosabb rendszer összetevők (alrendszerek):

S_1 okos utazó,
S_2 okos infrastruktúra,
S_3 okos jármű,
S_4 közösségi közlekedési menedzsment központ,
S_5 mobilitás menedzsment központ.

Az okos utazó (smart traveller) egy önálló alrendszernek tekinthető. Az utazó az interaktív okoskészülékén (okostelefon) futó funkciók segítségével kommunikál a rendszer többi összetevőjével. Az utazó fogalom minden olyan szerepkört lefed, amit az utazó a helyváltoztatás során felvehet (pl.: gyalogos, kerékpáros, járművezető, utas).

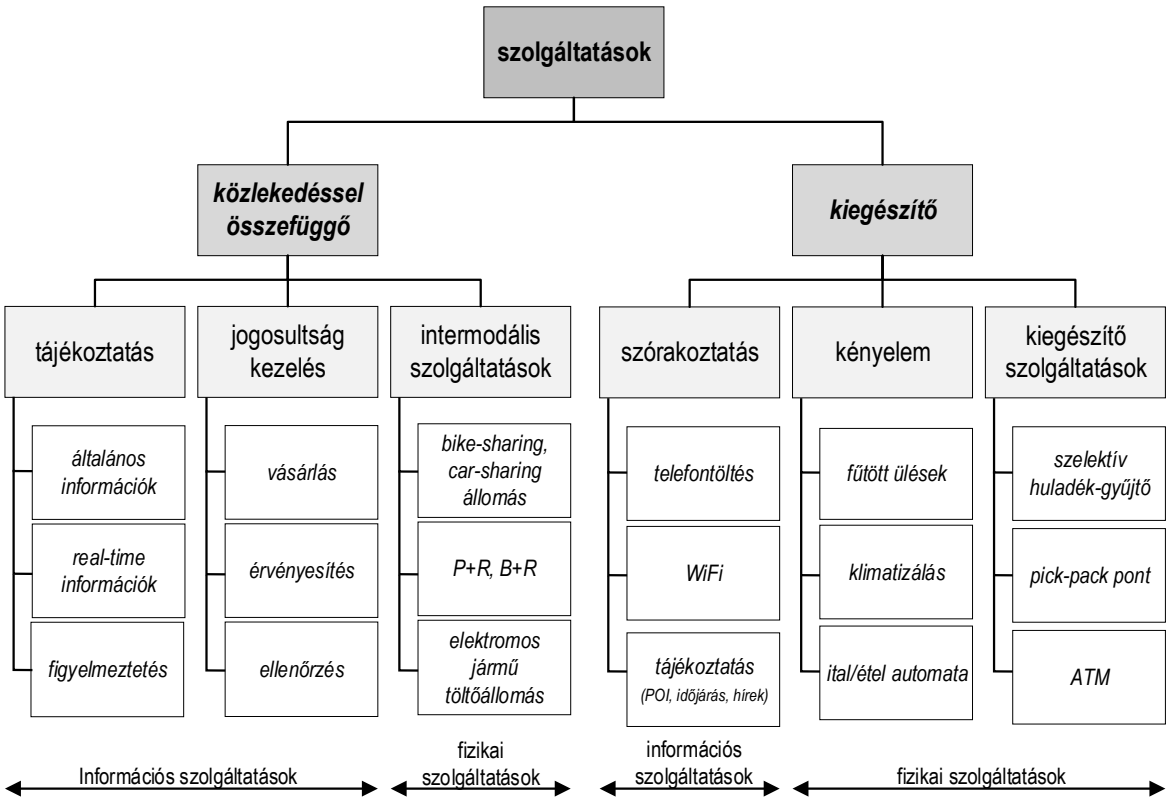
Az alrendszerek közötti kommunikáció lehet közvetett, valamely menedzsment központon keresztül, vagy közvetlen (pl. kis hatótávolságú kommunikáció). Az alrendszerek közötti kommunikáció M2M (machine-to-machine, gép-gép) típusú.

Az okos közlekedési rendszer jellegzetes külső információs kapcsolatai a következők:

- egyéb információs rendszerek (pl. közösségi hálózatok),
- energiaellátó rendszerek,
- egyéb szervezetek (pl.: hatóságok).

Az okos infrastruktúra alrendszer része az okos megállóhely (smart stop), ahol az utasáramlatok a rendszerbe be- és kilépnek. Ezek a jelentősebb forgalomvonzó létesítmények és helyszínek közelében telepítendők. Az okos megállók többféle szolgáltatással növelik az utazó fizikai és mentális komfortját.

Az okos megállók egyfajta szolgáltató központoknak is tekinthetők, ahol közlekedéssel összefüggő és közlekedéstől független szolgáltatások érhetők el (5.4. ábra).



5.4. ábra: Okos megálló szolgáltatásai

Az okos járműveket fejlett elektronikával, mesterséges intelligenciával működő számítógépes rendszerekkel szerelik fel. Cél a járművezetés támogatása, a biztonság fokozása. Nem csupán a személygépkocsik, hanem a mikromobilitási eszközök is lehetnek „okosak”. Az ilyen eszközök például rendelkeznek GPS vevővel a pontos nyomon követéshez, számítógéppel az ügyfél azonosításhoz, automatikus lakattal a tároláshoz.

5.2 Funkcionális modell

Az okos rendszerek használatával különböző célok érhetők el. Feltártam ezen célokat: A_n, ahol n a cél indexe:

- A_1 közlekedésbiztonság és védelem fokozása,
- A_2 energiahatékonyság fejlesztése,
- A_3 környezeti hatások csökkentése,
- A_4 időfelhasználás és költségek csökkentése,
- A_5 kapacitáskihasználás növelése.
- A_6 kényelem fokozása (vezetéstámogató funkciók, szórakoztatás).

Az okos közlekedési rendszer funkcionális modellezése érdekében alrendszerenként azonosítottam az információkezelő funkciócsoportokat (5.2. táblázat): F_i, ahol i a funkciócsoport indexe. Továbbá, azonosítottam a funkciócsoportokon belül a funkciókat (5.3. táblázat): F_{ij}, ahol j a funkció indexe i funkciócsoporton belül. Ez a kidolgozott elemzési módszer alapján az *A* felbontási mélységnek - funkciók azonosítása -, valamint *A5* - gépi alrendszer és funkció közötti - kapcsolatnak felel meg. Az okos utazóra közvetlenül hatást gyakorló funkciókat az 5.3. táblázatban szürke háttérrel emeltem ki. Az okos utazó információ kezelési modelljének kidolgozásánál ezen funkciókat vettem figyelembe. Ezenkívül feltártam,

hogy az azonosított funkciók mely cél eléréséhez szükségesek (5.3. táblázat utolsó oszlopai). Ezáltal, ha egy cél elrésének szándéka megfogalmazódik, kiválasztható, hogy mely funkció fejlesztése szükséges.

5.2. táblázat: Okos közlekedés alrendszerei és funkció csoportjai

S_m	**Alrendszer**	F_i	**Funkciócsoport**
S_1	Okos utazó (interaktív személyi mobil eszköz)	F_1	Okos utazó funkciók
S_2	Okos közlekedési infrastruktúra	F_2	Okos közlekedési infrastruktúra funkciók
S_3	Okos jármű	F_3	Okos jármű (+járművezető) funkciók
S_4	Közösségi közlekedési menedzsment központ	F_4	Közösségi közlekedési menedzsment
S_5	Mobilitás menedzsment központ	F_5	Forgalomirányítás
		F_6	Parkolás menedzsment
		F_7	Díjbeszedés (automata)
		F_8	Felügyelet, ellenőrzés, irányítás

5.3. táblázat: Okos közlekedés funkciói

F_i	F_{ij}	**Funkció**	**Cél**					
			A_1	**A_2**	**A_3**	**A_4**	**A_5**	**A_6**
F_1	$F_{1,1}$	Közlekedési információ közlése (valós idejű, hely- és esemény függő)				X		X
	$F_{1,2}$	Útvonaltervezés (személyre szabott, háztól-házig (door-to-door))				X	X	X
	$F_{1,3}$	Navigáció (hely- és esemény függő)	X	X	X	X	X	X
	$F_{1,4}$	Egyéb információ közlése (időjárási és környezeti információ)				X		X
	$F_{1,5}$	Crowdsourcing (adatgyűjtés az utazóról), véleményezés					X	
	$F_{1,6}$	Vészhívás, vészjelzés (automatikus módon)	X					
F_2	$F_{2,1}$	Alternatív meghajtású járművek töltő infrastruktúrájának üzemeltetése			X			
	$F_{2,2}$	Lokális környezeti és/vagy forgalmi adatok továbbítása a járműveknek		X	X	X	X	
F_3	$F_{3,1}$	Alternatív hajtásmódhoz tartozó üzemeltetési feladatok		X	X		X	
	$F_{3,2}$	Magas szinten automatizált vagy autonóm járműirányítás			X		X	
F_4	$F_{4,1}$	Helyfoglalás					X	X
	$F_{4,2}$	Átmeneti módok üzemirányítása			X		X	
	$F_{4,3}$	Autonóm járműves szolgáltatás üzemirányítása			X		X	X
F_5	$F_{5,1}$	Valós idejű és előrebecsült forgalmi adatok alkalmazása				X	X	
	$F_{5,2}$	Hálózati kiterjedtségű optimalizálás					X	
F_6	$F_{6,1}$	Parkolóhely-foglalás					X	X
	$F_{6,2}$	Park-sharing üzemirányítása					X	
F_7	$F_{7,1}$	Az utazó automatikus nyomkövetése					X	X
	$F_{7,2}$	Dinamikus díjak alkalmazása kapacitás és igényadatok szerint				X	X	X
F_8	$F_{8,1}$	Zavarelhárítási tervek készítése	X			X		
	$F_{8,2}$	Zavarok, anomáliák automatikus felismerése és kezelése	X			X		
	$F_{8,3}$	Vészhelyzetek automatikus felismerése és kezelése	X			X		

Azonosítottam a funkciók működéséhez szükséges adatcsoportokat (5.4. táblázat) annak érdekében, hogy a funkciók részletesen, adatszinten is leírhatók legyenek. Ez a kidolgozott elemzési módszer alapján a *B* felbontási mélységnek felel meg. A gyűjtött adatokat centralizált vagy decentralizált módon tárolják attól függően, hogy a tárolást a tulajdonos vállalat, vagy egy közlekedési központ valósítja meg. Egyes, az utazó számára jelentőséggel bíró, de a közlekedéshez csak közvetetten kapcsolódó adatokat (pl. D_{10} városi és turisztikai adatcsoport) nem feltétlen a mobilitás menedzsment központ tárolja.

Feltártam az egyes alrendszerek által kezelt adatcsoportokat a kapcsolatok elemi szintű feltárása érdekében. Ez a kidolgozott elemzési módszer alapján *A-B* – alrendszer és adatcsoport közötti – kapcsolatnak felel meg. Az 5.5. táblázatban egy ún. két összevős modellben ábrázoltam, hogy az egyes adatcsoportot (sorfejléc) mely alrendszer (oszlopfejléc) kezeli.

5.4. táblázat: Okos közlekedés adatcsoportjai

D_k	Adatcsoport	Leírás
D_1	Utazói	Alapadatok, aktuális igények és elvárások, fizetési és számlázási adatok
D_2	Infrastruktúra	Alapadatok, tervezett korlátozások (építkezés, rendezvény), aktuális állapot
D_3	Jármű (járművezető)	Általános adatok, pozíció, sebesség, kihasználtság, terhelés, jármű/járművezető diagnosztikai adatok (pulzus, szemaktivitás)
D_4	Működési (közösségi közlekedési rendszer)	Menedzsment stratégiák, menetrend, jármű és személyzet adatok, karbantartási adatok, foglalási/kihasználtsági adatok, közlekedési adatok
D_5	Forgalmi	Historikus, valós idejű, előre jelzett adatok, vészhelyzeti adatok
D_6	Parkolási	Elhelyezkedés, kapacitás, aktuális férőhely, állapot, üzemeltető, díjszabás
D_7	Időjárási és környezeti	Aktuális mérések adatai, előre jelzett adatok
D_8	Díjbeszedési	Árazási stratégai, foglalási, kihasználtsági adatok
D_9	Ellenőrzési, behajtási	Helyszín, idő, szabálysértés adatai, fizetés ideje
D_{10}	Városi és turisztikai	Szolgáltatási adatok (nyitvatartás, elérhetőség, tarifa, kapacitás)

5.5. táblázat: Alrendszerek által kezelt adatcsoportok

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
D_1	+	-	-	+	+
D_2	-	+	-	+	+
D_3	-	-	+	+	+
D_4	-	-	-	+	-
D_5	+	+	+	+	+
D_6	-	+	-	-	+
D_7	+	+	+	+	+
D_8	+	+	-	+	+
D_9	+	-	-	+	+
D_{10}	+	-	-	-	-

\+ kezelt adatcsoport
\- nem kezelt adatcsoport

5.3 Az okos utazó (smart traveller) információkezelési modellje

Az okos utazó információkezelésének modellezése érdekében részletesen, elemi szintig feltártam az okos utazó alrendszer és funkciók közötti adatkakapcsolatot. A gépi alrendszerekkel a kommunikáció elsősorban az utazó okoskészülékén keresztül zajlik. Korszerű alkalmazásban megtalálhatók az utazóra közvetlenül hatást gyakorló funkciók, amelyeket az 5.3. táblázatban szürke háttérrel emeltem ki. A legkorszerűbb alkalmazás értéknövelt, helyalapú, személyre szabott információt kínál a teljes, háztól-házig tartó utazás során döntéstámogatással valós idejű és előre jelzett adatok felhasználásával. A fejlesztés során kiemelt figyelmet szükséges fordítani az ember-gép interfész kialakítására. A következőkben a feltárt kapcsolatokat mutatom be.

Az okos utazóra vonatkozó funkciók és az alrendszerek közötti kapcsolat (5.6. táblázat): ez a kidolgozott elemzési módszer alapján *A5* – gépi alrendszer és funkció közötti – kapcsolatnak felel meg. A táblázat egy ún. kétösszetevős modell, cellái egy alrendszer (oszlopfejléc) adott funkció (sorfejléc) működésében való részvételét írja le. A terjedő automatizálás következtében azonosítottam azon funkciókat, ahol az adatátvitelt egyre inkább az automatizáltság jellemzi (szürke háttér).

5.6. táblázat: Alrendszerek és okos utazó funkciók közötti kapcsolatok

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
$F_{1,1}$	+	+	+	+	+
$F_{1,2}$	+	-	-	+	+
$F_{1,3}$	+	+	+	+	+
$F_{1,4}$	+	+	+	-	-
$F_{1,5}$	+	-	-	+	+
$F_{1,6}$	+	+	+	+	-
$F_{4,1}$	+	-	-	+	-
$F_{4,2}$	+	-	+	+	-
$F_{4,3}$	+	-	+	+	-
$F_{6,1}$	+	-	-	-	+
$F_{6,2}$	+	-	-	-	+
$F_{7,1}$	+	-	-	+	-
$F_{7,2}$	+	+	-	+	+

\+ részt vesz a funkció működésében
\- nem vesz részt a funkció működésében
▭ automatikus adatátvitel

Az okos utazó alrendszer adatcsoport-szintű kapcsolatai a többi alrendszerrel (5.7. táblázat): ez a kidolgozott elemzési módszer alapján *A3-B* – gépi alrendszerek és adatok közötti - kapcsolatnak felel meg. A táblázat egy többdimenziós mátrix, ahol a sor és oszlopfejlécek az alrendszerek, a „harmadik dimenzió" pedig az adatcsoportok. Mivel a kapcsolatok az összetevők között az adatok áramlásában valósulnak meg, így ábrázoltam az irányultságot is (bemenő vagy kimenő adat). Azonosítottam az átvitel időbeli jellemzőit is (eseményvezérelt vagy időciklus szerinti), valamint becsültem az áramló adatmennyiség mértékét az adatcsoportok pontos jellemzése érdekében. Az áramló adat mennyisége alapján a D_4 és D_5 adatcsoport kiemelt jelentőségű. A D_4 adatcsoport valós idejű közlekedési információ szolgáltatása, míg a D_5 adatcsoport közvetlen és automatikus kommunikáció az utazó okoskészüléke és a járművek között, ami különösen vészhelyzetek elkerülésénél válik jelentőssé.

5.7. táblázat: Alrendszerek közötti adatcsoport-szintű kapcsolatok

Al-rendszer	Adat-csoportok	Alrendszerek				
		S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
S_1	D_1	-	-	-	↗	↗
	D_2	-	↙	-	↙	↙
	D_3	-	-	↙	↙	↙
	D_4	-	-	-	↙	-
	D_5	↔	↙	↙	↔	↔
	D_6	-	↙	-	-	↙
	D_7	-	↙	↙	↔	↔
	D_8	-	↗	-	↔	↔
	D_9	-	-	-	↔	↔
	D_{10}	-	↙	-	-	-

↗ bemeneti adat a gépi rendszernek (S_1-től); ↙ kimeneti adata a gépi rendszertől (S_1-nek);
↔ be- és kimeneti adat (kétirányú adatáramlás); nyíl fejek mérete: áramló adat mennyisége (kis, közepes, nagy);
▭ eseményvezérelt vagy időciklus alapú átvitel; ▭ eseményvezérelt átvitel

Az utazó egy ágensnek tekinthető, ami egy multi-ágens környezetben működik. Nem csupán reagál a környezetre, hanem célorientáltan viselkedik. Az ember képes integrálni a különböző csatornákból érkező információt és feloldani az ellentmondásokat. Mivel az emberi információtárolási és -feldolgozási képessége korlátos és a hibázási arány is magasabb, ezért gépeket használunk az utazó kognitív kapacitásának megnövelésére. Ez szükséges, mivel a mobilitási szolgáltatások használata egyre

bonyolultabbá válik, ugyanakkor **az utazó emberi képességei végesek, így információs támogatásra van szüksége**. A támogatás egyrészt immobil, másrészt egyre inkább mobil telematikai eszközökkel lehetséges. **Az emberi és gépi információkezelési műveletek hasonló logikai felépítésűek. Ezért az emberi információkezelés jelentős mértékben támogatható vagy kiváltható megfelelően illesztett infokommunikációs technológiával. A humán információkezelés feltárt jellemzői alapján fejleszthető a gépi rendszer.** A kapcsolatokat a gépek felhasználói felülete és funkcionalitása is befolyásolja. A gépek legjelentősebb előnyei, hogy megbízhatóak és gyorsak, míg az ember legjelentősebb előnyei a kognitív kapacitás és az érzelmek. Bár az automatizálás kihat az utazó információkezelésére, az emberi kognitív képesség és döntéshozatal továbbra is fontos marad a véletlenszerű közlekedési folyamatok kezelésénél.

Általánosságban két kommunikációs mód különböztethető meg (Baranyi és Csapó, 2012):

- intra-kognitív kommunikáció: emberek közötti kommunikáció (pl. a járművezető tájékoztatást nyújt az utazóknak),
- inter-kognitív kommunikáció: ember–gép közötti kommunikáció (pl. jegyautomatából vásárlás).

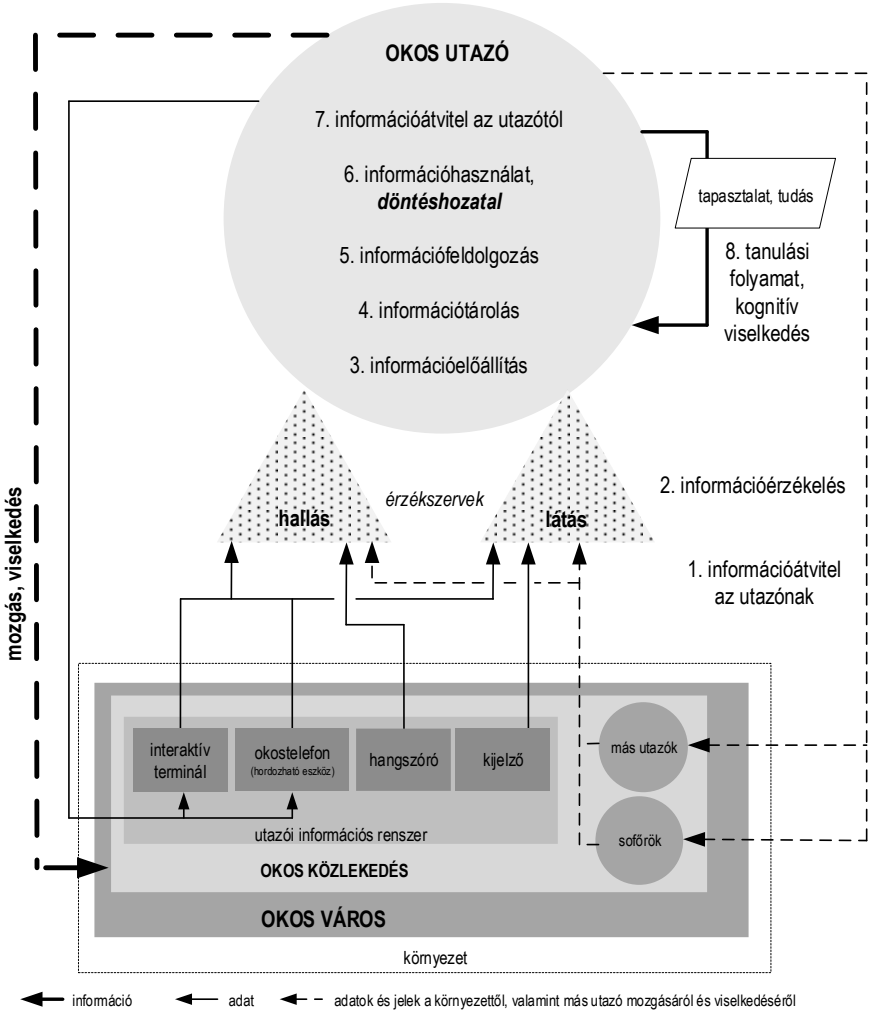
Ugyanakkor a **gépi és humán szereplők mellett egyre nagyobb arányban vesznek részt a közlekedésben olyan okos humán szereplők, akik döntéseit információs szolgáltatások támogatják közvetlenül.** Például ICT eszközökkel támogatott diszpécser. A diszpécser ezáltal képes értéknövelt tájékoztatást nyújtani az utasoknak. Bevezettem a **semi-kognitív kommunikáció** fogalmát az olyan emberek közötti kommunikációra, ahol legalább az egyik szereplő „okos” humán szereplő. Ez egy köztes kommunikációs mód az intra- és inter-kognitív kommunikáció között.

A funkciók és adatcsoportok közötti kapcsolatok modellezésével feltártam az információkezelési folyamat bemeneti adatait. Az adatokat az utazó információvá alakítja és felhasználja a döntési folyamatához. Modelleztem az utazók információkezelési folyamatát (5.5. ábra). A sorszámok a folyamatok logikai sorrendjére utalnak. Az utazók az információt számos egyéni és kollektív csatornán keresztük gyűjtik be érzékszerveiket használva (hallás, látás). A legfontosabb információ források:

- közlekedési információs rendszerek,
- más utazók (utas, sofőr),
- saját tapasztalat, tudás.

Az információ hordozhat tájékoztató, befolyásoló, figyelmeztető, tiltó, döntést támogató jelentést. Az utazó az adatokat és jeleket információvá alakítja agyi és kognitív kapacitását, valamint egyéb képességeit használva (pl. olvasás). Az információ képzése, tárolása és feldolgozása a központi idegrendszerben történik. Az utazók döntéseiket a megszerzett és értelmezett információ alapján hozzák. Döntéseiket az utazás térbeli, időbeli jellemzői, a módválasztás, stb. befolyásolják. Mindemellett döntéseikre saját természetük és személyes jellemzőik is hatást gyakorolnak. A döntés eredménye egy mozgási művelet vagy adatbevitel. Minden korábbi döntés eredménye befolyásol egy újabb döntési helyzetet; a tanulás egy folytonos folyamat. Ugyanakkor az egyéni döntések eredményei más utazók döntési folyamatát is befolyásolják. A különböző utazói szerepkörök információkezelése eltérő, különbség a használt információforrásokban, valamint a döntés eredményeként végrehajtott mozgási műveletben, adatbevitelben van.

Az utazók helyváltoztatása egy összetett döntésisorozat eredménye. Egyes mozgások rutinszerűek, míg mások egy átgondolt folyamat eredményei. A komplex döntési folyamatot az egyének, valamint a közlekedési rendszer statikus és dinamikus jellemzői befolyásolják. A közlekedési rendszer hatékonysága nagymértékben függ az utazókat befolyásoló információs rendszerre adott válaszoktól. A kidolgozott információkezelési modell utazástervezést támogató módszerek fejlesztésének alapjául szolgálhat (szükséges adatcsoportok azonosítása, döntési folyamat feltárása).



5.5. ábra: Az okos utazó információkezelési folyamata

A fejezetben ismertettem az okos közlekedés szerkezeti és funkcionális modelljét, valamint modelleztem az utazó információkezelési folyamatát. Megállapítottam, hogy az emberi és gépi információkezelés műveletek hasonló logikai felépítésűek, ami lehetővé teszi az emberi információkezelés támogatását, kiváltását. A mobilitási szolgáltatások használata egyre bonyolultabbá válik. Ugyanakkor az utazó információtárolási és -feldolgozás képessége korlátos, a hibázási aránya is magasabb. Ebből kifolyólag gépeket használunk az utazók információs támogatásra, döntésifolyamatainak segítésére, kognitív kapacitásának kiterjesztésére. Egyre nagyobb arányban jelennek meg a gépi és humán összetevők mellett olyan okos humán komponensek, amelyek döntéseit információs szolgáltatások támogatják.

A fejezetben bemutatott eredmények alapján fogalmaztam meg 1. tézisemet:

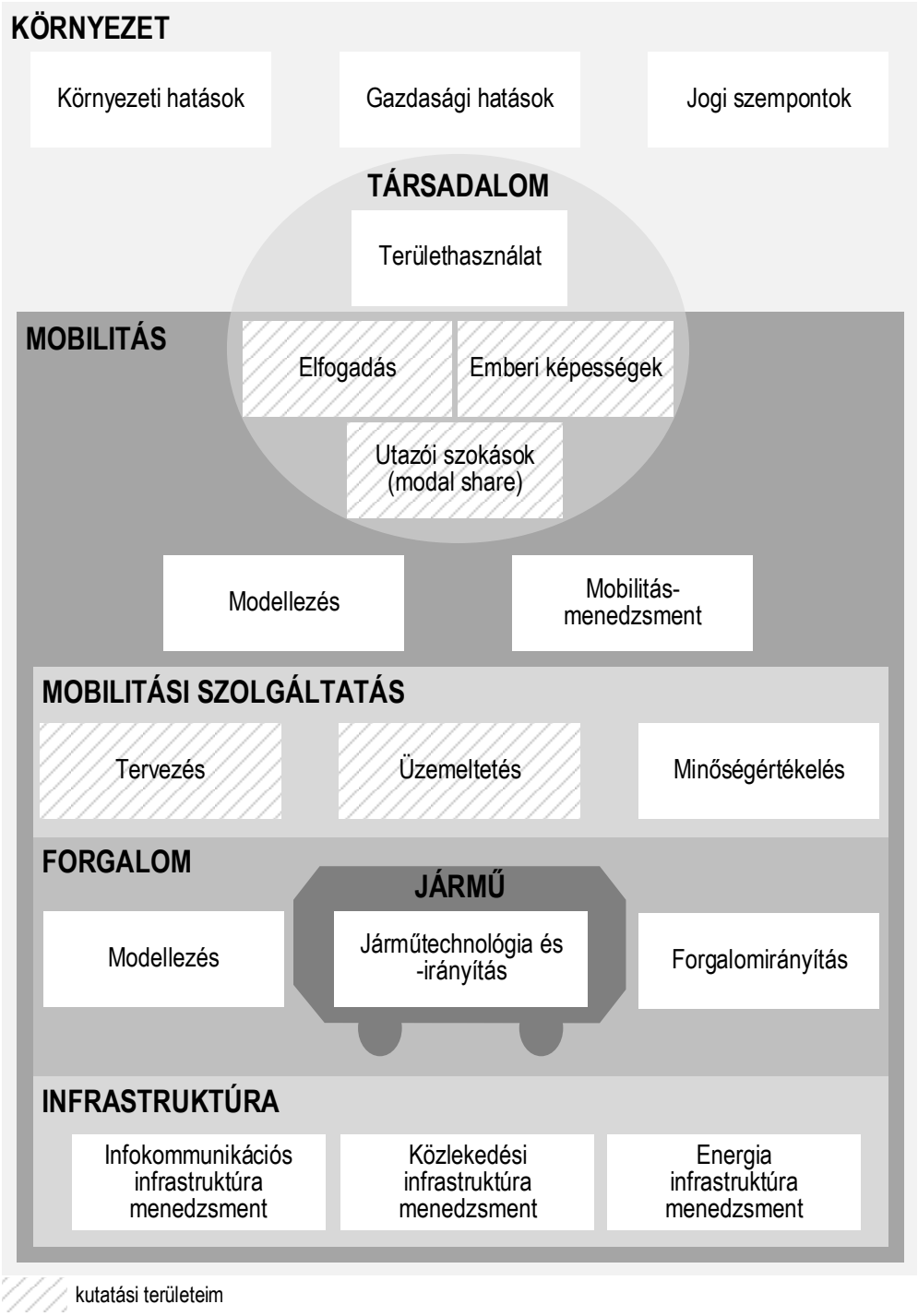
Kidolgoztam az okos közlekedési rendszer szerkezeti és működési modelljét különös tekintettel az utazó információkezelési folyamatára. Megállapítottam, hogy az emberi és a gépi információkezelési műveletek hasonló logikai felépítésűek. A humán információkezelés feltárt jellemzői alapján fejleszthető a gépi rendszer. Ezáltal az információkezelés jelentős mértékben támogatható és kiváltható megfelelően illesztett infokommunikációs technológiával.

Kapcsolódó saját publikációk: (Csiszár és Földes, 2015a), (Csiszár és Földes, 2015b)

Az automatizálás és az autonóm járművek integrálása az okos közlekedési rendszer új kihívásai. A következő fejezetben ismertetem az autonóm közúti járművek köré épített személyközlekedési rendszert, az azonosított mobilitási szolgáltatásokat és a feltárt hatásokat.

6 Autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás modellje

Az autonóm közúti járművek elterjedése jelentősen megváltoztatja az okos közlekedési rendszereket. Változnak a mobilitási szolgáltatások, a forgalom lebonyolódása, az infrastruktúra, a társadalom és a környezet. Ezen területeken belül azonosítottam a részterületeket is (6.1. ábra), ezáltal a potenciális kutatási irányokat is. Az irodalmi áttekintés is rámutatott arra, hogy a jelenlegi kutatások az autonóm jármű mobilitási szolgáltatási környezetbe való helyezésével kevésbé foglalkoznak. A szolgáltatások tervezési és üzemeltetési módszereinek kidolgozása kezdetleges, illetve az új technológia társadalmi hatásai még feltáratlanok. A kutatási területeimet az ábrán sraffozott háttérrel emeltem ki.



6.1. ábra: Autonóm járművekre épülő közlekedési rendszer – kutatási irányok

Célom az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás modellezése volt. Ennek érdekében elemeztem a jelenlegi közlekedési módokban bekövetkező változásokat. Azonosítottam a szolgáltatási típusokat. Kidolgoztam az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás szerkezeti modelljét az információkezelő összetevők (alrendszerek) és közöttük lévő kapcsolatok feltárása érdekében. Kidolgoztam a szolgáltatás működési modelljét a tervezési és üzemeltetési feladatok megalapozása érdekében. Kérdőíves adatgyűjtési és feldolgozási módszert fejlesztettem az utazói elvárások elemzéséhez. Az eredmények (többek között) felhasználhatók a mobilitási szolgáltatások tervezéséhez és a hatások becsléséhez. Feltártam az autonóm járműves közlekedési rendszer hatásterületeit, becsültem a változásokat. A hatások becslése érdekében számítási módszert dolgoztam ki a modal share változás meghatározására. A módszer a kérdőíves felmérés eredményeit használja bemeneti adatként. A fejezetben használt jelöléseket a 6.1. táblázatban foglalom össze.

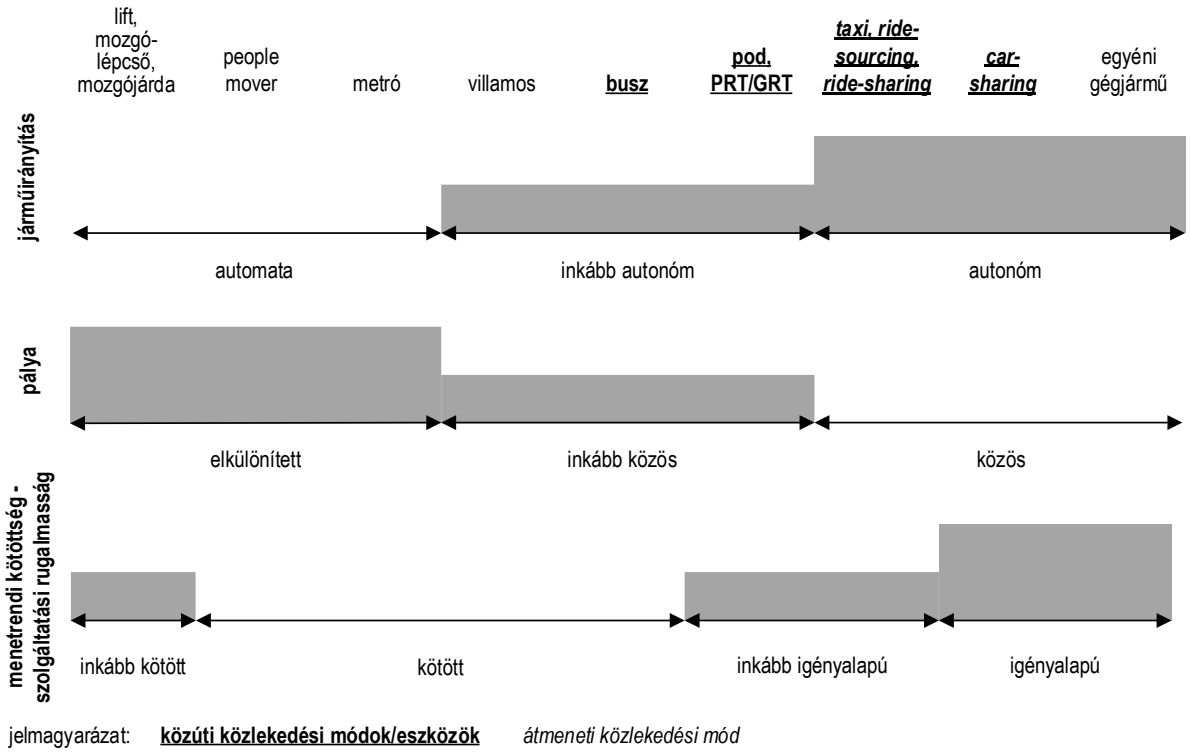
6.1. táblázat: 6. fejezetben alkalmazott jelöléstechnika

Jel	Megnevezés
j	autonóm járműves szolgáltatástípus indexe j=1..4
S_j	autonóm járműves szolgáltatástípus
n	lekérdezés indexe $n \in \mathbf{N}$
m	kérdőív kérdésének azonosítója (lekérdezés alapja) $m \in \mathbf{N}$
Q_n^m	lekérdezés
k	válaszadó indexe $k \in \mathbf{N}$
i	jelenlegi közlekedési mód indexe i=1..4
${}_k^i l$	*k.* válaszadó utazási távolsága *i.* móddal [km]
${}_k^i f$	*k.* válaszadó utazási gyakorisága *i.* móddal egy adott időintervallumon [utazások száma/hónap]
${}_k^i a_j$	*k.* válaszadó váltási hajlandósága *i.* módról *j.* típusra [%]
${}^i L$	*i.* móddal megtett összes utazási távolság adott intervallumon belül [km]
M_i	*i.* mód jelenlegi számított modal share értéke
M_i^{real}	*i.* mód jelenlegi valós modal share értéke
${}^i c$	korrekciós tényező
L_j^*	*j.* típussal megtett jövőbeli összes utazási távolság [km]
${}^i L^*$	*i.* móddal megtett jövőbeli összes utazási távolság [km]
M_i^*	jövőbeli modal share *i.* módra
M_j^*	jövőbeli modal share *j.* típusra
l_j	*j.* típus ráhordó szakasz utazási hossza
${}^i D_{i=3,4}^*$	nagy kapacitású közforgalmú közlekedésre vonatkozó összes kiegészítő utazási távolság [km]

6.1 Mobilitási szolgáltatás típusok

Elemeztem a jelenlegi városi motorizált közlekedési eszközöket a releváns változások azonosítása érdekben. Az így levont következtetések a személyközlekedési módok változásának vizsgálatánál hasznosítottam.

Jellemeztem a közlekedési eszközöket a járműirányítás automatizálási szintje, a pálya jellemzője és a szolgáltatás menetrendi kötöttsége alapján (6.2. ábra). A nem automatizálható eszközöket nem tüntettem fel. A szürke terület mérete megmutatja, hogy mennyire jellemző a járműirányításnál az autonóm jelleg, pálya esetén az elkülönített pálya, illetve a szolgáltatási rugalmasság (az aktuális igényekhez igazított kapacitás). Például, az autóbuszok járműirányítás szerint többnyire autonómok (lesznek), de bizonyos körülmények között, amikor a pálya elkülönített (pl. BRT rendszereknél) az automata jellemző is megfelelő. *Dőlt* betűvel az ún. átmeneti közlekedési módokat jelöltem. Az ábrán **félkövér** betűvel emeltem ki a közúti közösségi közlekedési módokat/eszközöket. A továbbiakban elsősorban az ezek által nyújtott szolgáltatás változásával foglalkoztam. Megállapítottam, hogy **minél inkább igényalapú egy szolgáltatás, annál inkább jellemző az autonóm járműirányítási jelleg**. Továbbá, **ha a pálya elkülönített, az autonóm jelleg kevésbé szükséges** (pl.: automata metró, people mover).



jelmagyarázat: **közúti közlekedési módok/eszközök** *átmeneti közlekedési mód*

6.2. ábra: Automatizálható városi személyközlekedési eszközök főbb jellemzői

Elemeztem a meglévő magasan automatizált és autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatásokat. A mai PRT és GRT (People -, Group Rapid Transit) szolgáltatások többnyire magasan automatizált járművekkel működnek, illetve tesztfázisban már autonóm járművek is megjelentek. Leginkább személyautókat, illetve kis kapacitású buszokat fejlesztenek, mely utóbbira elterjedt a „pod", azaz kapszula elnevezés. A járműfejlesztések vagy termék- (hagyományos és új járműgyártók), vagy szolgáltatás-orientáltak (pl. Waymo, Uber). Utóbbiak esetében az autonóm jármű fejlesztések célja többnyire taxijellegű (ride-sourcing) szolgáltatás üzemeltetése. Ezeken kívül elkezdődött a nagyobb kapacitású autonóm autóbuszok (pl. CityPilot projekt), illetve a villamosok fejlesztése is.

Összehasonlítottam a jelenlegi autonóm járműves szolgáltatásokat különböző, jellemző tulajdonságaik alapján (6.2. táblázat) a fejlődési tendenciák azonosítása érdekében:

1. szolgáltatás célja: a) ráhordó, b) pont-pont, c) egyéb (pl. turisztikai),
2. kiszolgált terület: a) sűrűn lakott terület (pl. belváros), b) speciális terület (pl. egyetemi campus), c) közlekedési csomópont (pl. reptér), d) egyéb (pl. települések között),
3. pálya: a) elkülönített, b) inkább közös (pl. keresztezésnél előnyben részesítés), c) közös,
4. járműirányítás: a) automata, b) inkább autonóm (pl. útba épített markerek követése), c) autonóm (GNSS vagy egyéb helymeghatározó technológia alapján).

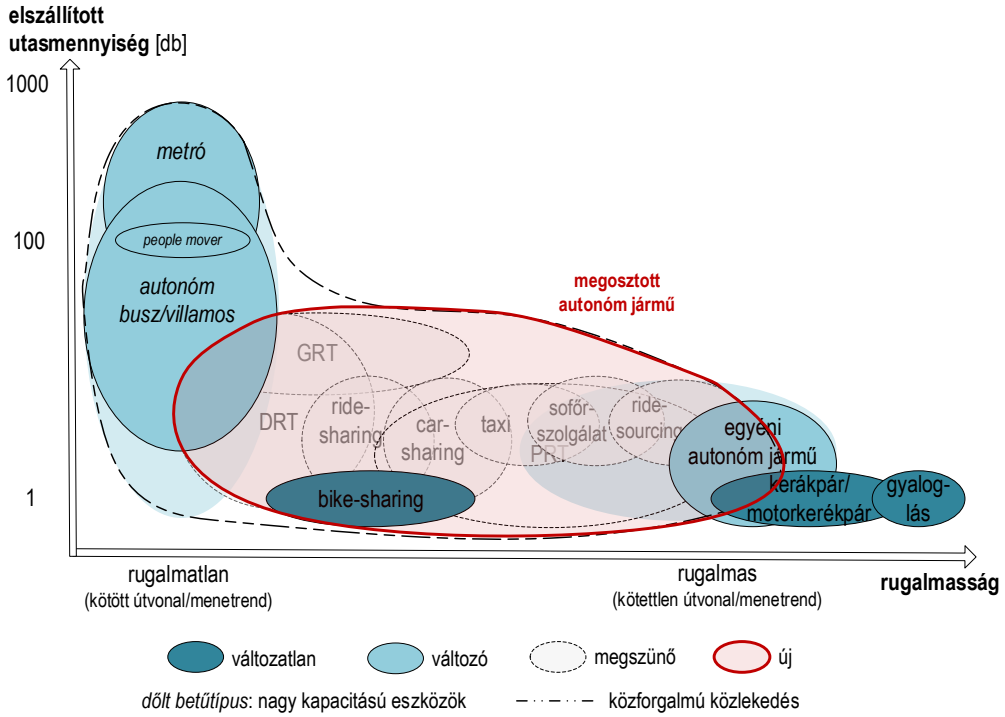
Megállapítottam, hogy **a jelenlegi szolgáltatások többnyire tesztfázisban működnek;** több szolgáltatás jelenleg nem is üzemel, mert a tesztelési időszak véget ért, de a bevezetésük nem történt meg. Többségük **elkülönített pályán, vagy csökkentett forgalmú övezetekben működik**, ahol a konfliktusok száma más közlekedőkkel kevesebb. Céljuk a járműirányítási technológia fejlesztésén túl az utazói reakciók megfigyelése és mérése (pl. Citymobil2 projekt keretében megvalósuló tesztek (Christie et al. 2016)). Ugyanakkor az utaskezelési funkciók automatizálásával egyelőre csak csekély mértékben foglalkoznak.

6.2. táblázat: Autonóm járműves szolgáltatások összehasonlítása

jármű típus	megnevezés	város (ország)	1 szolgáltatás célja		2 kiszolgált terület		3 pálya		4 járműirányítás		férőhely [utas]
car	Grab (nuTonomy)	Szingapúr	b	ride-sourcing	a	üzleti negyed	c	városi utak	c	GNSS, akadály felismerés	2(-4)
	Uber	Pittsburgh, San Francisco (USA)	b	ride-sourcing	a	zöldövezeti/IT negyed	c	városi utak	c	GNSS, akadály felismerés	2(-4)
PRT	Masdar	Masdar City (Abu Dhabi)	b	luxus szolgáltatás	b	irodaépületek között	a	épületek alatt	a	programozott útvonal, markerek követése	4
GRT/ pod	Citymobil2*	Lausanne (Svájc)	b	új mobilitási szolgáltatás	b	egyetemi campus - vasútállomás	b	gyalogos övezet	b	sávok követése	6
	Citymobil2*	La Rochelle (Franciaország)	c	turisztika	a	kikötő	b	gyalogos övezet	b	markerek követése	8
	Citymobil2*	Trikala (Görögország)	c	turisztika	a	városközpont	b	gyalogos övezet	b	programozott útvonal, sávok követése	10
	WEpod*	Wageningen - Ede (Hollandia)	b	városok összekapcsolása	d	két város között	c	városi utak	c	kötött útvonal, akadály felismerés	6
	Schiphol*	Amsterdam (Hollandia)	a	gyaloglás kiváltása	c	reülőtéri parkoló - terminál	a	keresztezési prioritás	b	programozott útvonal, akadály felismerés	8
	Vantaa*	Vantaa (Finnország)	c	gyaloglás kiváltása	a	kiállítási terület - vasútállomás	a	keresztezések nélkül	b	sávok követése	8
	Smart Shuttle*	Sion (Svájc)	c	turisztika	a	óváros	b	forgalom csökkentett övezet	c	útvonal feltérképezése, akadály felismerés	15
	Civaux*	Civaux (Franciaoszág)	b	gyaloglás kiváltása	b	atomerőmű épületei között	b	gyalogos övezet	c	programozott útvonal, akadály felismerés	20
	Berlin (BVG)	Berlin (Németország)	b	új mobilitási szolgáltatás	b	kórház épületei között	b	forgalom csökkentett övezet	c	GNSS, akadály felismerés	15
	Berlin (DB)	Berlin (Németország)	a	új mobilitási szolgáltatás	b	egyetemi campuson belül	b	forgalom csökkentett övezet	c	GNSS, akadály felismerés	12
	Bécs (Vor)	Bécs (Ausztira)	a	új mobilitási szolgáltatás	b	új, okos városrész	b	forgalom csökkentett övezet	c	GNSS, akadály felismerés	12
bus	CityPilot	Amsterdam (Netherlands)	b	meglévő szolgáltatás helyett	d	repülőtér - városközpont	a	keresztezési prioritás	c	programozott útvonal, akadály felismerés	>20

* jelenleg nem működő szolgáltatás (tesztelési időszak véget ért)

Az irodalomkutatás és a helyzetelemzés alapján azonosítottam a mobilitási palettán bekövetkező változásokat. A 6.3. ábrán a városi személyközlekedési módokban és eszközökben bekövetkező változást szemléltettem az elszállított utasmennyiség és a közlekedési módok rugalmassága alapján. A rugalmasság egy összetett jellemző, számos tényező függvénye (pl. térbeli és időbeli jellemzők rugalmassága).



6.3. ábra: A városi mobilitási paletta változása

Az ún. átmeneti közúti közlekedési módokat és az egyéni járműhasználat egy részét is kiváltja az új, jellemzően igényalapú, telematikai bázisú, mobil alkalmazáson előzetes rendeléssel igénybe vehető, megosztott, kis kapacitású autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás. Azonosítottam a szolgáltatástípusokat, megkülönböztetve nagy mértékben rugalmas háztól-házig szolgáltatást, valamint kevésbé rugalmas, esetenként kötött útvonallal és menetrenddel rendelkező, nagykapacitású eszközre ráhordó szolgáltatást. Mivel a nagy volumenű igények gazdaságos kielégítése hagyományos, nagy kapacitású közforgalmú eszközökkel (pl.: villamos, metró) lehetséges, szerepük elsősorban a nagy forgalmú gyűjtővonalakon továbbra is jelentős marad. Ugyanakkor várhatóan ezen járműveket is automatizálják. Az egyéni gépjárműveket a jövőben csak a legrugalmasabb utazási igények esetén használják. A lágy közlekedési formák, így a gyaloglás, kerékpározás aránya, valamint az újszerű mikromobilitási formák szerepe jelentős marad, egyéni és megosztott használattal is.

A jövő városi közlekedési formái a következők:

- egyéni közlekedés:
  - nem motorizált: gyaloglás, kerékpár,
  - motorizált: egyéni autonóm jármű, motorkerékpár, egyéb mikromobilitási eszköz,
- közforgalmú közlekedés:
  - kis kapacitású:
    - nem motorizált: bike-sharing,
    - motorizált: megosztott autonóm közúi jármű, egyéb megosztott mikromobilitási eszköz,
  - nagy kapacitású: autonóm (pl.: busz, villamos) és magasan automatizált kötött pályás járművek (pl. metró).

A jövő közforgalmú közlekedésének a definíciója: *díjfizetés ellenében bárki által igénybe vehető szolgáltatás. Bár a járművek üzemeltetői köre változatos, mégis a mobilitás szolgáltatás szabályozott, melynek integrált szervezését a mobilitásmenedzsment központ végzi. Közforgalmú közlekedésnek minősülnek a kötött útvonalon és menetrend szerint közlekedő nagy kapacitású eszközök, a rugalmas, igényalapú mobilitási szolgáltatások, valamint a közösségi kerékpárt és egyéb mikromobilitási eszközt megosztó rendszerek.*

A járművek többféle szolgáltató (köz-, magáncég, magánszemély) tulajdonában is lehetnek. Gyakorlatilag a magánszemély tulajdonában álló autonóm személygépjármű is része lehet az autonóm járműves szolgáltatás flottájának; a tulajdonos, ha nem használja a járművét, közhasználatra bocsáthatja azt.

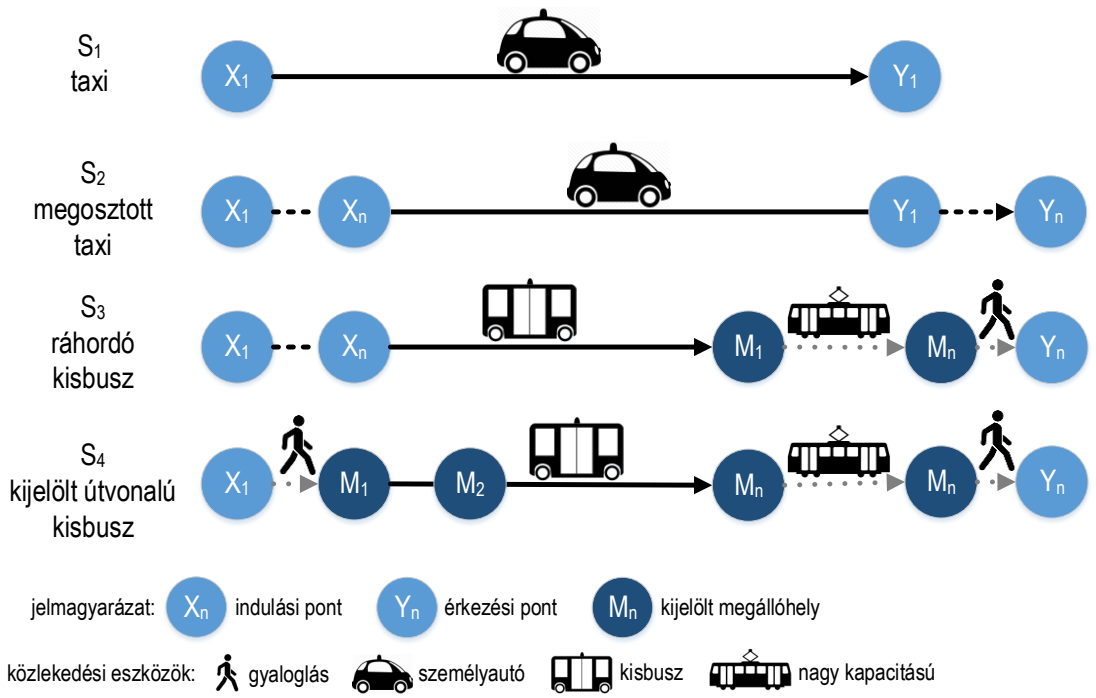
Azonosítottam az új, kiskapacitású autonóm járműves szolgáltatás típusait (6.4. ábra): S_j, ahol j az autonóm járműves szolgáltatástípus indexe. Befogadóképesség alapján két járműtípust különböztettem meg: személyautó (max. 4 utas), kisbusz („pod”) (5-15 utas). A típusok a következők:

S_1 **taxi**: egyéni háztól-házig szolgáltatás tetszőleges pontok között, a jármű férőhelyeinek megosztása nélkül.

S_2 **megosztott taxi**: háztól-házig szolgáltatás tetszőleges pontok között, a jármű férőhelyeinek megosztásával, az utasok eltérő be- és kiszállási pontjait érintve.

S_3 **ráhordó kisbusz**: ráhordó szolgáltatás egy zónán belüli tetszőleges pontról nagy kapacitású eszköz megállóhelyéig az átszállást garantáló részben-kötött menetrenddel. A szolgáltatás ellenirányú, elhordó funkciója szimmetrikus (nagy kapacitású eszköz megállóhelyétől a zónán belüli tetszőleges pontig).

S_4 **kijelölt útvonalú kisbusz**: többnyire ráhordó szolgáltatás kijelölt útvonalon, kijelölt megállók kiszolgálásával, kötött alapmenetrenddel, ugyanakkor igény esetén kisebb követési idővel.



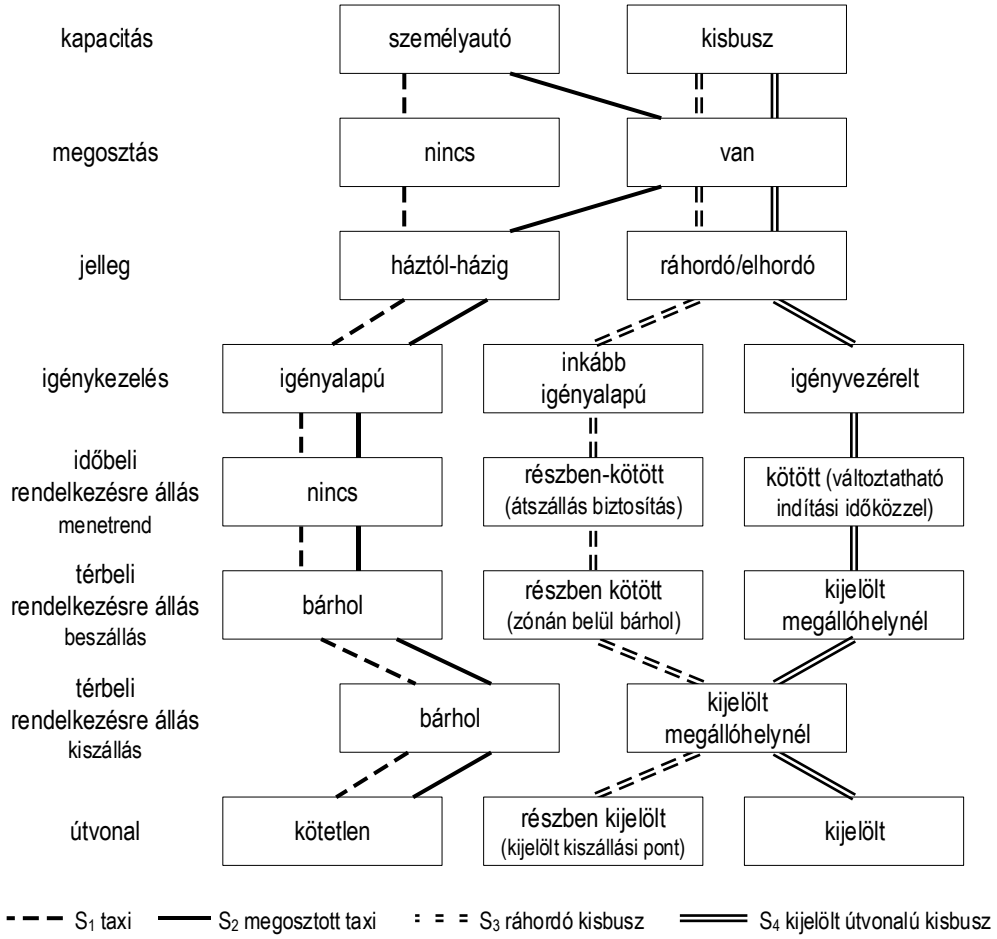
6.4. ábra: Autonóm járműves szolgáltatástípusok

Az azonosított szolgáltatástípusok eltérő prioritásokkal és jellemzőkkel rendelkező társadalmi csoportokat, felhasználói igényeket képesek kiszolgálni. A szolgáltatástípusok jellemzőit a 6.3. táblázatban és a 6.5 ábrán foglaltam össze. Az ábrán a jellemzőket összekötő vonalak írják le az egyes szolgáltatástípusokat.

Az autonóm járműves szolgáltatások bevezetésének célja a közlekedési igények magas színvonalú kielégítése. Mindez, tekintettel a korlátozott közúti kapacitásokra, megosztott és ráhordó jellegű szolgáltatásokkal valósítható meg. Dinamikus tarifarendszer alkalmazásával ösztönözhető a megosztott és ráhordó szolgáltatás használata (pl. magasabb díjtétel, ha az utazó nem hajlandó a járművet mással megosztani, vagy háztól-házig szolgáltatást szeretne a ráhordó helyett). A dinamikus árszabályozás a kereslet és a kínálat befolyásolásának hatékony eszköze, amivel a teljes közlekedési rendszer hatékonysága is növelhető (Guo et al., 2017).

6.3. táblázat: Autonóm járműves szolgáltatástípusok jellemzői

	S_1 taxi	**S_2 megosztott taxi**	**S_3 ráhordó kisbusz**	**S_4 kijelölt útvonalú kisbusz**
kapacitás	személyautó	személyautó	kisbusz	kisbusz
megosztás	nincs	van	van	van
jelleg	háztól-házig	háztól-házig	ráhordó/elhordó	ráhordó/elhordó
igénykezelés	igényalapú	igényalapú	inkább igényalapú	igényvezérelt
menetrend	nincs	nincs	részben-kötött (átszállásbiztosítás)	kötött (változtatható indítási időközzel)
beszállás	bárhol	bárhol	részben kötött (zónán belül bárhol)	kijelölt megállóhelynél
kiszállás	bárhol	bárhol	kijelölt megállóhelynél	kijelölt megállóhelynél
útvonal	kötetlen	kötetlen	részben kijelölt (kijelölt kiszállási pont)	kijelölt
rágyaloglás	nem szükséges	nem szükséges	nem szükséges	szükséges
elgyaloglás	nem szükséges	nem szükséges	szükséges	szükséges



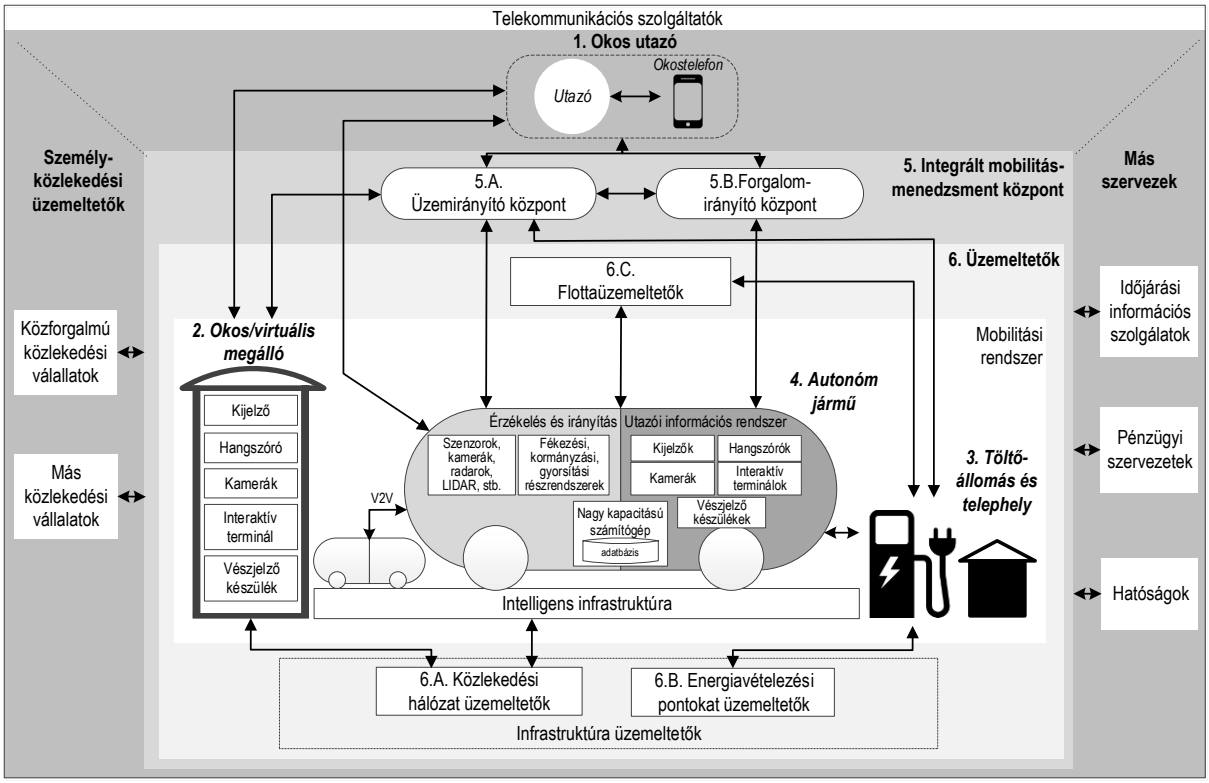
6.5. ábra: Autonóm járműves szolgáltatástípusok jellemzői

6.2 Szerkezeti modell

Azonosítottam az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás összetevőit és az összetevők közötti kapcsolatot. A mobilitási szolgáltatás szerkezeti modelljét a 6.6. ábrán ábrázoltam. Az összetevők közötti adatkapcsolatokat a nyilakkal szemléltettem. Ez a kidolgozott elemzési módszer alapján az *A* felbontási mélységnek - alrendszerek azonosítása -, valamint *A3* - gépi alrendszerek között - kapcsolatnak felel meg. A legfontosabb rendszer összetevők a következők:

1. Okos utazó,
2. Okos megálló/virtuális megálló,
3. Töltőállomás és telephely,
4. Autonóm jármű,
5. Integrált mobilitásmenedzsment központ,
6. Üzemeltetők.

Mind az autonóm járművek irányításánál, mind a rájuk épített mobilitási szolgáltatás használatához a valós idejű adatkapcsolat elengedhetetlen. Az utazó az okostelefonon futó alkalmazáson keresztül veheti igénybe a mobilitási szolgáltatást. Ezenfelül az okostelefon szerepe a valós idejű, személyre szabott tájékoztatás során, valamint más rendszer összetevővel való kommunikáció során is jelentős. Ennek megfelelően a rendszer telekommunikációs hálózatra épül. Ábrázoltam a külső kapcsolatokat is, amelyek más személyközlekedési üzemeltetők, vagy egyéb szervezetek lehetnek, akik tevékenysége közvetetten hatással van a megosztott, autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatásra.



6.6. ábra: Autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás szerkezeti modellje

Az okos megállók jelentős forgalomvonzó létesítmények és helyszínek közelébe telepíthetők. Ezen kívül ún. virtuális megállók kijelölése is szükséges. Bár a rugalmasabb szolgáltatástípusok tetszőleges pontokat is kiszolgálnak (S_1, S_2, részben S_3) mégsem állhatnak meg bárhol az utascsere lebonyolítása érdekében. A virtuális megállók olyan speciális infrastruktúra nélküli (pl. tábla, váró) pontok, ahol az utascsere a forgalmat nem akadályozó, biztonságos módon megvalósítható. Virtuális megállók kijelölési alapelvei:

- közúti forgalom minimális akadályoztatása,
- meglévő infrastruktúra használata átalakítás nélkül vagy kismértékű átalakítással (pl. parkolóhelyek időalapjának megosztása),
- gyaloglási távolság minimalizálása,
- okos megállók közvetlen közelében nem érdemes virtuális megállót telepíteni, mivel az igények koncentrálása a cél az okos megállók esetében.

Az ún. találkozási pont (meeting point) rendszer alkalmazható a férőhelymegosztást alkalmazó S_2 és S_3 típusoknál. Ekkor a jármű nem közelíti meg közvetlenül minden utazó indulási pontját, hanem csak egy ahhoz közeli pontot (kis gyaloglási távolság), ami lehet virtuális megálló is. Ezzel az üzemeltetés hatékonysága fokozható. A találkozási pont kijelölésének okai: úthálózat szükségessé teszi (pl. zsákutcák), közlekedési igények koncentráltan jelentkeznek (pl. sorházak, lakótelepi házak). A megállóhelyek és a találkozási pontok kijelölése optimum keresési probléma (figyelembe veendő főbb szempontok: megállások száma, kitérési távolság, gyaloglási távolság).

Az automata járműveknél az intelligencia többnyire az infrastruktúrában helyezkedik el, vagyis a jármű az infrastruktúrától érkező parancsokat hajtja végre (pl. automata metró). Ezzel szemben a jelenlegi autonóm jármű fejlesztések az intelligenciát a járműbe helyezik. A járműfejlesztések gazdasági hatékonysága jelentősen fokozható lenne, ha az intelligencia egy része az infrastruktúrába kerülne (Gerla et al., 2014). Mivel az autonóm járművek esetében az intelligencia a járműben helyezkedik el, így ezáltal a járművek képesek a forgalmi helyzetekben önálló döntést hozni. Ugyanakkor a működtetés és a járművekre épülő szolgáltatások tervezése, irányítása és üzemeltetése csak integrált módon lehetséges (Zhang et al.,

2015a). Ezek alapján megállapítható, hogy **az autonómia egy relatív fogalom**. Bevezettem a jelentős szereppel bíró integrált mobilitásmenedzsment központ rendszerösszetevőt. Szervezeti egységei koordinálják a járművek mozgását és a többi központ működését. Szervezeti egységei:

5.A. Üzemirányító központ,
5.B. Forgalomirányító központ.

Az üzemirányító központ szervezi és kezeli az autonóm járműves mobilitási szolgáltatással összefüggő feladatokat, például utas/csomag-jármű összerendelés, foglalások kezelése (parkoló- és rakodóhelyek, energiatöltő állomások), infrastruktúrahasználati és energiavételezési díjak beszedése. A forgalomirányító központ együttesen tervezi, szervezi és irányítja a motorizált és nem motorizált forgalmat. Kiterjedt integráció esetén a menedzsment központ más mobilitási szolgáltatások (pl. bike-sharing, nagy kapacitású közforgalmú közlekedés) üzemirányítási funkcióit is ellátja. Az integrált mobilitásmenedzsment központ alkalmazása egybeesik a közlekedés szövetségek és a MaaS koncepciók általános célkitűzéseivel.

Az üzemeltetők irányítóközpontjai adatokat gyűjtenek az aktuális jellemzőkről, működtetik a létesítményeket, vagy a járműveket, valamint szervezik a karbantartási feladatokat. A következő üzemeltetőket különböztettem meg:

6.A. Közlekedési hálózat üzemeltetők,
6.B. Energiavételezési pontokat üzemeltetők,
6.C. Flottaüzemeltetők.

Az automatizálás célja a humán erőforrásszükséglet csökkentése, elsősorban a hivatásos járművezetői munkakör helyettesítése. A központok információkezelési műveleteinek nagymértékű automatizálásával a diszpécseri és egyéb szervezői feladatok humán erőforrásszükséglete is csökken (Wang et al. 2006). Ennek ellenére az automatizált funkciók felügyeletét továbbra is emberek végzik. Vészhelyzetek és hirtelen beavatkozást igénylő feladatok kezelésénél a személyzet alkalmazása továbbra is elengedhetetlen. A megmaradó humán szereplők gépi támogatása is jelenetős, amellyel a működési hatékonyságuk fokozható (pl.: kevesebb téves döntés, gyorsabb döntéshozatal). A jövő mobilitási szolgáltatásának humán szereplői és feladatai a következők:

- diszpécser: mobilitási szolgáltatás szervezése, irányítása; a döntéselőkészítést már ma is fejlett infokommunikációs rendszerek segítik. Ugyanakkor egyes döntési folyamatok a jövőben sem helyettesíthetők géppel. A jövőben egyre inkább jelentőssé válik a felügyelői szerepkörük.
- utassegítő: utasforgalmi létesítményekben a biztonság fenntartása és utasok közvetlen tájékoztatása, támogatása. A feladataik bővülnek korábbi járművezetői feladatokkal (pl.: járműtisztaság ellenőrzése).
- ügyfélszolgálat: szerepük fontos marad a közvetlen emberi kapcsolatok tekintetében.
- ellenőr: utazási jogosultságok ellenőrzése. Bár várhatóan az ellenőrzés nagymértékben automatizálható, szúrópróbaszerű ellenőrzéseket továbbra is humán szereplők végeznek.
- biztonsági szolgálat: a fejlett képfeldolgozó rendszerek sem képesek minden kritikus szituációt felismerni, így az utasok védelmében gyors reagálású biztonsági személyzet alkalmazása különösen fontos marad (pl. elhagyott csomagok ellenőrzésekor).
- mentőegység: biztonságkritikus szituációkban (pl. evakuáció) a gyors reagálású csapatok bevonása elengedhetetlen.

A „Mobilitás, mint szolgáltatás" (MaaS) koncepció megosztott automatizált járművek használatával teljes mértékben megvalósítható (Li és Voege, 2017). Az autonóm járművekkel megvalósított MaaS a következő szempontokban tér el a hagyományos járművekkel megvalósított szolgáltatástól:

- mobilitási szolgáltatások köre: számos különböző átmeneti mód kiváltható az új megosztott mobilitási szolgáltatással. A MaaS során figyelembe vett mobilitási szolgáltatások a következők:

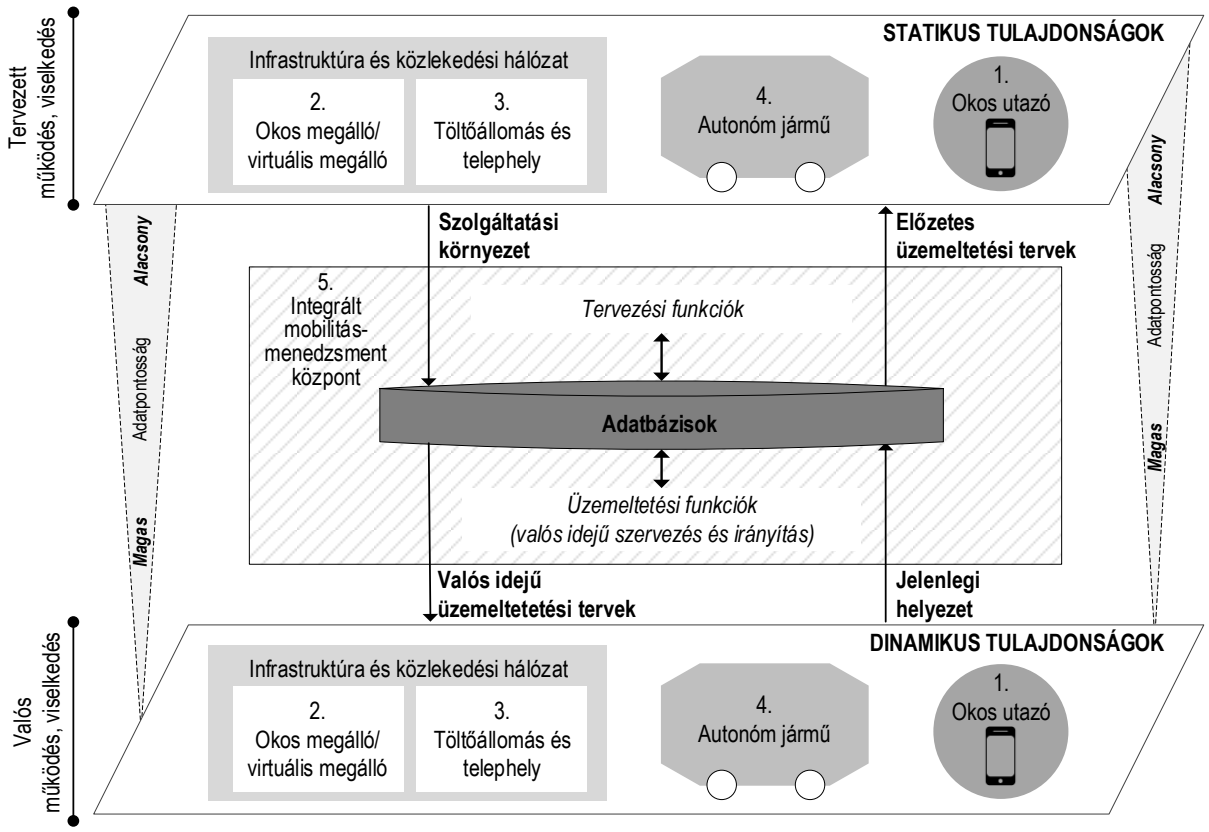
nagy kapacitású közforgalmú közlekedés, megosztott autonóm járműves szolgáltatás, közösségi kerékpár és egyéb megosztott mikromobilitási eszköz,

- szervezés: autonóm járművek integrált irányítása egyszerűsíti a szervezést,
- személyszállítási feladatok teljesítése: automatikus, humán szereplők, elsősorban a járművezetők nélkül,
- utaskezelés: a funkciók automatizálásával a tevékenységek egyszerűsödnek (pl.: beszállás és fizetés).

A városi logisztika és nagy távolságú áruszállítás során is megjelennek az autonóm járműves szolgáltatások. Az autonóm járműves mobilitási szolgáltatáshoz hasonlóan modellezhető a városi áruszállítási szolgáltatás is. Az áruszállítási modellben az okos utas helyett, okos csomag, az okos megállóhely helyett, okos raktár összetevők szerepelnek. Az okos áru (smart cargo) fejlett ICT eszközökkel felszerelt. Egy olyan entitás, amely képes a környezettel kommunikálni, adatot tárolni, jellemzőinek kifejezésére, valamint közvetlenül részt vesz a döntéshozatali folyamatokban (McFarlane et al., 2003). Ugyanakkor az áruszállításban, különösen csomagkiszállításnál egyes folyamatok nehezen automatizálhatók. Például a ki- és berakodás emberi közreműködési igénye nagy. A személy- és áruszállítási feladatok városi környezetben kombinálhatók is.

6.3 Működési modell

Kidolgoztam az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás működési modelljét (6.7. ábra) szolgáltatások tervezési és üzemeltetési feladatainak megalapozása érdekében. A működési modell a tervezéshez és az üzemeltetéshez szükséges statikus és dinamikus tulajdonságokat egyaránt leképezi. Az ábrán a rendszer egyre fokozódó dinamikus jellegét (összehasonlítva a „hagyományos” közlekedési rendszerrel) emeltem ki. A bemutatott modell a mobilitási szolgáltatás adatmodellezése során is alkalmazható, segítségével az egyedek, tulajdonságok és kapcsolatok is feltárhatók.



6.7. ábra: Az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás működési modellje

A tervezési funkciók eredménye a tervezett működés, míg az üzemeltetési funkciók befolyásolják és ellenőrzik a valós működést. Ahogy közeledik az utazás ideje, úgy válnak egyre pontosabbá a működést leképező adatok. Az utazók mozgása, jellemzői és szándéka jól követhető, ugyanis az előzetes rendelés következtében megadják ezeket az információkat. Mindezek **következtében a tervezési funkciók dinamizmusa egyre jobban megközelíti az üzemeltetési funkciók dinamizmusát**. **Az információkezelési ciklusidők lényegesen lerövidülnek, közel valós idejűvé válnak** (a rendszer dinamizmusa nagyfokú). A valós idejű adatok az üzemeltetés mellett kihatnak a tervezésre is. Fokozódik az információáramlás a szállítás tárgya (okos utazó), a szállítást végző jármű és az azt koordináló szervezet között. Az üzemeltetési adatok kezelése elsősorban integrált adatbázissal lehetséges.

6.4 Felhasználói elvárások

A felhasználói elvárások felmérése az autonóm járművek és a köréjük épített mobilitási szolgáltatások újszerűsége miatt különösen fontos. Mivel ilyen szolgáltatást jelenleg csak kevés helyen lehet igénybe venni (Magyarországon egyáltalán nem), ezért az elvárások felmérése kinyilvánított preferencia vizsgálattal lehetséges. Célom volt

- az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás jellemzőivel és hatásaival kapcsolatos elvárások, valamint
- a személyes vagy az utazási szokásjellemzők, valamint az elvárások közötti összefüggések feltárása.

Ehhez kidolgoztam a felhasználói elvárásokat feltáró kérdőív struktúráját és a gyűjtött adatok feldolgozási módszerét. Az eredmények felhasználhatók a mobilitási szolgáltatás tervezésekor és üzemeltetésekor, illetve a hatások becsléséhez. A kérdőív kérdéseit a következő kérdéscsoportokba soroltam:

I. személyes jellemzők,
II. utazási szokás jellemzők (munka, bevásárlás és szabadidős tevékenység motiváció esetében),
III. mobilitási szolgáltatás elvárt jellemzői.

A kérdések összeállításánál olyan kérdéseket fogalmaztam meg, amelyekből bemeneti adatokat lehet kinyerni a mobilitási szolgáltatás tervezéshez. A kérdőív részletes leírást tartalmaz az autonóm járművekről és a szolgáltatástípusokról. A kérdőívet az 1. Függelék tartalmazza.

A kérdőív szerkezetét a 6.8. ábrán mutatom be. Egy kérdést egy doboz jelöl. Egy kérdés egy jellemzőre vonatkozik. Feleletválasztós és értékelő skálás kérdéstípust használtam; az eltérő kérdéstípusokhoz különböző színezést rendeltem. A kérdések első indexe a kérdéscsoportra utal. A felhasználó személyes jellemzőire vagy jelenlegi, illetve jövőbeli utazási jellemzőire, vagyis a szolgáltatástípusokra vonatkozó kérdéseket csoportosítottam. A szolgáltatástípusokra vonatkozó kérdéseket további csoportokba rendeztem aszerint, hogy alapszolgáltatási (mozgás vagy díjbeszedés) vagy információszolgáltatási jellemzőket tár fel. Egy jellemző, mint változó, számos értéket felvehet; az értékek a kérdések különböző válaszlehetőségeihez tartoznak. A válaszadók a preferenciájukat legjobban kifejező lehetőséget választják. Néhány esetben egy kérdés alkérdéseket is tartalmaz. Az alkérdések részleteiben fejtenek ki egy-egy jellemzőt (pl.: alkérdések vonatkoznak egy-egy motivációra, vagy egy-egy szolgáltatástípusra). A kitöltők minden alkérdés esetén egy lehetőséget választanak; a válaszlehetőségek kérdésenként megegyeznek. A kérdéstípusok a következők:

- feleletválasztós: egy válaszlehetőség kiválasztása adott listából:
    - alkérdések nélkül (világoskék színezés): például: III.6: Legfeljebb mekkora várakozási időt tart elfogadhatónak tetszőleges pontnál igénybe vehető autonóm járműves szolgáltatásnál? válaszlehetőségek: a) <5 perc, b) 5-10 perc, c) >10 perc,
    - alkérdésekkel (sötétkék színezés): a kérdéstípust mátrixosan ábrázoltam, ahol az alkérdések a sorokban, a válaszlehetőségek az oszlopokban szerepelnek. Például: III.2:

A következő motivációk esetében melyik autonóm járműves szolgáltatástípust használná leginkább? A példakérdés szerkezetét a 6.4. táblázatban mutatom be.

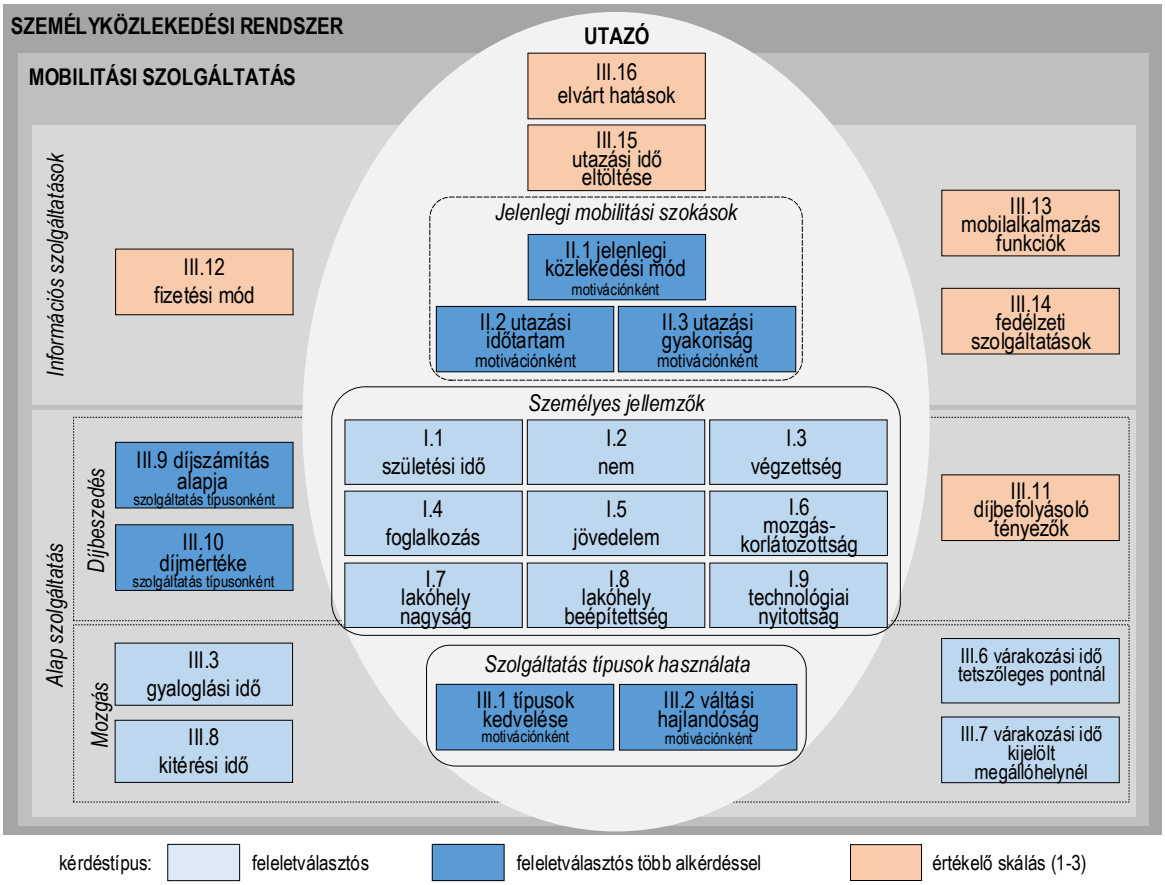
6.4. táblázat: Feleletválasztós kérdés alkérdésekkel - példa

szolgáltatás típusok / motivációk		válaszlehetőségek			
		S_1 taxi	S_2 megosztott taxi	S_3 ráhordó kisbusz	S_4 kötött útvonalú kisbusz
alkér-dések	a) munka				
	b) bevásárlás				
	c) szabadidős tevékenység				

- értékelőskálás (narancssárga színezés): a kérdéstípust mátrixosan ábrázoltam. A válaszadók minden alkérdést azonos értékkészlet alapján értékelnek (1-3 érték, ún. Likert-skála: 1: nem fontos; 2: kevésbé fontos, 3: nagyon fontos). Például: III.14. Mennyire tartja fontosnak a következő járműfedélzeti szolgáltatásokat utazás során? A példakérdés szerkezetét a 6.5. táblázatban mutatom be.

6.5. táblázat: Értékelőskálás kérdés - példa

fedélzeti szolgáltatások		válaszlehetőségek		
		1: nem fontos	2: kevésbé fontos	3: nagyon fontos
alkérdések	a) étel/ital automata			
	b) beépített okoseszköz			
	…			
	f) általános információ			



6.8. ábra: Kérdőív szerkezete –autonóm járműves mobilitási szolgáltatással szembeni elvárások

A nyers adatok tárolására és feldolgozására adatbázist készítettem. Az adatbázis a válaszokat tartalmazó táblából és a kérdésekhez tartozó, a válaszlehetőségeket részletező kódtáblákból épül fel. Az adatokat lekérdezésekkel dolgoztam fel. A lekérdezések jelölése: Q_n^m ahol *m* a kérdés azonosítója, *n* a lekérdezés indexe. Az elvárt szolgáltatási jellemzők meghatározásához a III-as kérdéscsoport kérdéseit felhasználva készítettem lekérdezéseket. Lekérdezés példák:

$Q_1^{III.6}$: Mekkora egy tetszőleges pontnál elfogadott átlagos várakozási idő?

$Q_1^{III.1}$: Milyen arányban választják az S_1 szolgáltatástípust munkába járáshoz?

A személyes vagy az utazási szokásjellemzők, valamint az elvárások közötti összefüggések feltárásához az I-es és II-es kérdéscsoport kérdéseire adott válaszok értékeit használtam fel a lekérdezések feltételeiben. Például csak a fogyatékkal élők figyelembevétele (I.6. kérdés alapján).

A szolgáltatási jellemzők meghatározásakor:

- Feleletválasztós kérdéstípus esetében feltártam, hogy a válaszadók milyen százalékos arányban választják a kérdéshez tartozó egyes lehetőségeket, vagyis a szolgáltatást jellemző értékeket.
- Egyes feleletválasztós kérdések válaszlehetőségei számértékek (pl.: III.5-8, 11); ezeknél átlagértéket számoltam a válaszok alapján, amely megadja a jellemző elvárt értékét,
- Értékelőskálás kérdéstípusnál a válaszlehetőségek számértékek (Likert-skála értékei); ezeknél átlagértéket számoltam a válaszok alapján, amely megadja az alkérdés által kifejezett jellemző fontosságát kifejező értéket.

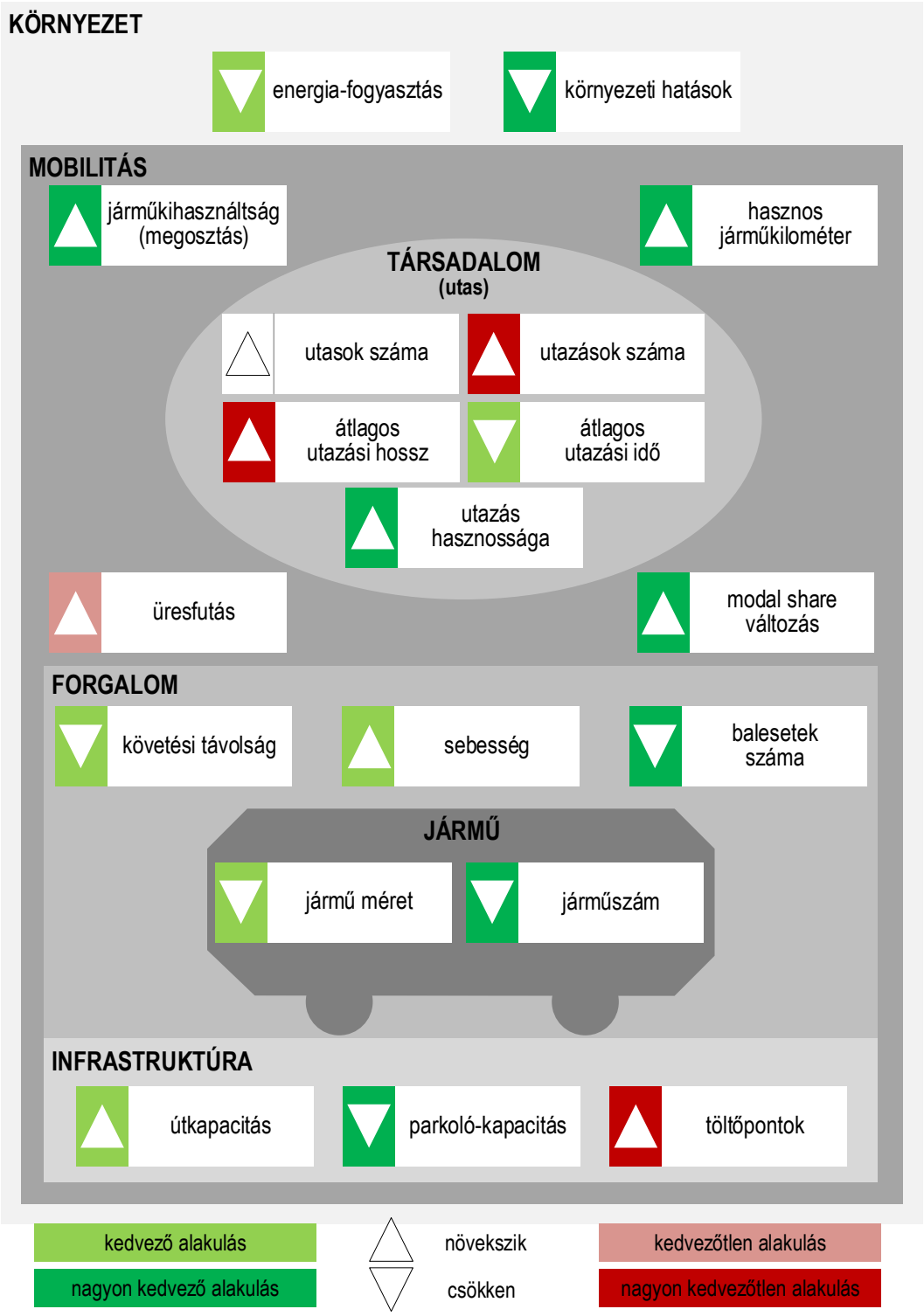
Az összefüggések megállapításakor a válaszok közötti kapcsolatot vizsgáltam. Erős a kapcsolat a jellemzők (kérdések) között, ha az egyik kérdés valamely válasza egyértelműen meghatározza a másik kérdés valamely válaszát. Vagyis, nagy arányban ugyanazon válaszlehetőségeket választották a két kérdésnél. A kérdőív eredményeit a 6.5. és 7.2. fejezetekben mutatom be részleteiben.

A kérdőívet Google Űrlap internetes alkalmazásban készítettem el. A felmérést 2018 februárjában három héten keresztül végeztem. Összesen 510 válasz érkezett. Statisztikai mintavételes, vagy véletlenszerű mintás kikérdezés végrehajtására nem volt lehetőségem. A kérdőívet közlekedés szakmai szervezetek és civil szervezetek segítségével, internetes fórumokon keresztül, valamint egyetemi hallgatók körében terjesztettem. Az eredmények nem reprezentatívak, mindazonáltal a relatíve nagy mintanagyság lehetővé teszi helytálló következtetések levonását.

6.5 Hatások

A további kutatásom megalapozásának céljából rendszerszemléletben feltártam és összesítettem az autonóm közúti járműves közlekedési rendszer legfontosabb **hatásterületeit** (6.9. ábra). A hatásterületeken várható **kvalitatív változásokat** becsültem. Jelöltem a hatások változásának irányát és mértékét, valamint, hogy a változás kedvező-e. Ehhez a széleskörű irodalomkutatás eredményeit használtam fel. A feltárt kvantitatív összefüggések kvalitatív kutatások megalapozásához használhatók fel. A hatások a következő területeken jelentkeznek: társadalom (jellemzően az utazónál), mobilitás, forgalom, infrastruktúra és tágabb értelemben vett környezet.

Az utazások hossza megnő, mivel az utazási idő hasznosabban és/vagy kellemesebben tölthető el, így nagyobb távolságokról is megvalósulnak napi ingázások. Ez a településszerkezet átalakulását is okozhatja. Az utazási idő csökkenhet a járművek kedvezőbb menettulajdonságai, valamint a forgalomirányítás fejlődése következtében. A járművek kialakítása (utastér) megváltozik. Az utazás teljes egyéni hasznossága növekszik; az autonóm járműben végzett tevékenységek az otthoni vagy munkahelyi tevékenységeket részben helyettesíthetik. Mindezek az utazások számának növekedéshez vezethetnek.



6.9. ábra: Autonóm közúti járműves mobilitás hatásterületei

Ugyanakkor az egyéni gépjárműhasználat csökkenthető a megosztott szolgáltatás bevezetésével, mivel megosztott autonóm járműves szolgáltatással hasonló szolgáltatási minőség biztosítható, mint egyéni autonóm jármű használatával. Ennek következtében a járművek száma csökken (Gruel és Stanford, 2016), mivel kevesebb jármű is elegendő az igények kielégítéséhez. A megosztott használattal a járművek hasznos futásteljesítménye és kapacitáskihasználása növekszik. Ugyanakkor várhatóan az üresfutások száma megnő az új utas megközelítése miatt.

A járművek egymással, az infrastruktúrával és más közlekedőkkel folyamatosan kommunikálnak. Ennek következtében:

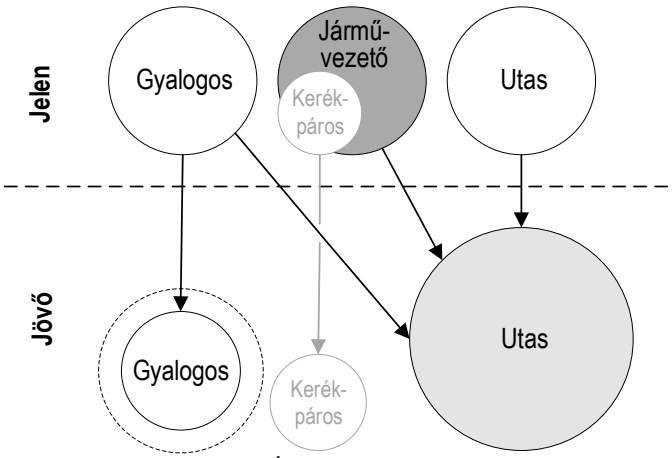
- a balesetek száma csökken (Waldrop, 2015, Gál és Sipos, 2018), a közlekedésbiztonság nő,
- a forgalmi jellemzők változnak: pl.: kisebb követési távolság, nagyobb sebesség,
- a forgalomirányítás változik (Pereira et al., 2017): pl. kevesebb közúti jelzés, de teljes eltűnésükre nem lehet számítani a sérülékenyebb (gyalogos, kerékpáros) közlekedők miatt.

A közterülethasználat átalakul, amely a várostervezésben is paradigmaváltást okoz. A közúti infrastruktúra elemek módosulnak, méretük és számuk megváltozik. Például a várhatóan kevesebb parkolóhely következtében a lágy mobilitási formák, vagy egyéb, nem közlekedési funkciók területei növekednek. A megmaradó közúti infrastruktúra elemek időalapja is megosztható a különböző funkciók között:

- parkolóhelyek: városi logisztika, autonóm járművek be- és kiszállítási műveletei vagy a járművek elektromos energia töltési műveletei,
- forgalmi sávok: parkoló, haladó forgalom.

A járművek energiafelhasználása az energiatakarékos járműirányítás hatására hatékonyabbá válik, így a közlekedés környezeti hatásai csökkenthetők. A környezetszennyezés további csökkenését eredményezi, hogy a fejlesztett autonóm járművek többnyire elektromos meghajtásúak.

Az utazói csoportok átalakulnak; az átalakulás becsült tendenciát a 6.10. ábrán szemléltettem. A körök mérete nem a konkrét utasszámot, hanem a változás mértékét fejezi ki. Az eddigi járművezetők is utasokká válnak, valamint új felhasználói csoportok számára válik elérhetővé a személyes jellegű mobilitás (pl. fogyatékkal élők). A gyalogosok száma csökkenhet, mivel az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások közvetlenebb eljutást biztosítanak. A kisméretű autonóm járművek be is hajthatnak az épületekbe. Ezen járművek tekinthetők úgy is, mint az épület „tartozékai" (egyfajta „horizontális" lift). Míg a liftek vertikálisan, addig a behajtó járművek horizontálisan kapcsolják össze a tevékenységi helyszíneket (pl. elszállítják az utasokat a legközelebbi közforgalmú közlekedési megállóhoz). Ugyanakkor a lágy közlekedési formák növekvő népszerűsége miatt a gyalogosok számában nem várható csökkenés.

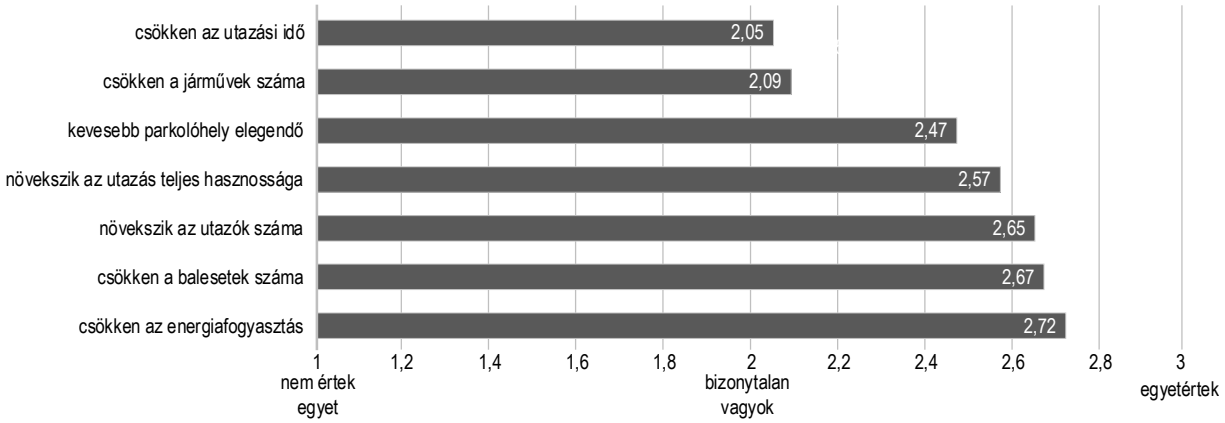


6.10. ábra: Átalakuló utascsoportok

Vannak olyan hatások, amelyek a rendszer jellegéből adódnak (pl. követési távolság csökkenés); és vannak olyanok, amelyek például a mobilitási szolgáltatás tervezésével befolyásolhatók (pl.: járműkihasználtság növekedés, modal-share alakulása). Utóbbi hatások alakításához szükséges a felhasználói elvárások ismerete. Kutatásom során a felhasználói elvárások elemzését végeztem el a lehető leginkább utas központú mobilitási szolgáltatás tervezése érdekében. A bemutatott kérdőíves felmérés keretében vizsgáltam az autonóm járműves közlekedés elvárt hatásait,

valamint a váltási hajlandóságot a megosztott autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatásra. Összefüggéseket kerestem a válaszadók jelenlegi utazási szokásai és váltási hajlandósága között.

Az elvárt hatásokat értékelőskálás kérdéssel mértem (6.8. ábra III.16 kérdése). A válaszadók a hatásokra vonatkozó állításokat értékelték. Például: „Egyetért azzal, hogy az utazás teljes egyéni hasznossága növekszik? (vezetési művelet nélkül az utazás közben más tevékenység végezhető)". 1-3 értékű Likert-skálát használtam, ahol az értékek jelentése a következő: 1: nem értek egyet, 2: bizonytalan vagyok, 3: egyetértek. Az állításokat az azonosított hatásterületek alapján fogalmaztam meg. Csak azon hatásterületeket vettem számításba, amelyek becslése nem igényel komplex háttértudást a kitöltőtől. Az egyes állításokra vonatkozó egyetértés „mértékét" az értékelőszámok átlagolásával kaptam (6.11. ábra). Az egyetértés mértékéből következtethető az elvárt hatás.



6.11. ábra: Megosztott autonóm járműves közlekedéssel szembeni elvárt hatások

A kitöltők leginkább az energiafogyasztás és a balesetek számának csökkenését, valamint az utazók számának növekedését várják, míg legkevésbé az utazási idő és a járműszám csökkenését. Az eredmények alapján meghatároztam azon területeket, ahol fejlesztés szükséges a társadalmasításban:

- megosztott járműhasználat népszerűsítése: utazó számára előnyökkel jár, mivel nem szükséges gépjárművet fenntartani, de az utazás kényelméről sem szüksége lemondani,
- megosztott járműhasználattal elérhető előnyök: csökkenő gépjárműszám, átalakuló térhasználat (kevesebb szükséges parkolóhely),
- autonóm járműves mobilitási szolgáltatások további várható előnyeinek ismertetése: utazási idő csökkenése.

A **kvantitatív hatás**ok meghatározásának több módja van (pl.: forgalmi modellezés, felhasználói elvárások elemzése). A kérdőíves felmérés eredményei is alkalmazhatók bizonyos hatásterületek kvantitatív meghatározásra. Kidolgoztam egy számítási módszert a modal share változás meghatározására, mely módszer a kérdőíves felmérés eredményeit használja bemeneti adatként A modal share, vagyis a közlekedési módok használatának százalékos megoszlása, többféle megközelítés szerint számítható (pl. módonkénti utazások száma alapján, módonként elszállított utasok száma alapján, utasonként megtett távolság alapján). Mégis a leginkább kifejező eredményt az utasonként megtett távolság alapú számítás adja [utaskm].

Számítás során használt jelölések:

- k válaszadó indexe $k \in \mathbf{N}$,
- i jelenlegi közlekedési mód indexe i=1..4 (1: gyaloglás, 2: kerékpár, 3: egyéni gépjármű, 4: nagy kapacitású közforgalmú közlekedés),
- j autonóm járműves szolgáltatástípus indexe j=1..4 (1: taxi, 2: megosztott taxi, 3: ráhordó kisbusz, 4: kijelölt útvonalú kisbusz).

A felmérésből a következő változókat határoztam meg:

- ${}_k^i l$ *k.* válaszadó utazási távolsága *i.* móddal [km] (kérdőív II.2. kérdése alapján),
- ${}_k^i f$ *k.* válaszadó utazási gyakorisága *i.* móddal egy adott időintervallumon belül (pl. hónap) [utazások száma/hónap] (kérdőív II.3. kérdése alapján),
- ${}_k^i a_j$ *k.* válaszadó váltási hajlandósága *i.* módról *j.* típusra [%] (kérdőív III.2. kérdése alapján).

M_i jelöli *i.* mód jelenlegi számított modal share értékét (6.1):

$$M_i = \frac{{}^i L}{\sum_i {}^i L} \tag{6.1}$$

ahol ${}^i L$ az *i.* móddal megtett összes utazási távolság adott intervallumon belül [km] (6.2). Számítása során minden válaszadó utazási távolságát figyelembe vettem.

$${}^i L = \sum_k {}_k^i l \cdot {}_k^i f \tag{6.2}$$

A jövőbeli modal share meghatározásához a jövőbeli összes utazási távolságot számítottam ki. ${}^i L_j^*$ jelöli *j.* típus jövőbeli összes utazási távolságát jelenlegi *i.* mód helyett (6.3) a válaszadók váltási hajlandósága alapján.

$${}^i L_j^* = \sum_k {}_k^i l \cdot {}_k^i f \cdot {}_k^i a_j \cdot {}^i c \tag{6.3}$$

ahol ${}^i c$ egy korrekciós tényező. A tényező kifejezi a valós modal share (M_i^{real}) és a számított modal share (M_i) arányát (6.4). Alkalmazása akkor szükséges, ha a kérdőíves felmérés nem reprezentatív a jelenlegi modal share értékekre vonatkozóan. Az aránszámmal korrigálható az egyes módhasználatok alul vagy felül reprezentáltsága. A valós modal share értékek hivatalos forrásból szerezhetők be.

$${}^i c = \frac{M_i^{real}}{M_i} \tag{6.4}$$

${}^i L^*$ jelöli az *i.* móddal megtett jövőbeli összes utazási távolságot (6.5). Kifejezi az *i.* mód használatának mértékét (megtett utazási távolságban) a különböző *j.* típusokra váltás után.

$${}^i L^* = {}^i L - \sum_j {}^i L_j^* \tag{6.5}$$

L_j^* jelöli az összes jövőbeli megtett utazási távolságot *j.* típussal (6.6) az összes jelenlegi közlekedési módról történő váltás figyelembevételével.

$$L_j^* = \sum_i {}^i L_j^* \tag{6.6}$$

Így számítható M_i^* a jövőbeli modal share *i.* módra (6.7) és M_j^* a jövőbeli modal share *j.* típusra (6.8).

$$M_i^* = \frac{{}^i L^*}{\sum_i {}^i L^* + \sum_j L_j^*} \tag{6.7}$$

$$M_j^* = \frac{L_j^*}{\sum_i {}^i L^* + \sum_j L_j^*} \tag{6.8}$$

Amennyiben a jelenlegi *i* módról a váltás *j*=3 vagy *j*=4 típusra történik a jövőbeli mobilitási lánc kellően hosszú utazásoknál egy megosztott autonóm járművet igénybe vevő ráhordó szakaszból és egy nagykapacitású közforgalmú közlekedési eszközzel végrehajtott szakaszból fog állni. A ráhordó szakasz utazási hosszát l_j jelöli. Ekkor a nagy kapacitású közforgalmú közlekedési eszközzel megtett távolságot ${}_k^i l - l_j$ fejezi ki. Az így keletkezett, nagy kapacitású közforgalmú közlekedésre vonatkozó kiegészítő

összes utazási távolságot ($^{i}D^{*}_{j=3,4}$) a (6.9) egyenlet alapján számítható. Ez a távolság növeli az *i.* móddal megtett jövőbeli összes utazási távolságot ($^{i}L'$).

$$^{i}D^{*}_{j=3,4} = \sum_{k} ({}^{i}_{k}l - l_{j=3,4}) \cdot {}^{i}_{k}f \cdot {}^{i}_{k}a_{j=3,4} \cdot {}^{i}c \tag{6.9}$$

Alkalmaztam a módszert a várható budapesti modal shift (változás) meghatározására. A kérdőív eredményei a budapesti jövőbeli modal share számításra alkalmazhatók, mivel a válaszadók több, mint 2/3-a budapestinek vallotta magát. Felmértem a hivatásos, a bevásárló és a szabadidő motivált utazásokat. A válaszadók kategóriák közül választhattak, mely kategóriákhoz a számítás elvégzése érdekében értékeket rendeltem. A változókhoz képzett kategóriákat és értékeket a következő táblázatok foglalják össze; 6.6. táblázat: utazási távolság ($^{i}_{k}l$), 6.7. táblázat: utazási gyakoriság ($^{i}_{k}f$), 6.8. táblázat: váltási hajlandóság ($^{i}_{k}a_{j}$).

6.6. táblázat: utazási távolság változó értékei

választható kategória	$^{i}_{k}l$
< 1 km	1
1-3 km	2
3-5 km	4
5-10 km	8
>10 km	12

6.7. táblázat: utazási gyakoriság változó értékei

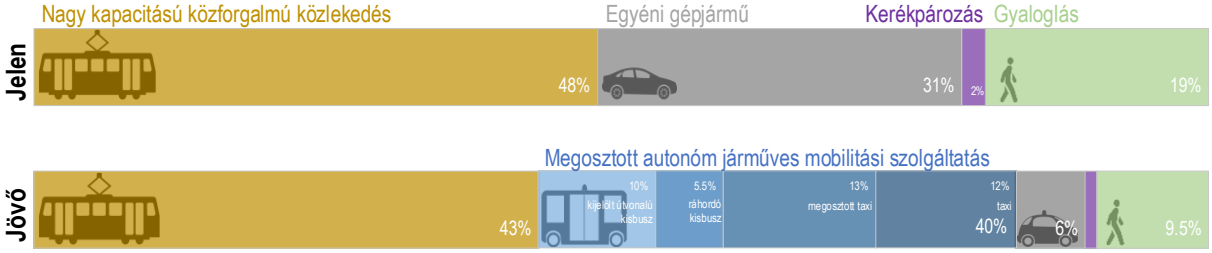
választható kategória	$^{i}_{k}f$
minden nap	20
gyakran	15
heti néhányszor	10
havi néhányszor	5

6.8. táblázat: váltási hajlandóság változó értékei

választható kategória	$^{i}_{k}a_{j}$
minden alkalommal	1
minden második alkalommal	0,5
soha	0

Mivel a budapesti nagy kapacitású közforgalmú közlekedési hálózat sűrű, $l_{j=3,4} = 2$ értékkel számoltam, vagyis feltételeztem, hogy 2 km-es ráhordó szakasz átlagosan elegendő.

A számítás eredményét, vagyis a jövőbeli modal share értékeket a 6.12. ábrán mutatom be, feltüntetve a jelenlegi modal share értékeket. Csak a megosztott autonóm járműves mobilitási szolgáltatás típusokra váltás hajlandóságát vettem figyelembe, más hatásokat (pl. lágy közlekedési formák népszerűsítése) figyelmen kívül hagytam. Ennek ellenére helytálló következtetések vonhatók le a tendenciákra vonatkozóan. A jelenlegi egyéni gépjármű használók váltási hajlandósága a legnagyobb, míg a jelenlegi kerékpárosok és gyalogosok váltási hajlandósága a legkisebb. Megállapítottam, hogy **a kinyilvánított preferenciák alapján, az egyéni gépjárműhasználat jelentősen csökkenthető igényalapú, megosztott autonóm közúti járműves szolgáltatással** (főként az S_1 és S_2 típusok). Ugyanakkor a lágy közlekedési formák, valamint a megosztott és ráhordó autonóm járműves mobilitási szolgáltatások népszerűsítése szükséges a motorizált közúti forgalom jelentős növekedésének elkerülése érdekében.



6.12. ábra: Átalakuló modal share
(jelenlegi modal share adatok forrása: BKK, 2016-os adat)

A fejezetben összefoglaltam a jelenlegi automatizált közúti mobilitás szolgáltatások körében végzett helyzetelemzés eredményeit. Bemutattam az új megosztott, autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás azonosított típusait, valamint a szerkezeti és üzemeltetési modelljét. Feltártam az autonóm járműves közlekedési rendszer kvalitatív hatásterületeit, becsültem a változásokat. Bemutattam az utazói elvárásokat gyűjtő és feldolgozó kérdőíves módszert; amelynek eredményeit hatások becsléséhez használtam. Kidolgoztam egy számítási módszert a modal share változás meghatározására, mely

módszer a kérdőíves felmérés eredményeit használja bemeneti adatként. A következő megállapításokat tettem:

- az autonómia egy relatív fogalom; bár az autonóm járművek képesek a forgalomban önálló döntéseket hozni, a köréjük épített közlekedési rendszer és mobilitási szolgáltatások tervezése, szervezése és irányítása integrált szemléletet igényel,
- a tervezési funkciók dinamizmusa egyre jobban megközelíti az üzemeltetési funkciók dinamizmusát,
- az ún. átmeneti közúti közlekedési módokat és az egyéni járműhasználat egy részét is kiváltja az új, megosztott autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás,
- a kinyilvánított preferenciák alapján, az egyéni gépjárműhasználat jelentősen csökkenthető igényalapú, megosztott autonóm közúti járműves szolgáltatással.

A fejezetben bemutatott eredmények alapján fogalmaztam meg 2. tézisemet:

Meghatároztam a megosztott autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás típusait és jellemzőit, kidolgoztam a szerkezeti és működési modelleket, valamint azonosítottam a hatásokat. Megállapítottam, hogy az autonómia egy relatív fogalom; az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások tervezése, irányítása és üzemeltetése több, eltérő funkciójú központ koordinált együttműködésével valósítható meg.

Kapcsolódó saját publikációk: (Földes és Csiszár, 2016c), (Földes és Csiszár, 2016e), (Csiszár és Földes, 2017), (Szigeti et al., 2017), (Csiszár és Földes, 2018), (Földes és Csiszár, 2018b), (Földes és Csiszár, 2018c), (Csiszár et al., 2019a), (Csonka és Földes, 2019)

Ezen szolgáltatások tervezési és üzemeltetési módszerei a fejlesztés korai szakaszában járnak. A következő fejezetben a szolgáltatás tervezéséhez és üzemeltetéséhez kidolgozott információs rendszert mutatom be. A bemutatott kérdőíves módszert az autonóm járműves mobilitási szolgáltatás tervezési információs rendszer kidolgozása során is felhasználtam.

7 Autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás tervezési és üzemeltetési információs rendszer modellje

Mivel az autonóm közúti jármű fejlesztése korai fázisban tart, a köré épülő mobilitási szolgáltatásokról kevés ismeret áll rendelkezésre. Ugyanakkor a változatos és kombinált autonóm járműves szolgáltatási formák összetettebb tervezési és üzemeltetési módszereket igényelnek. A hagyományos szolgáltatás-tervezési és üzemeltetési módszerek (Ibarra-Rojas et al., 2015) megváltozását előidéző tényezők:

- a komplexitás fokozódása,
- az új és ismeretlen technológia,
- az adatok fokozódó dinamizmusa, valamint
- a növekvő utazói elvárások, változó egyéni preferenciák.

A meglévő feladatok újszerű kezelése, valamint teljesen új feladatok megoldása is szükséges az utazónál (pl.: szolgáltatás megrendelése, be- és kiszállás, fizetés). Az autonóm járműves szolgáltatások bevezetésének következtében csökkenthető a személyzet szerepe, a járművezetőre vonatkozó előírások figyelmen kívül hagyhatók. Ugyanakkor ez mind az üzemeltetés (pl. töltés), mind az utaskezelés során (pl. tájékoztatás) új megoldásokat igényel. A legjelentősebb változások a következő funkciók esetében várhatók:

- igények és a kapacitások valós idejű összerendezése,
- járműmozgások tervezése,
- szolgáltatások személyre szabása,
- utastájékoztatás, valamint
- járművek energiatöltése.

Célom a mobilitási szolgáltatás tervezési és üzemeltetési módszereinek fejlesztéséhez szükséges információs rendszer modelljének kidolgozása volt. Azonosítottam a tervezési és üzemeltetési funkciókat, a szükséges adatcsoportokat és a funkciók közötti adatkapcsolatot. A legtöbb tervezési és üzemeltetési funkció már a jelenlegi mobilitási szolgáltatások esetében is szükséges, azonban a szolgáltatás jellemzői miatt újszerű megoldások alkalmazása indokolt (pl. jogosultságkezelés, tájékoztatás). Ugyanakkor új tervezési funkciók is szükségesek (pl.: töltő infrastruktúra, utazástámogatási szolgáltatások tervezése). A felhasználói elvárásoknak megfelelő szolgáltatás tervezése miatt, a kérdőíves felmérésben gyűjtött felhasználói elvárásokat, mint meghatározó bemeneti adat vettem figyelembe a tervezés során. Definiáltam az üzemeltetéshez szükséges integrált adatbázis relációs adatmodelljét, azonosítva az egyedeket, a főbb attribútumokat és a közöttük lévő kapcsolatokat. Eredményeimet tervezés és üzemeltetés szerinti bontásban mutatom be. Az eredmények a szolgáltatásfejlesztéseknél hasznosíthatók. A fejezetben használt jelöléseket a 7.1. táblázatban foglalom össze.

7.1. táblázat: 7. fejezetben alkalmazott jelöléstechnika

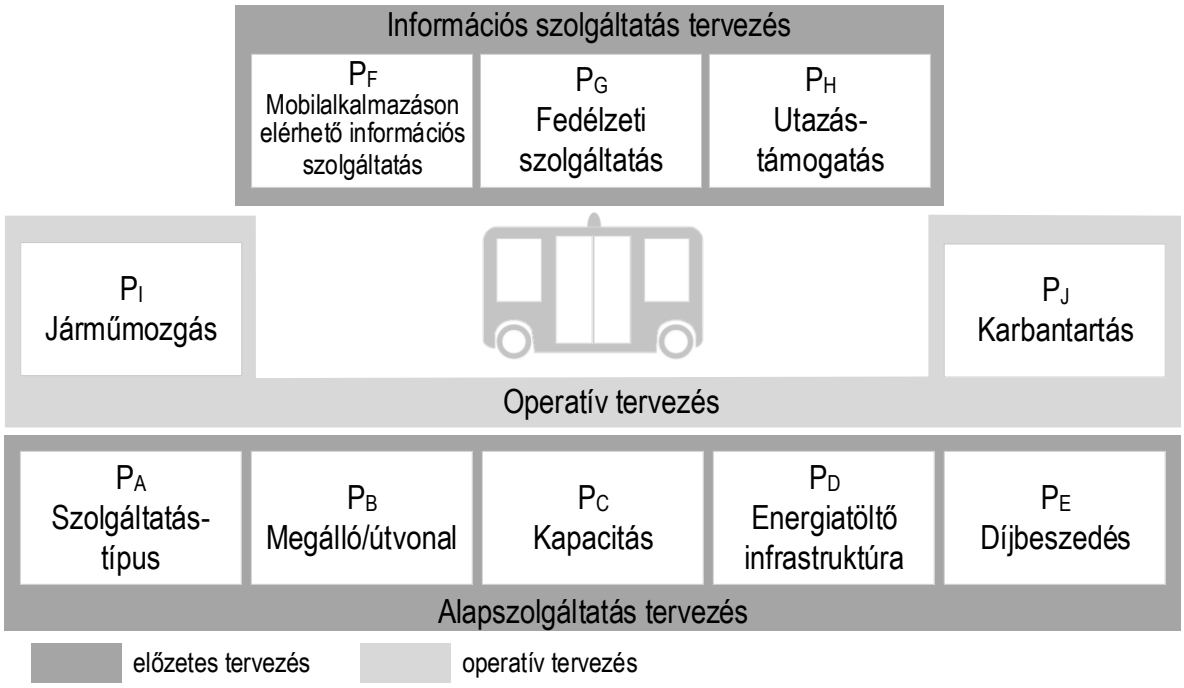
Jel	Megnevezés
j	autonóm járműves szolgáltatástípus indexe j=1..4
S_j	autonóm járműves szolgáltatástípus
x	tervezési funkció indexe x=A..J
P_x	tervezési funkció
y	adatcsoport indexe y=A..J,U,T,V,S,O
D_y	adatcsoport
$D_S^{'}$	kérdőívvel gyűjtött elvárások nyers adatai
m	kérdés azonosítója $m \in \mathbf{N}$
D_S^m	elvárások m. kérdés alapján képzett alcsoportja
z	üzemeltetési funkció indexe z=A..L
O_z	üzemeltetési funkció
n	utaskezelési alfunkció indexe z funkción belül $n \in \mathbf{N}$
$O_{z,n}$	utaskezelési alfunkció
A-O	egyedtípusok jele

7.1 Tervezés

A tervezés információs rendszerének kidolgozása érdekében először azonosítottam a tervezési funkciókat: P_x, ahol x a tervezési funkció indexe (x=A..J). Ez a kidolgozott elemzési módszer alapján az A felbontási mélységnek - funkciók azonosítása - felel meg. A funkciókat a következő csoportokba soroltam aszerint, hogy előzetes vagy operatív tervezésre vonatkoznak-e (7.1. ábra):

- előzetes tervezés:
  - alapszolgáltatás tervezése (P_A-P_E),
  - információs szolgáltatás tervezése (P_F-P_H),
- operatív tervezés (P_I-P_J).

Az előzetes tervezés során az alapszolgáltatás mellett alapvető a mobilitási szolgáltatás használatához szükséges információs szolgáltatások tervezése, ugyanis ezen funkciók nélkül az alapszolgáltatás sem biztosítható. Például mobilalkalmazáson elérhető információs szolgáltatás tervezése kiemelt jelentőségű, hiszen a mobilitási szolgáltatás csak mobilalkalmazáson keresztül vehető igénybe.



7.1. ábra: Tervezési funkciók

A tervezési funkciók következő jellemzőit, újszerűségeit azonosítottam csoportonként:

<u>Előzetes tervezés:</u>

P_A - *szolgáltatástípus*: szolgáltatástípusok kiválasztása. A technológia és a szolgáltatás ismeretlensége miatt a kereslet és az elvárások felmérése kinyilvánított preferencia vizsgálattal és becsléssel javasolt.

P_B – *megálló/útvonal:* megállóhelyek és találkozási pontok (S_2, S_3 típus), útvonalak (S_4 típus) és szolgáltatási területek (S_3 típus) kijelölése a terület egység jellemzőinek (pl. szolgáltatások elhelyezkedése) elemzésével, az igények hosszú távú becslésével.

P_C – *kapacitás*: a menetrend (S_3, S_4 típus) és a szükséges járműszám meghatározása. Különösen a csúcsidei kereslet feltárása lényeges, amely a kínálat meghatározásához szükséges. Ehhez a kereslet rövid- és középtávú becslése szükséges.

P_D – *energiatöltő infrastruktúra*: a töltőállomás helyszínek kijelölése, a helyszíneken elérhető töltőpontok darabszámának és teljesítményének meghatározása. Telepítés szempontjából potenciális pontok azon

népszerű helyszínek, ahol számos utazás kezdődik, vagy végződik, ezáltal az üresfutások száma csökkenthető. A töltési folyamat automatizálása szükséges a humán szereplők számának csökkentése érdekében (pl. induktív töltők elektromos járművek esetében).

P_E – *díjbeszedés*: egyrészt a tarifarendszer és a fizetési módszerek meghatározása, másrészt a viteldíj számítási módszer és a tarifarendszer dinamikus változóinak konkrét értékeinek meghatározása. A következő szempontok figyelembevétele lehetséges a dinamikus díjak meghatározásánál: aktuális igény, megosztás, előzetes rendelés.

P_F - *mobil alkalmazáson elérhető információs szolgáltatás*: alkalmazásspecifikáció tervezése. Az alkalmazástervezés különösen fontos jelentőségű, mivel az új autonóm járműves szolgáltatás mobil alkalmazás segítségével vehető igénybe; a legtöbb utaskezelési funkció az alkalmazással támogatott (pl.: rendelés, fizetés), továbbá fontos a valós idejű és személyre szabott információk közlése is. A szolgáltatás használatához szükséges funkciók mellett a szolgáltatás minőségére hatást gyakorló (pl. utastárs kiválasztása) és a szolgáltatás értékelésére vonatkozó (pl.: visszajelzések küldése utastársról, szolgáltatásról) funkciók is részei az alkalmazásnak.

P_G - *fedélzeti szolgáltatás*: fedélzeti szolgáltatások meghatározása és tervezése. Az ún. „infotainment" funkciók biztosítása, vagyis személyre szabott és helyfüggő információ közlése és szórakoztatás.

P_H – *utazástámogatás*: utazás közben a szolgáltatás használatához szükséges funkciók és működési logikájuk tervezése. Automatizált funkciók telepítése szükséges a személyzet számának csökkentése érdekében (pl.: jogosultság érvényesítés és ellenőrzés, ajtóműködtetés). Mégis bizonyos helyzetekben és utasrétegeknél (pl. fogyatékkal élők) a személyzet jelenléte továbbra is szükséges.

<u>Operatív tervezés:</u>

P_I – *járműmozgás*: egyrészt a hasznos és az üresfutások (töltőállomáshoz, parkolóhelyhez, újraosztás során kijelölt új területre) előzetes tervezése, másrészt az operatív vezénylés tervezése, amennyiben a tervezett kapacitás nem elegendő az igények kielégítéséhez, vagy az átszállás nem biztosított a ráhordó szolgáltatástípusnál. A funkció része a valós idejű kereslet-kínálat összerendelés és a megosztott futások valós idejű tervezése is.

P_J – *karbantartás*: a járművek karbantartási terveinek meghatározása, többek között a műszaki követelmények és tervezett futásteljesítmény alapján. A szükséges bemeneti adatok meghatározása feltételezésekkel és becslésekkel lehetséges a mobilitási szolgáltatás korai szakaszában. A szolgáltatás bevezetése után a valós idejű diagnosztikai adatok alapján végezhető el ez a feladat.

A megosztott autonóm járműves szolgáltatásokat vagy az üzemeltető, vagy az integrált mobilitásmenedzsment központ tervezi attól függően, hogy mennyire fejlett MaaS koncepció valósul meg. A szereplők közötti szoros együttműködés elengedhetetlen (pl. a zavarmentes mobilitási szolgáltatás nyújtása érdekében). Szükséges a helyi önkormányzatok és infrastruktúra-üzemeltetők bevonása is a tervezési folyamatba.

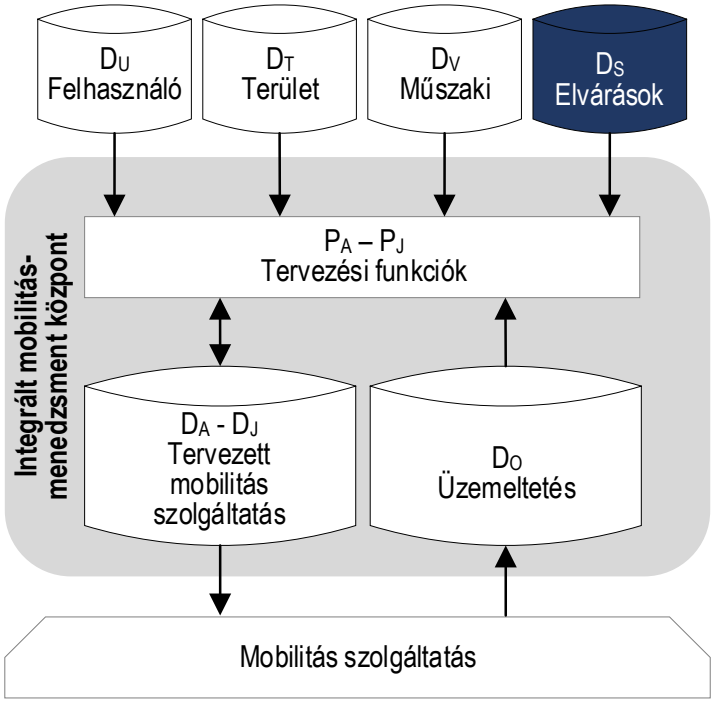
Mind az adatgyűjtés, mind a tervezési funkciók szoftveres eszközökkel jelentős mértékben támogatottak. Az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások tervezése és üzemeltetése nagy mennyiségű adatot igényel. Az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatásokra a fejlesztések korai fázisa jellemző, amikor az üzemeltetési adatok nem elérhetők. Ekkor a felhasználói elvárások gyűjtése és azok figyelembevétele a szolgáltatás tervezésénél szükségszerű.

Kidolgoztam a tervezés információs rendszerét, ehhez azonosítottam a funkciók bemeneti és kimeneti adatcsoportjait: D_y, ahol y az adatcsoport indexe (y=A..J,U,T,V,S,O). Az adatcsoportokat a 7.2. táblázatban mutatom be. Egy adatcsoportba a hasonló jellemzőt leíró adatok sorolhatók. Ez a kidolgozott elemzési módszer alapján a *B* felbontási mélységnek felel meg.

7.2. táblázat: Tervezés adatcsoportjai

Jel	Megnevezés	Leírás
D_U	Felhasználó	Potenciális felhasználók alapadatai egy adott területi egységre vonatkozóan (társadalmi, demográfiai és mobilitási szokás jellemzők)
D_T	Terület	Területi jellemzők (pl.: úthálózat, kijelölt megállóhelyek)
D_V	Műszaki	Járművek, töltőeszközök műszaki adatai
D_S	Elvárások	Utazói elvárások a szolgáltatással szemben
D_O	Üzemeltetés	Üzemeltetési jellemzők (pl.: aktuális jármű pozíció, rendelési adatok)
D_A- D_J	Tervezett mobilitás szolgáltatás	Tervezési funkciók kimeneti adatai (az index a tervezési funkcióra utal – pl. A D_a a D_a tervezési funkció kiemeti adatai)

A tervezés információs rendszer modelljét a 7.2. ábrán szemléltetem. Az ábrán az adatcsoportok egyszerűsített kapcsolatát mutatom be.



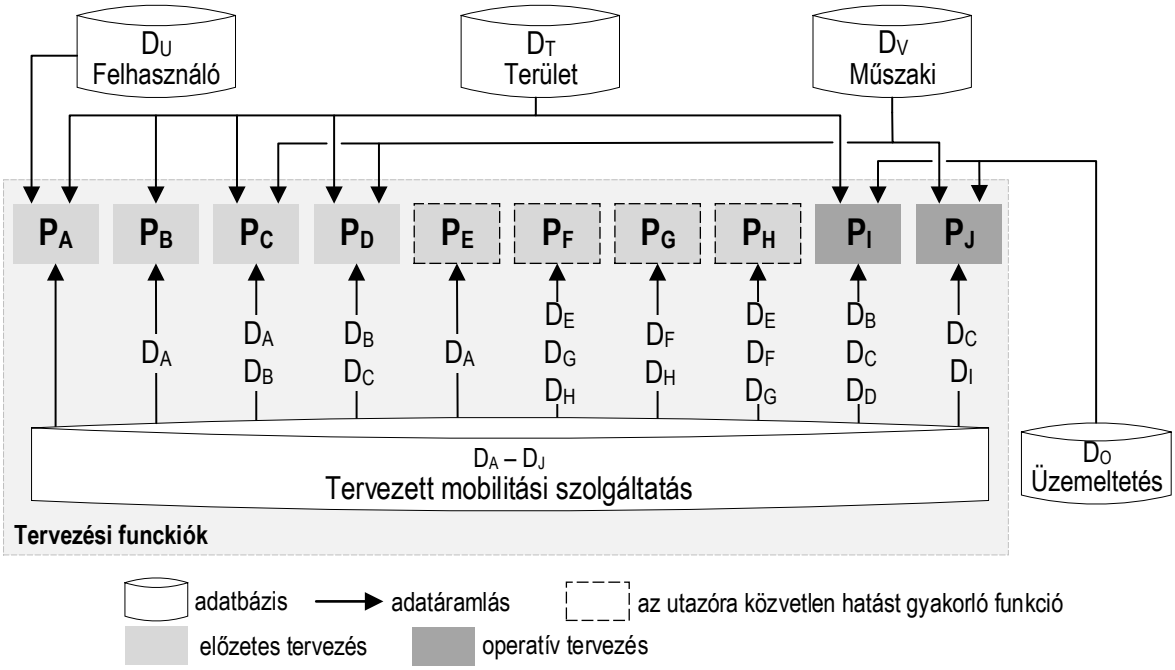
7.2. ábra: Tervezés információs rendszerének modellje

A tervezési funkciók bemeneti adatai D_U, D_T, D_V, D_S és D_O. A D_U, D_T és D_V adatcsoportok forrása egy további szervezet (pl.: statisztikai hivatal, önkormányzat, járműgyártó). A D_S adatcsoport adatforrása a kérdőíves felmérés. A mobilitási szolgáltatás üzemeltetése tervezett D_A-D_J adatok alapján történik, amelyek a tervezési funkciók kimeneti adatai. Ezen adatokat egy integrált adatbázis tárolja. A szolgáltatás szervezése és irányítása az integrált mobilitásmenedzsment központ feladata; az üzemeltetés során a D_o üzemeltetési adatok gyűjtése folyamatos. D_o a szolgáltatás elindulása után a tervezési funkciók fontos bemeneti adatává válik, különösen az operatív tervezési funkciók számára. Az operatív tervezés folyamatos. Az üzemeltetési adatok rendelkezésre állása következtében a tervezési funkciók pontosíthatók.

A funkciók közötti adatáramlás részletes modellezése érdekében funkciónként is feltártam a működéshez szükséges bementi és kimeneti adatcsoportokat, vagyis a működés eredményeit (7.3. táblázat). A 7.3. ábrán ábrázoltam a feltárt bementi és kimeneti adatokat, megmutatva, hogy egy-egy funkció kimeneti adatai (D_A-D_J tervezett mobilitási szolgáltatás) egy másik funkció bemeneti adata. Az adatok áramlását nyilakkal szemléltettem. A funkciók közötti adatkapcsolatok az integrált adatbázison keresztül valósulnak meg. Ez a kidolgozott elemzési módszer alapján *A6-B* – funkciók és adatcsoportok közötti - kapcsolatnak felel meg.

7.3. táblázat: Funkciók be- és kimeneti adatcsoportjai

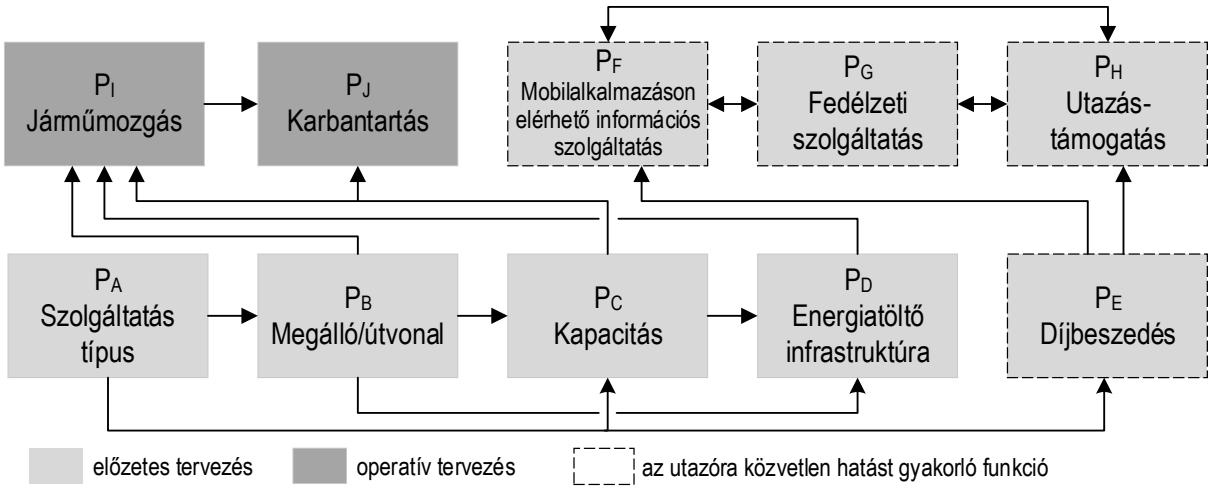
Funk.	Bemenet	Kimenet
P_A	D_U: pl. O-D mátrix (gyakoriság, induló és érkezési hely) D_T: pl.: lakosszám, közforgalmú közlekedési eszköz megállójának távolsága	D_A: utazási igény, becsült utasszám, szolgáltatástípusok aránya, modal share
P_B	D_T: pl. szolgáltatások helyszíne D_A: utazási igény, szolgáltatástípusok aránya	D_B: kijelölt megállóhelyek, útvonalak, területek
P_C	D_T: pl. úthálózat D_V: járművek általános jellemzői – pl. akkumulátor kapacitás D_A: utazási igény, becsült utasszám, szolgáltatástípusok aránya D_B: kijelölt megállóhelyek, útvonalak, területek	D_C: menetrend (S_3, S_4 típusoknál), futásteljesítmény, járműszám
P_D	D_T: e pl. úthálózat D_V: járművek jellemzői – pl. akkumulátor kapacitás, töltőeszközök jellemzői – pl.: maximális energiaátvitel, töltési idő D_B: kijelölt megállóhelyek, útvonalak, területek D_C: menetrend, futásteljesítmény,	D_D: töltőállomás helyszínek, töltőtípus
P_E	üzemeltetési elvárások – pl. gazdasági indikátorok D_A: szolgáltatástípusok aránya	D_E: tarifarendszer
P_F	D_G: fedélzeti szolgáltatások D_H: utazástámogató funkciók	D_F: mobil alkalmazás funkciók specifikációja
P_G	D_F: mobil alkalmazás funkciók D_H: utazástámogató funkciók	D_G: fedélzeti szolgáltatások specifikációja
P_H	D_F: mobil alkalmazás funkciók D_G: fedélzeti szolgáltatások	D_H: utazástámogató funkció tervek (felszállás, biztonság, ellenőrzés)
P_I	D_T: pl. úthálózat D_B: kijelölt megállóhelyek, útvonalak, területek D_C: menetrend, járműszám D_D: töltőállomás helyszínek D_O: rendelés, járműállapot	D_I: operatív menetrendek, járműmozgás tervek
P_J	D_C: menet, futásteljesítmény, járműszám, D_O: jármű diagnosztikai adatok; D_V: járművek általános jellemzői	D_J: karbantartási tervek



7.3. ábra: Funkciók bemeneti adatcsoportjai

A modellezés alapján megállapítottam, hogy **az utazóra közvetlenül hatást gyakorló funkciók csak az alapszolgáltatástól függenek**. Vagyis ezen funkciók csak más funkciók output adatait használják bementi adatként, további szervezettől származó külső adatforrás működésükhöz nem szükséges. Az utazóra közvetlen hatást gyakorló funkciók a díjbeszedés, információ szolgáltatás tervezésére vonatkozó funkciók (P_E-P_H); ezen funkciókat a 7.3. ábrán szaggatott kerettel jelöltem.

A be- és kimeneti adatcsoportok feltárásával meghatároztam a funkciók közötti adatkapcsolatot, amit a 7.4. ábrán szemléltettem. Ez a kidolgozott elemzési módszer alapján *A6* – funkciók közötti - kapcsolatnak felel meg. Az utazóra közvetlenül hatást gyakorló funkciókat szintén szaggatott kerettel jelölteltem.



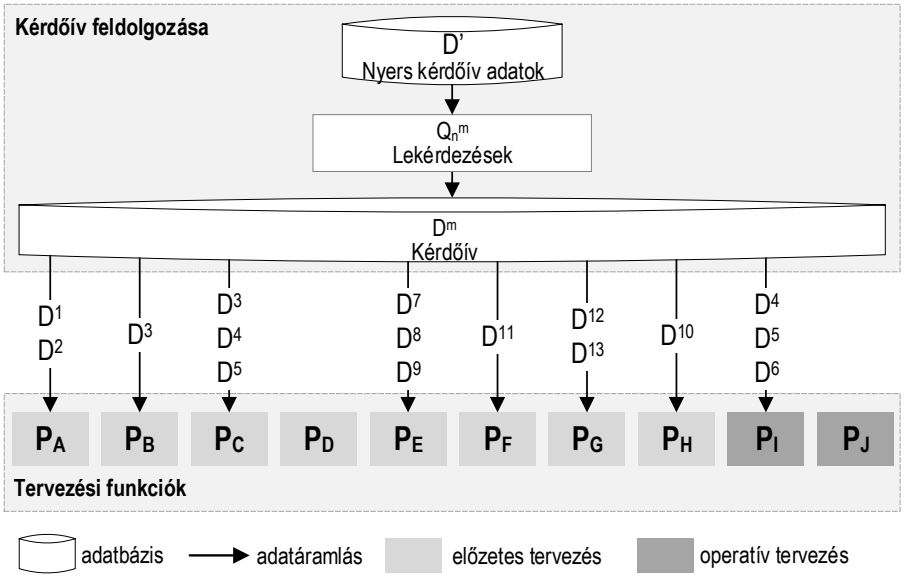
7.4. ábra: Tervezési funkciók kapcsolatai

Az utazók elvárására vonatkozó, a kérdőíves felméréssel gyűjtött nyers adatok (D_s') feldolgozás után bemeneti adatként szolgálnak a tervezési funkciók számára. A kérdőív feldolgozásából származó adatcsoportokat a 7.3. táblázatban mutatom be. A kérdőívből származó adatok további megkülönböztetésére a következő jelölést vezettem be: D_s^m , ahol *m* utal a kérdés sorszámára. Mivel a feldolgozásnál a III-as kérdéscsoportot használtam, a továbbiakban a III-as sorszám jelölésétől eltekintek; illetve mivel a továbbiakban az elvárások adatcsoporttal foglalkozom, a *S* index jelölésétől is eltekintek.

7.4. táblázat: Kérdőív feldolgozásából származó adatcsoportok

m	Leírás	m	Leírás
1	Szolgáltatási típusok értékélése	8	Elvárt díjmérték
2	Váltási hajlandóság	9	Dijbefolyásoló tényezők eltűrt mértéke
3	Gyaloglási hajlandóság	10	Elvárt díjfizetési mód
4	Várakozási hajlandóság tetszőleges ponton	11	Elvárt mobil alkalmazás szolgáltatások
5	Várakozási hajlandóság kijelölt megállóhelyen	12	Elvárt fedélzeti szolgáltatások
6	Eltűrt kitérési idő utastársért	13	Utazás közbeni tevékenységek értékelése
7	Elvárt díjszámítási alap		

Az adatáramlás további részletes modellezése érdekében feltártam, hogy az egyes D_s^m alcsoportok mely tervezési funkció számára bementi adatok (7.5. ábra). Ez a kidolgozott elemzési módszer alapján *A6-B* - funkciók és adatcsoportok közötti - kapcsolatnak felel meg. A modellezés alapján megállapítottam, hogy **a töltőinfrastruktúra és a karbantartás tervezési funkciókhoz** (P_D és P_J) **nem szükséges a kérdőívből adat, vagyis az utazói elvárások nem befolyásolják ezen funkciókat**. Ezen funkciók eredményei az utasokat csak közvetve érintik.



7.5. ábra: Kérdőív adatcsoportok, mint bemeneti adatok

A válaszok feldolgozását követően a következő, a tervezéshez is felhasználható, az utazói preferenciákra vonatkozó megállapításokat tettem funkciónként (a megállapításokat **félkövér**rel jelöltem). A legjelentősebb eredményeket grafikusan a 2. Függelékben foglaltam össze.

P_A - *szolgáltatástípus*: **a motiváció és a szolgáltatástípus preferencia között erős kapcsolat áll fent** (III.3 kérdés). A kötöttebb motivációjú utazásokhoz (munka/tanulás) a válaszadók a kötöttebb típusokat (S_3, S_4), míg az ad hoc jellegűbb utazásokhoz (szabadidős tevékenység) a rugalmasabb típusokat (S_1, S_2) részesítik előnyben. Ez leginkább a jelenlegi mobilitási szokásokhoz hasonlít. A felhasználók közel 2/3-a közforgalmú közlekedéssel közelíti meg ma úti célját, amihez leginkább az S_4 típus hasonlít.

Erős a kapcsolat a jelenlegi módhasználat és a preferált szolgáltatástípus között. Erre a megállapításra jutott Madigan et al. (2016) is. A jelenleg egyéni gépjárművel közlekedők leginkább a legrugalmasabb S_1, míg a legkevésbé a legkötöttebb S_4 típust preferálják. Ezzel ellentétes tendenciát mutat a jelenleg közforgalmú közlekedést választók preferenciája.

P_B - *megálló/útvonal*: Az útvonal és megállók kijelölését a gyaloglási hajlandóság (III.5 kérdés) befolyásolja. A válaszadók általánosan 280 métert hajlandók gyalogolni. Ez a jelenlegi autóbuszos szolgáltatásokra jellemző átlagosan 400 méteres gyaloglási hajlandóságához (IHT, 2010) képest jelentősen kisebb. A **válaszadók jobb térbeli lefedettséget várnak el a kis kapacitású, autonóm járműves szolgáltatásoktól.** Megállapítottam továbbá, hogy a **kor, a lakóhely nagyság, valamint a jelenlegi módhasználat befolyásolja a gyaloglási hajlandóságot**. A fiatal generáció tagjai, Budapest agglomerációjában élők és a jelenleg közforgalmú közlekedést választók az általagosnál többet hajlandók gyalogolni.

P_C - *kapacitás*: menetrend és járműszám tervezését a várakozási hajlandóság befolyásolja (III.6-7 kérdés). Házhoz jövő szolgáltatástípus esetében (S_1 - S_3) a rendeléstől a jármű érkezéséig a várakozási hajlandóság átlagosan 7,4 perc. Kijelölt megállóhelynél, a válaszadók átlagosan 6,8 percet hajlandók várakozni a megállóba érkezéstől a jármű érkezésig. Megállapítottam, hogy **a jelenlegi módhasználat és a várakozási idő között erős kapcsolat van.** A jelenleg gyalogosan vagy egyéni gépjárművel közlekedők az átlagosnál kevesebbet, míg a közforgalmú közlekedéssel utazók az átlagosnál kismértékben többet hajlandók várakozni.

P_E - *díjbeszedés*: a tarifarendszer kialakítását a díjszámítás jellemzőire vonatkozó elvárások befolyásolják (díjszámítás alapja, díj mértéke, díj mértékét befolyásoló tényezők - III.9-11 kérdés). A díjszámítási alap lehet időtartam, távolság, vagy egy utazás. A válaszadók között **népszerű az egy utazáshoz tartozó díjszámítási alap**, ami a távolságtól és időtartamtól is független. Ez azzal magyarázható, hogy városi

közlekedésben Magyarországon ez a díjszámítási alap a jellemző. Ugyanakkor **a távolság alapú díjszámítási alap a legnépszerűbb a rugalmas szolgáltatástípusnál.** S_2 mód esetén nagy arányban választottak más díjszámítási alapot (a kitöltők 50%-a a távolság alapú díjszámítást választotta). Annak ellenére, hogy a jelenlegi taxiszolgáltatásoknál a díjszámítás alapja a távolság és az időtartam, a jelenlegi taxihoz hasonló S_1 típusnál a válaszadók csupán 20%-a választotta a távolság és időtartam alapú díjszámítást.

A rugalmasabb szolgáltatástípusokért (S_1, S_2) **a válaszadók többet hajlandók fizetni, mint a kötöttebb típusokért** (S_3, S_4). Megállapítottam továbbá, hogy **a születési idő erősen befolyásolja a választott díj mértéket.** Szemben Kockelman et al. (2016) eredményével a fiatalabbak magasabb díjat hajlandók fizetni, mint az idősebbek. A válaszadók

- az utastársak előzetes szűrési lehetősége esetén (pl. profilkép alapján) 19%-al magasabb díjat hajlandók fizetni,
- csúcsidőszakokban, kapacitáshiány esetén szintén 19%-al magasabb díjat hajlandók fizetni;
- az utazás előtti legalább 30 perces igénybejelentéskor 15%-os díjcsökkenést, míg
- a szolgáltatás rendszeres használata esetén 24%-os díjcsökkenést várnak el.

A díjbeszedő rendszer kialakítását a preferált fizetési módok (III.12 kérdés) befolyásolják. Az igényelt díjfizetési módok közül a kártyás, illetve az alkalmazáson keresztüli fizetés a legnépszerűbb. 1-3 skálán, ahol 1 a ritka, 3 a gyakori használat a válaszadók egyaránt 2,4 gyakorisággal használnák a kártyás, valamint az alkalmazáson keresztüli fizetést. A legkevésbé népszerű a készpénzes fizetés, 1,7-es gyakorisággal. Az automatikus fizetés (utazó követése alapján) kedveltsége viszonylag alacsony, 1,9 gyakoriságú. Ez az automatikus fizetés újszerűségével és ismeretlen jellegével magyarázható. Megállapítottam, hogy **a születési idő erősen befolyásolja az elvárt fizetési módot**. A fiatal generáció (Z-generáció), akik sűrűn használják okostelefonjukat, az átlagosnál sűrűbben használnák az alkalmazáson keresztüli fizetést, 2,55-ös gyakorisággal.

P_F - *mobilalkalmazáson elérhető információs szolgáltatás* (III.13 kérdés): Az utazók számra **a szolgáltatás használatát támogató mobil alkalmazás funkciók** (várható érkezési idő kijelzése, tájékoztatás a díjakról, utazási jogosultság kezelése) **fontosak, míg a szolgáltatás minőségével összefüggő funkciók kevésbé fontosak**.

P_G - *fedélzeti szolgáltatás* (III.14 kérdés): Az utazók számára **az utazáshoz közvetlenül kapcsolódó fedélzeti információ szolgáltatás, valamint a saját okoseszköz használatát támogató fedélzeti megoldások** (WiFi, elektronikus eszközök töltési lehetősége) **a legfontosabbak**. Szemben Piao et al. (2016) eredményével, a válaszadók nem tartják fontosnak a személyzet jelenlétét (fontosság csupán 1,6-os értékű). A személyzet jelenlétét a mozgássérült és látássérült válaszadók is csak kismértékben ítélték fontosabbnak (fontossága 1,8-as értékű). (A válaszadók 6%-a vallotta magát mozgásában vagy látásában korlátozottnak)

Az utaskényelmi szolgáltatások tervezését az utazás közben szívesen végzett tevékenységek gyakorisága is befolyásolja (III.15 kérdés). **Azok a tevékenységek, amelyek már jelenleg is végezhetők vezetés közben, továbbra is népszerűek maradnak** (zenehallgatás, beszélgetés), hasonlóan Kockelman et al. (2016) eredményéhez. Továbbá, **vannak olyan tevékenységek, amelyek vezetés közben korlátozottan, vagy egyáltalán nem végezhetők, és a jövőben népszerűvé válnak** (nézelődés, internetezés, munkavégzés). Szemben Cyganski et al. (2015) eredményével a jelenleg egyéni gépjárművet használók gyakran dolgoznának és interneteznének - 2,3-as gyakoriság. A jelenleg kerékpárral közlekedők kiugróan gyakran nézelődnének - 2,8-as gyakoriság. Ez magyarázható azzal, hogy mivel a kerékpározás folyamatos figyelmet igényel, a nézelődésre már nem marad lehetőség.

P_I - *járműmozgás*: a hasznos járműmozgások tervezését az utastársért történő kitérési hajlandóság (III.8 kérdés) is befolyásolja. A válaszadók átlagosan 6,8 perccel hajlandók többet utazni utastársak felvételéhez/leadásához átlagos városi, ráhordó utazásoknál.

7.2 Üzemeltetés

Az új mód üzemeltetési sajátosságainak feltárása érdekében először azonosítottam az üzemeltetési funkciókat: O_z, ahol z az üzemeltetési funkció indexe z=A..L. Ez a kidolgozott elemzési módszer alapján az A felbontási mélységnek - funkciók azonosítása - felel meg. A funkciókat a következő csoportokba soroltam:

- szolgáltatásirányítási funkciók (O_A-O_H),
- utaskezelési funkciók (O_I-O_N).

A legtöbb üzemeltetési funkció részlegesen vagy teljesen automatizálható. A funkciók automatizálásával részletesen a 8. fejezetben foglalkoztam. Az üzemeltetési funkciók következő jellemzőit, újszerűségeit azonosítottam csoportonként:

<u>Szolgáltatásirányítás:</u>

O_A - *járműellenőrzés*: a szállítási feladathoz térben közeli álló vagy mozgó járművek általános tulajdonságainak (pl.: akkumulátor töltöttsége, műszaki állapot) ellenőrzése az igénybe vehető járművek kiválasztásához.

O_B - *kereslet-kínálat összerendezés*: az utazók és az utazás jellemzőinek, valamint a járműellenőrzés eredményének összehasonlítása (pl.: irány, szabad férőhelyek száma), majd a szállítási feladatnak leginkább megfelelő jármű hozzárendelése az utazóhoz. A jogosultságkezelés (O_J) funkció rendelés alfunkciója és a kereslet-kínálat összerendezés funkció között többlépéses az iteráció, különösen megosztott szolgáltatás esetében. Az összerendezést követően kap tájékoztatást az utazó a tervezett utazásról (jármű adatok, indulási idő, becsült díj, stb.). Rugalmas igények esetén az utazást el is lehet halasztani; például, ha nincs megfelelő jármű a közelben. Az összerendezés fejlett körülmények között automatizált. Az egyik legjelentősebb újdonsága az autonóm járműves közlekedési szolgáltatásnak, hogy az előzetes helyfoglalások alapján az utazási igények és azok tulajdonságai előre ismertek, így a kereslet és a kapacitások hatékonyan rendelhetők össze.

O_C - *útvonaltervezés*: a legrövidebb útvonal megtervezése automatikus a historikus és becsült adatok alapján a szakaszok dinamikus tulajdonságainak figyelembevételével. Az útvonal tervezése az integrált mobilitásmenedzsment központ feladata. Nem csupán a személyszállítási, hanem az üresfutások (pl.: töltőállomás, következő felvételi pont megközelítése) útvonala is előre tervezett. Az útvonaltervezés és kereslet-kínálat összerendezés, valamint az útvonaltervezés és újraosztás funkciók között az adatkapcsolat kétirányú. Mind a két funkció függ az útvonaltervezés eredményétől. Az útvonalterv utazás közben is módosulhat (pl.: forgalmi viszonyok változása, új utas felvétele).

O_D – *nyomon követés*: a járművek és útvonalszakaszok állapotának megfigyelése, nyomon követése. Utazás közben az adatcsere automatikus és kvázi-folyamatos a központ és a jármű között. Például: vészhelyzetek érzékelése és kezelése. A megfigyelés eredménye lehet az útvonal újratervezése vagy a kereslet-kínálat ismételt összerendezése. Minden új helyzetben az utazó tájékoztatása szükséges. A nyomon követés automatikus, ugyanakkor humán szereplők felügyelik a folyamatokat.

O_E - *újraosztás*: a teljesített feladatok után a járműveket „újraosztják" a pozíciók szerint. Azaz, olyan töltőállomásra, parkolóhelyre, vagy zónába irányítják, ahol az újabb igények megjelenésének magas a valószínűsége.

Az autonóm járművek gyors és automatikus újraosztása az üzemirányítás egyik legjelentősebb újszerűsége (humán kommunikáció nélkül). Így a szolgáltatás minősége is fokozható, esetleg kevesebb jármű rendelkezésben tartásával.

O_F - *töltés*: a jármű töltöttségének folyamatos monitorozása (így a töltési igény automatikusan jelezhető), valamint a töltőpontok elérhetőségének és állapotának ellenőrzése, illetve foglalása a jármű közelében.

O_G - *javítás/karbantartás*: a járművek állapota a diagnosztikai adatok gyűjtésével ellenőrizhető. Így a karbantartástervezés hatékonysága fokozható. Az integrált mobilitásmenedzsment központ és az üzemeltetők központjai közötti együttműködés segíti a feladatok elvégzését. Műszaki hiba esetén a jármű helyettesítése megváltoztathatja más járművek feladatait is.

O_H - *elemzés*: historikus adatok elemzése, amely a tervezési funkciók bemeneti adatait szolgáltatja.

Utaskezelés:

Az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások magasan automatizál utaskezelési funkciókat igényelnek. Mivel elsősorban az utasokra fókuszáltam, ezért azonosítottam az utaskezelési alfunkciókat is: $O_{z,n}$, ahol n az utaskezelési alfunkció indexe z funkción belül $n \in \mathbf{N}$ (7.5. táblázat).

7.5. táblázat: Utaskezelési alfunkciók

O_z	**Funkció**	$O_{z,n}$	**Alfunkció**
O_I	Infotainment	$O_{I,1}$	Általános feltételekről, kiegészítő szolgáltatásokról tájékoztatás
		$O_{I,2}$	Valós idejű tájékoztatás (pl. járművek helyzete)
		$O_{I,3}$	Személyre szabott utazástervezés, navigáció
		$O_{I,4}$	Információkérés
		$O_{I,5}$	Utas – jármű kommunikáció
		$O_{I,6}$	Szórakoztatás
		$O_{I,7}$	Panaszkezelés/visszajelzések
		$O_{I,8}$	Elveszett tárgyak kezelése
		$O_{I,9}$	Adatgyűjtés az utazótól („crowdsourcing”)
O_J	Jogosultságkezelés	$O_{J,1}$	Rendelés (igénybejelentés)
		$O_{J,1}$	Díjhordozó kiállítása
		$O_{J,2}$	Azonosítás (díjhordozó kezelése)
		$O_{J,3}$	Ellenőrzés
		$O_{L,1}$	Fizetés
O_K	Utastéri körülmények kezelése	$O_{K,1}$	Komfort beállítások (pl.: fűtés, világítás)
O_L	Biztonság/védelem	$O_{L,1}$	Baleset elkerülése jármű – utas között
		$O_{L,2}$	Utascsere biztonsági felügyelete (figyelmeztetés, ajtó zárás)
		$O_{L,3}$	Utaskezelés rendkívüli helyzetben (baleset, műszaki meghibásodás)
		$O_{L,4}$	Élet- és tulajdonvédelem
		$O_{L,5}$	Vészhívás

O_I – *infotainment*: az okostelefonos alkalmazáson keresztüli tájékozódás a jellemző. A mobilitási szolgáltatás használata regisztrációhoz kötött. Az első utazás előtt a személyes adatok megadását követően további beállítások végezhetők el (pl. preferenciák megadása). Amennyiben a rendszer megtanulja a felhasználó szokásait (mesterséges intelligencia alkalmazásával), akkor jelentősebb beállítások nélkül is adható személyre szabott tájékoztatás.

A fedélzeti, utazás közbeni tájékoztatást az integrált mobilitásmenedzsment központ automatikusan vezérli. A kollektív információs eszközök mellett az utazó okoskészüléke is meghatározó jelentőségű - többek között - helyfüggő információk közlésekor (pl.: leszállásra figyelmeztető üzenetküldés, várható érkezési idő). Az interaktív, érintőképernyős fedélzeti szórakoztató funkciók jelentősége megnő, hiszen így hasznosan tölthető el az idő, és az utazási komfort is fokozható.

Az utazó értékelheti a teljes mobilitási szolgáltatást visszajelzések küldésével. A személyes panaszkezelés részben kiváltható alkalmazáson keresztüli üzenetküldéssel. Az elveszett tárgyak kezelésénél fontos szerepet kap az automatikus csomagdetektálás (pl. kamerákkal), azonban a csomagok kezeléséhez a személyzet beavatkozása szükséges. A szolgáltatás minősége az utazói visszajelzések alapján fejleszthető. A visszajelzések befolyásolhatják a szolgáltatás díját is (pl. szennyezett jármű esetén csökkentett díj).

O_J – jogosultságkezelés: az előzetes rendelés (az utazási igény bejelentése) történhet közvetlenül az utazás előtt (ad hoc igény) vagy már korábban (tervezett igény). A rendelés során számos jellemző beállítható (célállomás, utastársak száma, csomagszállítás, kerekesszékes utazás, stb.). A regisztráció során megadott személyes adatok és a korábbi utazások historikus adatai egyszerűsítik a rendelési folyamatot (pl. gyakori desztinációk automatikus felkínálása). Fejlett esetben az utazástervezést követően automatikusan megtörténik a foglalás.

A díjhordozó egy elektronikus eszköz; többnyire egy okostelefonos alkalmazás, a „jegykiadás" így virtuálisan történik. A megosztott kis kapacitású járművek az ügyfélazonosítás után használhatók, ekkor lehet azokat kinyitni. Az szállhat be a járműbe, aki az igény-kapacitás összerendezés eredményeként jogosult rá. Az azonosítás lehet virtuális, például az utas nyomon követésével, vagy egyéb, például mobil alkalmazás alapú (közelség érzékelés). A beszállás ténye rögzítésre kerül egy adatbázisban. A jogosultság ellenőrzése beszálláskor, az azonosítással egyidejűleg megtörténik, ugyanakkor szúrópróbaszerű emberi ellenőrzés alkalmazható a visszaélések kiszűrése érdekében.

Érkezés után a díj számítása automatikus az utazási idő, dinamikus díjtényezők, személyes kedvezmények, stb. alapján. A díjszámítás változóinak frissítése periodikus (pl. minden órában), ezzel a keresletingadozás is csökkenthető (pl. csúcsidei magasabb tarifa ösztönzi az utazás elhalasztását). A díjtényezők útszakaszonként eltérőek. A tényezők leírják az adott szakasz aktuális forgalmi helyzetét (*forgalmi díjtényező*), a szolgáltatástípust (*szolgáltatástípus díjtényező*), a megosztott járműhasználatot (*megosztási díjtényező*), valamint a flotta aktuális kihasználtságát (*keresleti díjtényező*). Amennyiben az utas nem jelenik meg a felvételi helyen, „büntetés" fizetendő.

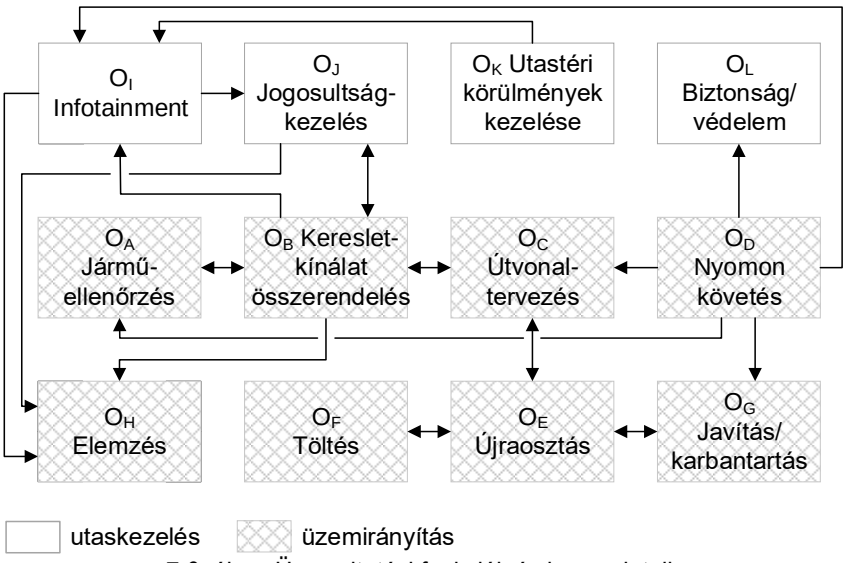
Az utazási díj mobil alkalmazáson keresztül vagy automatikusan (helyadat alapján) vagy manuálisan, illetve a bankszámla havi megterhelése alapján fizetendő. Az utazás végeztével a leszállás ténye rögzítésre kerül.

O_K – utastéri körülmények kezelése: ezeket a jellemzőket (pl. hőmérséklet, páratartalom) folyamatosan ellenőrzik. A jellemzők vagy automatikusan (főként nagyobb kapacitású járműveknél), vagy az utas által (kis kapacitású járműveknél) szabályozhatók. Az utóbbi esetben a jellemzőkről valós idejű tájékoztatást adnak.

O_L – biztonság/védelem: kamerás és szenzortechnológiás megfigyelés, illetve gépi feldolgozás válthatja ki a személyes jelenlétet biztonságkritikus helyzetek megelőzésénél és kezelésénél (pl. automatikus képfelismerés); így a helyzetek kezelése is felgyorsul. Bár a biztonsági funkciók teljesen automatizálhatók, mégis a kritikus helyzetek kezelésénél emberi beavatkozás szükséges. A V2N kommunikációs technológia célja, a mozgó objektumok hely- és egyéb adatainak továbbítása okos eszközökre (pl. okostelefon). Az ajtók kezelése kevesebb emberi beavatkozást igényel, amennyiben a fel- és leszállási szándékot automatikusan detektáljuk. Szenzorok alkalmazásával az ajtóvezérlés is biztonságosan megoldható.

A személyzet nélküli járműveken a biztonságérzet vészjelzők kihelyezésével, illetve intelligens távfelügyelettel fokozható. A szokatlan események (pl. veszélyes utas) detektálása képfelismeréssel automatizálható, így a „hagyományos" segélyhívások kiválthatók. Mindazonáltal gyors reagálású biztonsági személyzet továbbra is szükséges. A biztonsági személyzet reakcióideje az automatikus helyzetfelismeréssel csökkenthető.

Az egyes üzemeltetési funkciók hatással vannak más üzemeltetési funkciók működésére, a funkciók között adatkapcsolat valósul meg. Feltártam az üzemeltetési funkciók kapcsolatait, amelyet 7.6. ábra mutat be, a funkciók egymásra gyakorolt hatásának modellezése érdekében. Ez a kidolgozott elemzési módszer alapján *A6* funkciók közötti - kapcsolatnak felel meg. A nyilak jelzik az adatok áramlását.



7.6. ábra: Üzemeltetési funkciók és kapcsolataik

Megvizsgáltam, hogy a járművezető által végzett utaskezelési funkciókat a jármű (számítógép), vagy a feltárt új személyzettípusok veszik-e át (7.5. táblázat). A legtöbb funkciót a jármű fogja elvégezni, ugyanakkor a biztonsággal és tájékoztatással kapcsolatos funkciónál a humán személyzet szerepe megmarad.

7.6. táblázat: Járművezető feladatainak/funkcióinak átvétele

kinek	$O_{I,1}$	$O_{I,2}$	$O_{I,4}$	$O_{J,3}$	$O_{J,5}$	$O_{K,1}$	$O_{L,1}$	$O_{L,2}$	$O_{L,3}$	$O_{L,4}$	$O_{L,5}$
jármű (számítógép)		*X*	*X*	*X*	*X*	*X*	*X*	*X*		*X*	*X*
diszpécser		X							X	X	X
utassegítő	X								X		
ügyfélszolgálat	X										
ellenőr					X						
biztonsági szolgálat										X	X
mentőegység									X		X

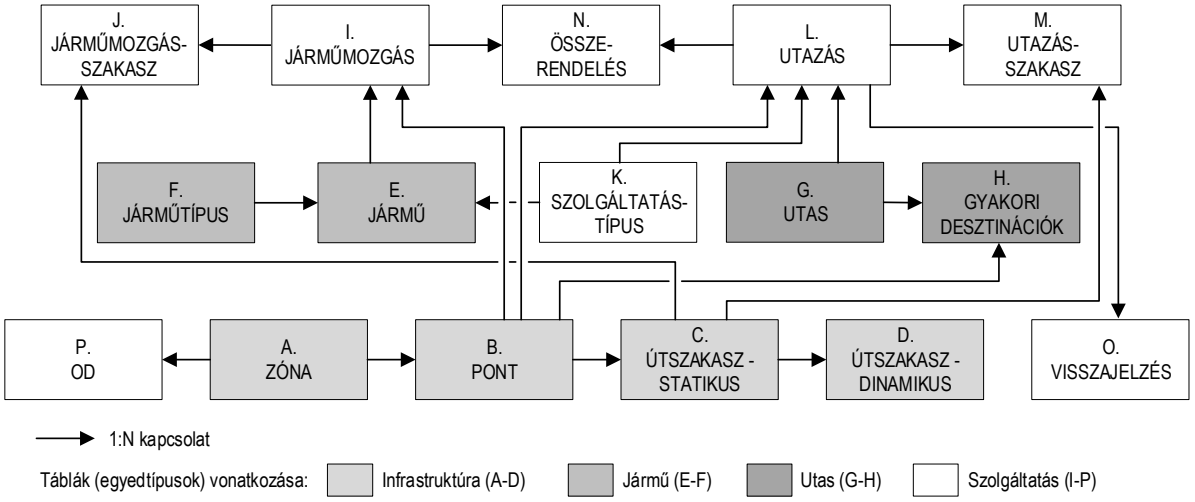
Az üzemeltetési funkciók végrehajtásában az integrált mobilitásmenedzsment központnak jelentős szerepe van; a következő feladatokat végzi:

- utazók és utazások adatainak kezelése,
- személyre szabott, valós idejű tájékoztatás,
- szállítási folyamatok szervezése, útvonalak tervezése,
- szállítási folyamatok irányítása, ellenőrzése,
- díjszámítás és beszedés,
- teljesítmény-, és minőségelemzés.

A szolgáltatás működéséhez integrált adatbázis szükséges. Ennek érdekében kidolgoztam a szolgáltatás működését támogató adatbázis relációs adatmodelljét. Az autonóm járművek és szolgáltatások nagy mennyiségű adatot kezelnek. A rendszerkoncepció készítéséhez az adatok csoportjai és kapcsolatai relációs adatmodellel leírhatók. Ugyanakkor az adatok feldolgozásához, tárolásához big data módszerek alkalmazása is szükséges (pl. adatbányászat, felhőalapú tárolás és feldolgozás).

A modellezés során feltártam az egyedtípusokat, a főbb attribútumokat és a közöttük lévő kapcsolatokat. Ehhez felhasználtam az üzemeltetési funkciók feltárt sajátosságait és újszerűségeit. Az egyedtípusokat egy-egy betűvel jelöltem (*A-O*). Az egyedtípusokat és tulajdonságaikat táblák tartalmazzák. Az egyszerűsített adatmodellt a 7.7. ábra mutatom be az egyedtípusok (táblák) közötti kapcsolatok

feltüntetésével (nyilak). A kapcsolatok típusa egy-több (nyílhegy a több oldalnál). A színezéssel jelöltem, hogy adott egyedtípus milyen jellemzőre vonatkozik. Megkülönböztettem infrastruktúrára, járműre, utasra és mobilitási szolgáltatásra vonatkozó egyedtípusokat.



7.7. ábra: Egyszerűsített adatmodell

A főbb attribútumokat egyedtípusonként a 7.8. ábrán mutatom be kiemelve az egyedek között a kapcsolatokat megteremtő elsődleges és idegen kulcsokat, valamit a tulajdonságok statikus vagy dinamikus jellegét. Az attribútumokat az egyedtípus jelével és egy sorszámmal jelöltem.

A legjelentősebb, az üzemeltetés újszerűsége miatt szükséges egyedtípusokat és tulajdonságaikat a következőkben mutatom be:

B. PONT tábla: a pontszerű infrastruktúra elemek adatainak nyilvántartásához: le- és felszállóhely (virtuális, okos megállóhely), töltőállomás, parkolóhely, depó.

D. ÚTSZAKASZ – DINAMIKUS: adott útszakasz dinamikus tulajdonságainak nyilvántartása. Az adatok az útvonaltervezéshez (előrejelzéshez), valamint a díjmeghatározáshoz használhatók (forgalmi, megosztási, keresleti díjtényezők).

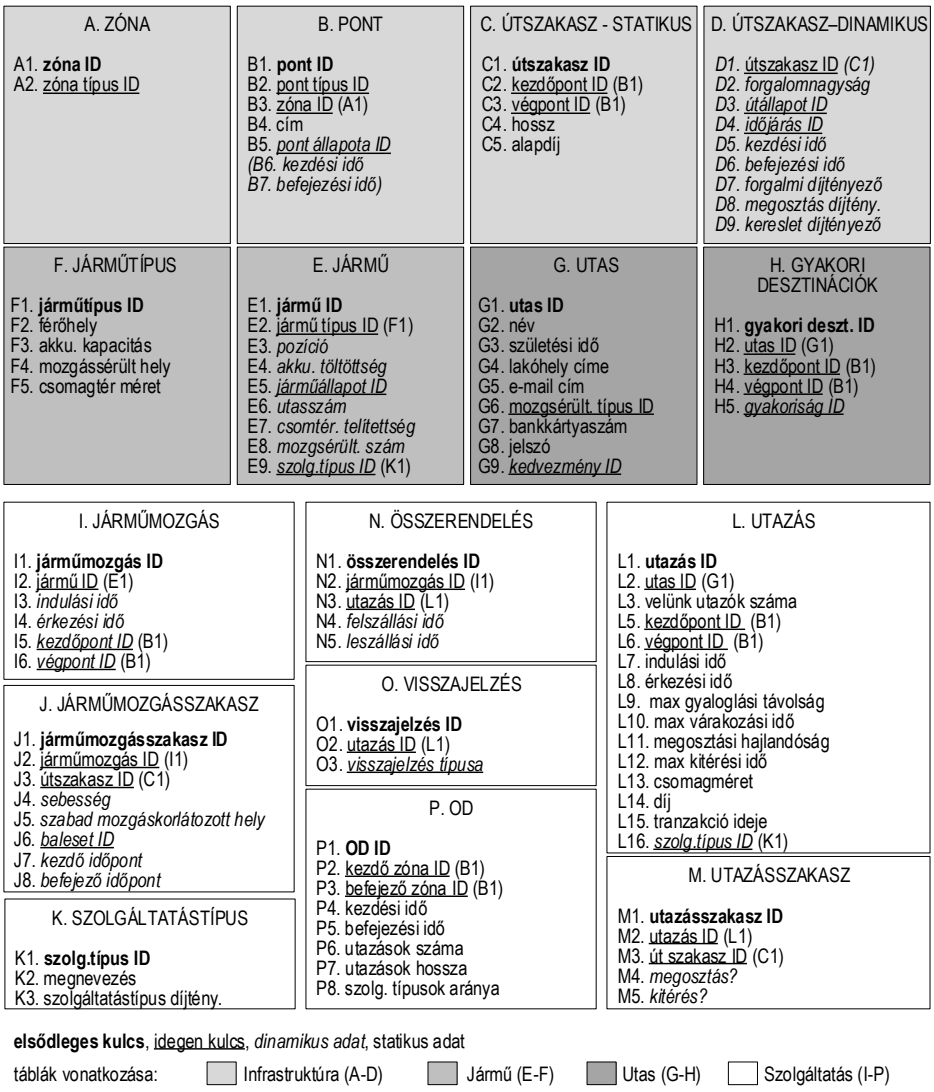
G. ÜGYFÉL: regisztrált felhasználók adatainak nyilvántartása. A regisztrált felhasználók vehetik igénybe a szolgáltatást.

H. GYAKORI DESZTINÁCIÓK: az utasok által gyakran látogatott helyszínek adatai. Regisztráláskor beállíthatók, vagy a későbbi használat során a rendszer is képez automatikusan gyakori desztinációkat. Felhasználható a járművek újraosztásánál, vagy igény-kapacitás összerendelés során a folyamat egyszerűsítésére.

J. JÁRMŰMOZGÁS-SZAKASZ; M. UTAZÁS-SZAKASZ: a járműmozgások és az utazások is szakaszokból állíthatók össze, ami lehetővé teszi a járműmozgások tervezését és irányítását. A jármű adott szakaszon eltöltött idejének meghatározása a *J7* és *J8* attribútumok alapján történik. A szakaszok szerinti felbontás lehetővé teszi az utazások pontosabb szervezését. Például a megosztott jelleg utazási szakaszonként változhat – *M4* attribútum; vagy adott szakasz kitérő szakasz volt-e más utasért, ebben az esetben a fizetendő díj alacsonyabb – *M5* attribútum.

K. SZOLGÁLTATÁSTÍPUS: a definiált szolgáltatástípusok főbb adatainak tárolására (pl. szolgáltatástípus díjtényező).

P. OD: a tábla az utazások honnan-hová adatait tárolja. A tábla adatai tervezési és üzemeltetési célokra használhatók. Amennyiben ismertek a zónák közötti utasszámok és választott szolgáltatástípus, úgy a jövőbeli kereslet is becsülhető.



7.8. ábra: Részletes adatmodell

Az üzemeltetési funkciók bementi adataikat az integrált adatbázisból, vagy további szervezettől származó külső adatforrásból szerzik be. Az üzemeltetési funkciókat támogató információs rendszer meghatározása érdekben feltártam, hogy mely adattáblából származnak a bementi adatok, illetve, hogy a kimeneti adatok mely adattáblába kerülnek (7.7. táblázat). Ez a kidolgozott elemzési módszer alapján *A6-B* - funkciók és adatcsoportok közötti - kapcsolatnak felel meg. Amennyiben a funkciók eredményei nem kerülnek vissza az integrált adatbázis valamely táblájába, úgy a kimeneti adattáblánál az „X" jelölést alkalmaztam. Például a Javítás/karbantartás (O_G) kimeneti értékei a járművek operátoraihoz tartozó „külső" adatbázisokba kerülnek.

A jövő mobilitási szolgáltatása változásokat idéz elő az utasoknál is. A mobilitás tudatosabbá és tervezettebbé válik az előzetes rendelés következtében. Az okoskészülékek jelentősége felértékelődik az utazás előkészítésekor és lebonyolításakor, a jármű és az utazó közötti fizikai kapcsolat kialakításakor. Összefoglalva a legfontosabb okostelefonos alkalmazás funkciók a következők:

- információszerzés interaktív kommunikációval (útvonaltervezés),
- szolgáltatás megrendelése,
- jármű nyitása/felhasználó azonosítása (díjhordozó kezelése),
- jogosultság ellenőrzése,
- fizetés (pl.: mobilfizetés, vagy automatikusan helyadat alapján),
- véleményezés, panaszbejelentés.

7.7. táblázat: Üzemeltetési funkció be- és kimeneti adatainak forrása

Bementi adatokat tartalmazó egyedtípusok	O_Z	Üzemeltetési funkciók	Kimeneti adatokat tartalmazó egyedtípusok
E, L	O_A	Járműellenőrzés	E
E, F, G, H, I, J, K, L	O_B	Kereslet-kínálat összerendezés	I, N
C, D, I, L, N	O_C	Útvonaltervezés	J
E, C, D, L,	O_D	Nyomon követés	J, M
C, D, J, P	O_E	Újraosztás	I
B, E	O_F	Töltés	B, I
E	O_G	Javítás/karbantartás	***X***
G, H, L, O	O_H	Elemzés	P
B, C, D, E, L, O	O_I	Infotainment	O
C, D, G, I, J, K, L, M, N, O	O_J	Rendelés	H, L, N
E	O_K	Utastéri körülmények kezelése	E
B, E, D	O_L	Biztonság/védelem	***X***

A szolgáltatási minőség fokozható:

- igényalapú mobilitási szolgáltatással (térbeli, időbeli rendelkezésre állás javítás),
- útitárs választásával (szimpátia szerint),
- fedélzeti szórakoztatással,
- személyre szabott, értéknövelt és helyfüggő információ közlésével.

A fejezetben összefoglaltam az autonóm járműves mobilitási szolgáltatás információs rendszeri modelljeit. Ismertettem a tervezési és üzemeltetési funkciókat, a működéshez szükséges adatcsoportokat és az adatkapcsolatokat. Az utazói elvárásokat, mint alapvető fontosságú bemeneti adat vettem figyelembe. Az elvárásoknak megfelelő szolgáltatással az új technológia elfogadása is fokozható. A következő főbb megállapításokat tettem:

- az utazóra közvetlenül hatást gyakorló funkciók csak az alapszolgáltatástól függenek, további szervezettől származó külső adatforrás nem szükséges.
- az utazók személyes és mobilitási szokásjellemzői befolyásolják az autonóm járműves mobilitási szolgáltatásokkal szembeni elvárásokat,
- a töltőinfrastruktúra és a karbantartás funkciók tervezését nem befolyásolják az utazói elvárások.

Az eredményekre építve, tervezési és üzemeltetési módszerek dolgozhatók ki igényalapú, megosztott autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatáshoz. A fejezetben bemutatott eredmények alapján fogalmaztam meg 3. tézisemet:

Kidolgoztam az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás utasközpontú tervezéséhez és üzemeltetéséhez szükséges információs rendszer modelljét. Feltártam az utazók egyéni preferenciáiból meghatározható bemeneti adatcsoportokat és meghatároztam az adatgyűjtési módszert.

Kapcsolódó saját publikációk: (Csiszár és Földes, 2017), (Földes és Csiszár, 2018b), (Földes és Csiszár, 2018c), (Földes et al., 2018), (Csiszár et al., 2019a), (Földes és Csiszár, 2019)

A funkciók automatizálása befolyásolja a teljes szolgáltatást, valamint az igényelt utazói képességeket. A következő fejezetben a közforgalmú közlekedés automatizálási lehetőségeit vizsgálom. Ismertetem:

- a közforgalmú közúti mobilitási szolgáltatások komplex automatizálási szintjét meghatározó módszert,
- az utaskezelési alfunkciók automatizálási fejlesztésének jelentőségét számító módszert,
- az automatizálás következtében az igényelt utazói képességekben bekövetkező változásokat értékelő módszert.

8 Közforgalmú közúti mobilitási szolgáltatások automatizálási lehetőségeit értékelő módszerek

A mobilitási szolgáltatások hatékonyságának és minőségének fokozása érdekében a jármű- és forgalomirányítási funkciók mellett, a tervezési és üzemeltetési funkciók is automatizálhatók. Az irodalmi áttekintés is rámutatott arra, hogy a fejlesztések többnyire a járműirányítási funkciókra fókuszálnak. Ezért kidolgoztam egy olyan értékelési módszert, amelynek alkalmazásával a közforgalmú közúti mobilitási szolgáltatások komplex automatizálási szintjei határozhatók meg, valamint a jövő közlekedési formái jellemezhetők.

Az utaskezelési funkciók automatizálásával részletesen foglalkoztam. Ebből kifolyólag kidolgoztam az utaskezelési alfunkciók automatizálási fejlesztésének jelentőségét meghatározó módszert, ami az alfunkció automatizálási szintjének jelentőségét veszi figyelembe. A módszerrel az automatizálási fejlesztés mértéke határozható meg.

Az utaskezelési funkciók automatizálása az igényelt utazói képességek változását is eredményezi. A változás mértékének megállapítása érdekében kidolgoztam egy értékelő módszert. A módszer a funkciók fejlesztése mellett alkalmas társadalmasítási célokra is; az automatizálás utasoldali hatásai bemutathatók.

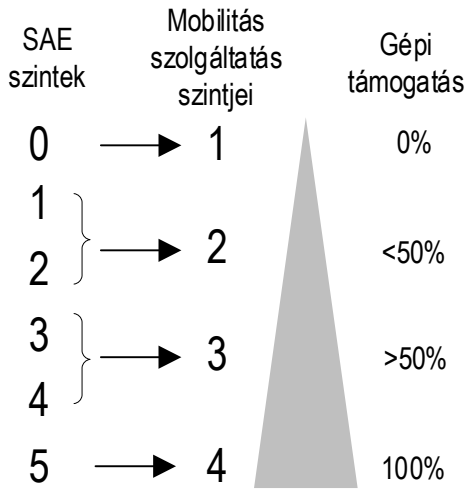
8.1 Komplex automatizálási szint

Célom a mobilitási szolgáltatásokat átfogó módon leíró automatizálási szintek meghatározása volt. A mobilitási szolgáltatást jellemzése érdekében először az alfunkciókat, majd a funkciókat, végül a funkció-kategóriákat értékeltem. Ez az ún. alulról-felfelé (bottom-up) rendszermodellezés. Az értékelő módszer kidolgozása során a járműirányítás mellett más irányítási funkciók, valamint tervezési és utaskezelési funkciók automatizálását is figyelembe vettem. Ezáltal a szolgáltatások pontosabban értékelhetők. A bevezetett jelöléseket a 8.1. táblázatban foglaltam össze.

8.1. táblázat: 8.1 fejezetben alkalmazott jelöléstechnika

Jel	Megnevezés
c	funkció-kategória indexe $c \in [1;2;3]$
f	funkció indexe $f = [1;..;F]$
s	alfunkció indexe $s \in [1;2;..,S_f]$
$a_{c,f,s}$	*s.* alfunkció automatizálási szintje $a_{c,f,s} \in [1;2;3;4]$
$\mu_{c,f,s}$	*s.* alfunkció korrekciós tényezője $\mu_{c,f,s} \in [0,25;0,5;0,75]$
$a'_{c,f,s}$	*s.* alfunkció korrigált automatizálási szintje $a'_{c,f,s} \in [1..4]$
$w_{c,f,s}$	*s.* alfunkció súlya $w_{c,f,s} \in [0..1]$
$a_{c,f}$	*f.* funkció automatizálási szintje $a_{c,f} \in [1;2;3;4]$
$\mu_{c,f}$	*f.* funkció korrekciós tényezője $\mu_{c,f} \in [0,25;0,5;0,75]$
$a'_{c,f}$	*f.* funkció korrigált automatizálási szintje $a'_{c,f} \in [1..4]$
$w_{c,f}$	*f.* funkció súlya $w_{c,f} \in [0..1]$
a_c	*c.* funkció-kategória automatizálási szintje $a_c \in [1..4]$
a	komplex automatizálási szint $a \in [1..4]$

A funkciókat automatizálási szintekkel írtam le. Négy automatizálási szintet különböztettem meg. Ennek alapját az adta, hogy az SAE járműirányítási szintek (SAE, 2018) egyértelműen leegyszerűsíthetők négy szintre a gépi támogatás mértéke alapján (8.1. ábra). A SAE eredetileg hat szintet definiál az egyáltalán nem automatizált irányítástól, a minden körülmények között autonóm járműirányításig terjedően. A gépi támogatás jelentheti az emberi tevékenységek segítését vagy teljes helyettesítését. A gépi támogatás mértékének megkülönböztetése más döntéstámogató funkció esetében is alkalmazható (pl. útvonaltervezés). Továbbá, a négy szintes csoportosítással más tulajdonságok is jellemezhetők (pl. információ időbelisége: statikus, féldinamikus, dinamikus, becsült).



8.1. ábra: Automatizálási szintek a gépi támogatás mértéke alapján

A funkciókat kategóriákba soroltam. Minden funkcióhoz automatizálási szint rendelhető: $a_{c,f}$ ahol c a funkció-kategória indexe c = 1,2,3, míg f a funkció indexe f = 1..F. Az automatizálási szintek leírását funkció-kategóriánkként a következő táblázatok foglalják össze:

1. szolgáltatástervezés és -szervezés (8.2. táblázat),
2. utaskezelés (8.3. táblázat).

A komplex szint meghatározásához az irányítási (jármű, flotta, forgalom) funkciók automatizálási szintjeit is figyelembe vettem. Az irányítási funkciók automatizálási szintjeinek leírást a Csiszár et al. (2019b, 2019c) publikációk tartalmazzák.

A táblázatok sorfejléceiben a funkciók, míg oszlop fejléceiben az automatizálási szintek szerepelnek. A táblázatok cellái az egyes funkciók adott automatizálási szintre vonatkozó jellemzőit írják le. Az automatizálási szintek meghatározását és leírását irodalmi források (Ampountolas és Kring, 2015, Beiker, 2016, Grossardt és Bailey, 2018, Mulley et al., 2017, Olivková, 2017), szabványok, úgy, mint SAE (SAE, 2018) és GoA (UITP, 2011), valamint saját tapasztalataim alapján végeztem. A GoA szintek kötöttpályás közlekedési eszközök automatizálási szintjeit írják le figyelembe véve a járműirányításon kívül más funkciókat is (pl. ajtók nyitása/zárása). A szolgáltatástervezés funkciói kismértékben eltérnek a megosztott autonóm közúti járműves mód tervezési funkcióitól, az itt bemutatott funkciók általánosak, minden közforgalmú közúti mobilitási szolgálttatás jellemzésére használhatók.

8.2. táblázat: Szolgáltatástervezési és -szervezési funkciók automatizálási szintjei

f	$a_{1,f}$	Automatizálási szint 1. szint	2. szint	3. szint	4. szint
1	**igény** (pl. szolgáltatás-típus, kapacitás)	manuális adatgyűjtés és papíralapú feldolgozás	manuális adatgyűjtés, szoftveresen támogatott feldolgozás	szoftveres adatgyűjtés és feldolgozás	automatikus adatgyűjtés és feldolgozás
2	**infrastruktúra** (pl. megálló/útvonal, töltőinfrastruktúra)	tradíciók alapján hagyományos módszerek alkalmazása	manuálisan, szoftveres támogatással (pl. statisztikai alkalmazás)	hagyományos emberi tudás szoftveres alkalmazásba integrálva	automatikus folyamat gépi kognitív képesség alkalmazásával
3	**járműmozgás**	tapasztalatok és megfigyelések alapján	manuálisan, szoftveres támogatással (pl. statisztikai alkalmazás)	szoftveres automatizálásokkal támogatott	automatikus tervezés, nyomon követés, újratervezés
4	**tarifarendszer** (díjbeszedés)	egyszerű tarifarendszer dinamikus változók nélkül	kifinomult tarifarendszer szoftveresen támogatott (pl. statisztikai alkalmazások)		összetett tarifarendszer, automatikus díjszámítás valós idejű, historikus és becsült adatok alapján
5	**karbantartás**	manuális adatgyűjtés és papíralapú feldolgozás	manuális adatgyűjtés, szoftveresen támogatott feldolgozás	szoftveres adatgyűjtés és feldolgozás	automatikus adatgyűjtés és feldolgozás valós idejű, diagnosztikai adatok alapján

8.3. táblázat: Utaskezelési funkciók automatizálási szintjei

f	$a_{3,f}$	Automatizálási szint			
		1. szint	**2. szint**	**3. szint**	**4. szint**
1	**infotainment**	humán tájékoztatás, többnyire statikus információ, papíralapú	humán tájékoztatás gépi támogatással; elektronikus eszközök, statikus és dinamikus információ	kevesebb humán interakció, helyalapú, automatikus tájékoztatás; elektronikus, online eszközök. dinamikus információ	automatikus tájékoztatás, személyre szabott dinamikus, előre becsült információ egyéni elektronikus eszközön
2	**jogosultság-kezelés**	humán interakciók és kézi műveletek; papíralapú díjhordozó	gépekkel támogatott humán interakciók és kézi műveletek (pl. jegyautomata)	kevesebb humán interakció és kézi művelet, online felületek (pl.: e-jegy, online fizetés)	csak kevés humán interakció és kézi művelet, főként automatizált; dinamikus jellemzők figyelembevétele
3	**biztonság/ védelem**	emberi jelenlét szükséges, ember alapú, kevés gépi támogatás	emberi jelenlét gépi támogatással (pl. vészjelző)	emberi jelenlét fejlett gépi támogatással (pl. kamerás megfigyelés)	automatikus észlelés és beavatkozás, távfelügyelet
4	**utastéri körülmények kezelése**	járművezető/személyzet által általános szabályok alapján	járművezető/személyzet által aktuális körülmények szerint	távirányítás valós idejű adatok alapján	automatizált működés a körülmények folyamatos monitorozása vagy utas általi szabályozás

Bizonyos funkciók esetében nem lehet minden szintet definiálni, mivel a funkció fejlődésében nincs négy fokozat. Ilyen esetekben szinteket vontam össze. Ha az első két szint az összevont, akkor a funkció fejlődése későn kezdődött meg, de a következő szint sokkal fejlettebb a korábbinál, így ez rögtön a 3. szintnek felel meg. Tehát amennyiben a funkció fejlettsége az összevont első két szinttel jellemezhető, akkor az automatizálási szint egy. Ha a második és a harmadik szint az összevont, akkor a kezdeti állapot és a legfejlettebb állapot között nem definiálható csak egy köztes állapot. Ha a harmadik és a negyedik szint az összevont, akkor a legfejlettebb állapot két szint után elérhető. Amennyiben a funkció fejlettsége az összevont 2-3 vagy 3-4 szinttel jellemezhető, akkor az automatizálási szint a magasabb érték, tehát 3 vagy 4. Hiszen ezen esetekben a funkció fejlettsége előrehaladott.

Amennyiben egy adott funkció nem sorolható be egyik automatizálási szintbe sem egyértelműen, a μ korrekciós tényező alkalmazható (8.4. táblázat). Egy funkció akkor nem sorolható be egy szintbe, ha a funkcióhoz tartozó alfunkciók és az azokat felépítő elemek bizonyos része fejlettebb. Az elemek a funkciók működését biztosítják; lehetnek folyamatok, eljárások, stb. Például, ha a jogosultságkezelés funkció jogosultságvásárlás alfunkciójánál a díjhordozó nem virtuális, de a díjszámítás dinamikus változókat is figyelembe vesz, akkor alkalmazható egy μ=0,25 korrekciós tényező. Ebben az esetben az alfunkció egy eleme fejlettebb, mint a 3. szint. A korrekciós tényező alkalmazásával az összevont szintek is finomíthatók.

8.4. táblázat: Korrekciós tényező

μ	**Leírás**
0	A funkció egyértelműen besorolható egy automatizálási szintbe.
0.25	A funkciót felépítő elemek közül néhány fejlettebb.
0.5	A funkciót felépítő elemek nagyságrendileg fele fejlettebb.
0.75	A funkciót felépítő elemek többsége fejlettebb.

A korrekciós tényező felhasználásával a funkció korrigált automatizálási szintje határozható meg (8.1): $a'_{c,f}$. A korrigált automatizálási szint értéke 1 és 4 közötti.

$$a'_{c,f} = a_{c,f} + \mu_{c,f} \tag{8.1}$$

A funkció automatizálási szintek aggregálásával a funkció-kategória automatizálási szint határozható meg. Ez kifejezi az azonos jellegű funkciók együttes automatizáltságát, magasabb szintű aggregáltság érhető el. Ennek meghatározásához súlyozott összeg modellt alkalmaztam (WSM) (8.2). A WSM lehetővé teszi számos funkció figyelembevételét és az egyes funkciók adott kategórián belüli jelentőségének kifejezését (súlyok alkalmazása). Így egy kevésbé automatizált, de a funkció-kategórián belül kisebb

jelentőségű funkció nem befolyásolja érdemben a funkció-kategória automatizálási szintjét. A súlyok az alkalmazási szándéknak megfelelően választhatók meg. Például egy jelenlegi car-sharing szolgáltatásnál az utazó vezet, így az infotainment funkció jelenetősége kisebb, mint a jogosultságkezelésé. A súlyok egy-egy szolgáltatástípuson belül megegyeznek, így a mobilitási szolgáltatások összehasonlíthatók egymással.

$$a_c = \sum_{f=1}^{F} a'_{c,f} \cdot w_{c,f} \tag{8.2}$$

ahol $w_{c,f}$ a funkció súlya $\sum_f w_{c,f} = 1$.

A mobilitási szolgáltatás komplex automatizálási szintjét a funkció-kategóriák automatizálási szintjének aggregálásával számítható (8.3). Az általános leírás érdekében ebben a lépésben eltekintettem a súlyok alkalmazásától; az aggregálás így egy átlagszámítás. Egész számra lefelé kerekítés alkalmazandó; így kifejezhető, hogy a szolgáltatás még nem érte el a magasabb automatizálási szintet.

$$a = \left\lfloor \frac{1}{3} \sum_{c=1}^{3} a_c \right\rfloor \tag{8.3}$$

Összefoglalóan, egy-egy mobilitás szolgáltatás automatizáltsági fejlettsége leírható egyetlen számmal A bevezetett komplex automatizálási szintekhez általános leírást készítettem, követve a SAE és GoA szabványok logikáját és tartalmát, valamint a helyzetfeltárás eredményeit (8.5. táblázat).

8.5. táblázat: Komplex automatizálási szintek

Szint	Megnevezés	Leírás	Döntéshozó és végrehajtó elem
1	Nincs automatizálás	Minden funkciót humán szereplők (utas, sofőr, egyéb személyzet) végeznek. Az ember felelős a végrehajtásáért, nincs gépi támogatás.	Ember
2	Gépi támogatás	Az emberi munkavégzés/gondolkodás géppel támogatott, ugyanakkor a szükséges emberi műveletek mértéke a funkciók végrehajtása során jelentős.	Ember gépi támogatással
3	Részleges automatizálás	A funkciók jelentő részét gép végzi. A személyzet többnyire csak felügyeli a folyamatokat.	Inkább a gép emberi felügyelettel
4	Teljes automatizálás	Minden funkciót, teljes egészében gép végez. A személyzet csak felügyeli a folyamatokat.	Gép

Egy-egy funkció automatizálási szintje az alfunkciók értékelésével pontosítható. Az alfunkciókhoz is rendelhetők automatizálási szintek, melyeknek jelölése: $a_{c,f,s}$, ahol s az alfunkció indexe $s \in [1;2;..,S_f]$. Ekkor a funkciók automatizálás szintje az alfunkciók automatizálási szintjének súlyozott összegeként számítható (8.4). Így az alfunkciók fontossága is kifejezhető.

$$a_{c,f} = \sum_{s=1}^{S} (a_{c,f,s} + \mu_{c,f,s}) \cdot w_{c,f,s} \tag{8.4}$$

ahol $\mu_{c,f,s}$ az s alfunkció automatizálási szintjének korrekciós tényezője; alkalmazási módja megegyezik a $\mu_{c,f}$ alkalmazási módjával,

$w_{c,,f,s}$ s alfunkció súlya f funkción belül $(\sum_s w_{c,f,s} = 1)$.

Az automatizálás eredményessége nagy mértékben függ az utazói elfogadástól. Az utasközpontú megközelítés következtében az utaskezelési funkciókat alfunkciókra bontottam és meghatároztam az automatizálási szintjeiket (8.6. táblázat).

8.6. táblázat: Utaskezelési alfunkciók automatizálási szintjei

f	$a_{3,f}$	s	$a_{3,f,s}$	Automatizálási szint			
				1. szint	2. szint	3. szint	4. szint
1	infotainment	1	**tájékoztatás általános utazási feltételekről és kiegészítő szolgáltatásokról**	papíralapú és személyzet általi	papíralapú és géppel támogatott személyzet közreműködésével	internetalapú, személyre szabott, önkiszolgáló (vagy géppel támogatott személyzet közreműködésével)	
		2	**tájékoztatás és információkérés jelenlegi forgalmi helyzetről**	papíralapú vagy személyzet (járművezető) közreműködésével; statikus információ	géppel támogatott személyzet közreműködésével, vagy (telepített) elektronikus eszközökön keresztül (emberi válasz), vagy interneten keresztül; statikus információ	online elektronikus eszközön keresztül (gépi válasz); automatikus, helyfüggő, dinamikus információ	online elektronikus eszközön keresztül; személyre szabott, helyfüggő, előre becsült információ; mesterséges intelligencia válasz
		3	**személyre szabott utazástervezés, tevékenységi lánc tervezés és navigáció**	papíralapú információ alapján az utazó által	statikus elektronikus térképek	dinamikus elektronikus térképek személyre szabási beállításokkal	alkalmazáson keresztül, kognitív folyamatok
		4	**jármű-utas kommunikáció**	járművezető által működtetett vizuális jelek; utas szándékát a járművezető ismeri fel	gép által működtetett vizuális jelek	utazó egyéni készülékén keresztül gép vagy ember által indított adatkommunikáció	utazó egyéni készülékén keresztül gépi adatkommunikáció; utas szándékának automatikus felismerése
		5	**szórakoztatás**	papíralapú	kijelzők statikus információval	kijelzők dinamikus információval	személyre szabott, interaktív
		6	**panaszkezelés**	személyesen vagy papíralapon	személyesen vagy elektronikusan		elektronikusan, interaktív felületen
		7	**talált tárgyak kezelése**	személyzet által	személyzet által, bejelentés elektronikusan	távfelügyelet	automatikus észlelés
		8	**adatgyűjtés az utazótól - crowdsourcing**	emberi megfigyelés	gépi eszközökkel támogatott megfigyelés	utazói aktív közreműködés egyéni eszközén keresztül	automatikusan utazó passzív közre-működésével egyéni eszközén keresztül
2	jogosultság kezelés	1	**rendelés** (helyfoglalás)	hangalapú, papíralapú, manuálisan	személyzet által kezelt adatbázis	önkiszolgáló (internetes felület)	automatikus az utazásiterv alapján
		2	**fizetés**	készpénz	bankkártya/banki utalás	mobilfizetés	automatikus levonás (regisztráció után)
		3	**jogosultságvásárlás**	papíralapú, személyzet általi jegyértékesítés	papíralapú/intelligens kártya személyzet általi vagy jegyautomatán keresztüli értékesítés	virtuális, mobil alkalmazás alapú (egységes díjszabás)	automatikus (virtuális) (dinamikus díjszabás)
		4	**jogosultság-érvényesítés** (jegykezelés)	manuális	elektronikus érintéses interfész	elektronikus érintésmentes interfész	automatikus (virtuális)
		5	**jogosultság-ellenőrzés**	személyzet által	személyzet által gépi támogatással		automatikus (virtuális)
3	biztonság/ védelem	1	**baleset elkerülése jármű-utas között**	körültekintő emberek	járművezető gépi támogatással (tanácsok)	gépi beavatkozás egyesesetekben	automatikus minden esetben
		2	**fel- és leszállás kezelése** (figyelmeztetés, ajtó nyitás/zárás)	járművezető által működtetett, vagy manuális	félautomata (automata nyitás/zárás), járművezető/utas által működtetett		automatikus
		3	**váratlan események kezelése** (utasrosszullét, jármű hiba, evakuáció)	személyzet közreműködésével		távfelügyelet, személyzet által	automatikus észlelés, távfelügyelet, emberi beavatkozás
		4	**tulajdon- és életvédelem**	csak a járművezető közreműködésével	kamarával támogatott járművezető közreműködésével	kamerás távfelügyelet	automatikus észlelés, távfelügyelet
		5	**vészhívás**	nincs	járművezetőnek	központnak	automatikus észlelés
4	utastéri körülmények kezelése	1	**utazási komfort beállítása** (pl.: fűtés, világítás)	járművezető/személyzet közreműködésével általános szabályok alapján	járművezető/személyzet közreműködésével aktuális körülmények szerint	távirányítás valós idejű adatok alapján	automatizált működés a körülmények folyamatos monitorozása alapján vagy utas szabályoz

A módszer helyességének és alkalmazásának igazolása érdekében különböző típusú meglévő közúti mobilitási szolgáltatásokat értékeltem. Igazoltam, hogy a módszer alkalmas szolgáltatások automatizálási szintjének meghatározására. A módszert a jövőben folyamatosan ellenőrizni és esetlegesen módosítani szükséges aszerint, hogy a jövőbeli technológiai fejlesztések szükségessé teszik-e a szintek módosítását. Az eredmények alapján általános és szolgáltatás specifikus megállapításokat fogalmaztam meg. Jellemző városi közforgalmú közúti mobilitási szolgáltatásokat értékeltem: telebusz, taxi, ride-sourcing és car-sharing. Az értékelést utazó oldalról végeztem. A súlyokat mérnöki becsléssel, tapasztalat útján állítottam be. A kidolgozott módszer legfőbb korlátja, hogy a súlyok beállítása manuálisan, feltételezések megadásával lehetséges. Az eredményeket a 3. Függelékben mutatom be. A módszer alkalmazásának eredményeként a következő megállapításokat tettem:

- **Az automatizálási szintek egy-egy mobilitási szolgáltatás**, nem pedig egy teljes közlekedési mód **leírására alkalmazhatók**, mivel egy módon belül a szolgáltatások eltérő jellemzőkkel rendelkezhetnek.
- Egy szolgáltatás esetében a funkció-kategóriákra többnyire hasonló automatizálási szint jellemző, ugyanis **a mobilitási szolgáltatásokat általában átfogóan fejlesztik**, nem csak bizonyos funkciókra vagy funkció-kategóriákra fókuszáltan.
- **Fejlett mobilitási szolgáltatás esetén** (pl. Uber) **a szolgáltatás igénybevételéhez szükséges funkciók** (vagyis azok, amelyek súlya nagy) **már jelenleg is fejlettek**, magasan automatizáltak.
- **Bizonyos funkciók automatizálási szintje erősen függ az üzemeltetési környezettől** (pl.: közúti forgalomirányítás, forgalomszervezési háttér).

8.2 Utaskezelési alfunkciók automatizálási fejlesztésének jelentősége

A komplex automatizálási szintek meghatározásánál az utaskezelési alfunkciók egymáshoz képesti, relatív fontosságát vizsgáltam egy funkción belül. Ugyanakkor az automatizálási fejlesztés jelentőségének meghatározása az automatizálási szint abszolút jelentőségének ismeretében lehetséges. Kidolgoztam egy módszert az automatizálási fejlesztés jelentőségének meghatározására. A módszer alkalmazásával a fejlesztés mértéke határozható meg. A bevezetett jelöléseket a 8.7. táblázatban foglaltam össze.

8.7. táblázat: 8.2 fejezetben alkalmazott jelöléstechnika

Jel	Megnevezés
f	funkció indexe f = [1;..;F]
s	alfunkció indexe $s \in [1;2;..;S_f]$
$a_{f,s}$	s. alfunkció automatizálási szintje $a_{f,s} \in [1;2;3;4]$
$x_{f,s}$	s. utaskezelési alfunkció biztonságkritikus jellege $x_{f,s} \in [1;2;3]$
$y_{f,s}$	s. utaskezelési alfunkció használati gyakorisága $x_{f,s} \in [1;2;3;4;5]$
*	jövőbeli értékek jele
$c_{f,s}$	s. utaskezelési alfunkció automatizálási indikátora $c_{f,s} \in [0..320]$
$C_{f,s}$	s. utaskezelési alfunkció automatizálási fejlesztésének jelentősége $C_{f,s} \in [0..320]$
$A_{f,s}$	s. utaskezelési alfunkció automatizálási szintjének változása $A_{f,s} \in [1..3]$

Az **automatizálási indikátor** az alfunkció automatizálási szintjének jelentőségét fejezi ki figyelembe véve az alfunkció használati gyakoriságát és biztonságkritikus jellegét. Az indikátor kiszámítható a jelenlegi és az ideális jövőbeli automatizálási szintet figyelembe véve. Az ideális jövőbeli helyzetben az alfunkció magas automatizálási szintű. Amennyiben az indikátor magas értékű, úgy az automatizálás speciális figyelmet igényel (az automatizálási jelentősége nagy).

A jövőbeli és jelenlegi automatizálási szintek különbségéből képezehető az **automatizálási szint változás**, a jövőbeli és jelenlegi automatizálási indikátor különbségéből pedig az alfunkció **automatizálási fejlesztésének jelentősége**. Minél nagyobb a különbség, annál jelentősebb a fejlesztés, annál nagyobb fejlesztési munkát igényel.

Változók és értékeik (f funkció indexe, s alfunkció indexe):

$a_{f,s}$ automatizálási szint: alfunkció automatizáltsági szintje. Az érték megegyezik a komplex automatizálási szint meghatározásánál bevezetett értékkel,

$x_{f,s}$ biztonságkritikus jelleg*:* alfunkció jelentősége biztonságkritikus helyzetek/körülmények kezelésekor (8.8. táblázat).

8.8. táblázat: Biztonságkritikus jelleg változó értékei

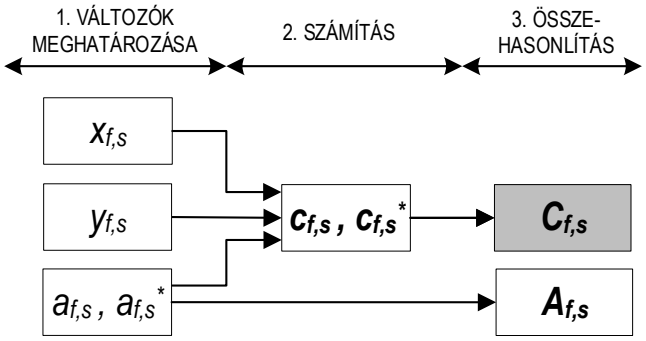
$x_{f,s}$	Biztonság-kritikus jelleg	Leírás
1	Nincs	Nem biztonságkritikus
2	Közepes	Kismértékben veszélyeztetheti az emberéletet, (adat)biztonságot
3	Nagy	Jelentősen veszélyeztetheti az emberéletet, (adat)biztonságot

$y_{f,s}$ használati gyakoriság: alfunkció használatának/igénybevételének átlagos gyakorisága egy-egy utazás során (8.9. táblázat).

8.9. táblázat: Használati gyakoriság változó értékei

$y_{f,s}$	Használati gyakoriság	Leírás
0	Soha	Adott szolgáltatásnál nem releváns
1	Nagyon ritkán	Biztonságkritikus helyzetekben (pl. vészhívás)
2	Ritkán	Különleges körülmények között, néhány utazásnál (pl. panaszkezelés)
3	Időnként	Alkalmanként (pl. jogosultság ellenőrzés)
4	Gyakran	Minden utazásnál néhány alkalommal (pl. személyre szabott utazástervezés)
5	Nagyon gyakran	Minden utazásnál számos alkalommal (pl. tájékoztatás jelenlegi forgalmi helyzetről)

A módszer lépéseit a 8.2. ábrán foglaltam össze.



* jövőbeli helyzet *f* funkció *s* alfunkció $x_{f,s}$ biztonság kritikus jelleg $y_{f,s}$ használati gyakoriság
$a_{f,s}$, $a_{f,s}^*$ automatizálási szint $c_{f,s}$, $c_{f,s}^*$ automatizálási indikátor $A_{f,s}$ automatizálási szint változás $C_{f,s}$ automatizálási fejlesztés jelentősége

8.2. ábra: Automatizálási fejlesztés jelentőségét meghatározó módszer folyamatábrája

1. Változók meghatározása: az értkelendő szolgáltatás esetében az alfunkciók automatizálási szintjének, biztonságkritikus jellegének és használati gyakoriságának meghatározása. Utóbbi kettőnél a jelenlegi és a jövőbeli értékek megegyeznek. Automatizálási szint esetében meghatározandó a jelenlegi és a jövőbeli érték is. Az alfunkciók jövőbeli automatizálási szintje általában a 4. szint, ugyanakkor egyes mobilitási szolgáltatásoknál, bizonyos alfunkciók esetében nem szükséges a legmagasabb automatizáltsági szint.

2. Számítás: jelenlegi és jövőbeli automatizálási indikátor számítása (8.5). Az indikátor számítási módja a jelenlegi ($c_{f,s}$) és a jövőbeli ($c_{f,s}^*$) helyzetre megegyezik $c_{f,s} \in [1..320]$. A biztonságkritikus jelleg automatizálási szint jelentőségre gyakorolt hatását függvénykapcsolattal fejeztem ki. Számos függvénykapcsolatot figyelembe véve a hatványösszefüggést választottam, mivel így a biztonság szempontjából kritikus alfunkciók automatizálása jelentősen felértékelődik (kifejezve, hogy a fejlesztés speciális figyelmet igényel).

$$c_{f,s} = y_{f,s} \cdot a_{f,s}^{x_{f,s}} \tag{8.5}$$

3. Összehasonlítás: automatizálási szint változás és automatizálási potenciál meghatározása.

$A_{f,s}$ automatizálási szint változás: a jövőbeli és jelenlegi automatizálási szint különbségéből képzett mutató (8.6).

$$A_{f,s} = a^*_{f,s} - a_{f,s} \tag{8.6}$$

$C_{f,s}$ automatizálási potenciál: a jövőbeli és jelenlegi automatizálási indikátor különbségéből képzett mutató (8.7).

$$C_{f,s} = c^*_{f,s} - c_{f,s} \tag{8.7}$$

A kidolgozott módszert egy budapesti igényalapú, kis kapacitású autóbuszos mobilitási szolgáltatásra alkalmaztam (TeleBusz). Az alaptulajdonságokat leképező változók meghatározásához szakirodalmi forrásokat és tapasztalati értékeket vettem figyelembe. A jövőbeli helyzetnél magasan automatizált utaskezelési funkciókat feltételeztem, valamint autonóm járművek használatát. Az alfunkciók legfontosabb jellemzőit a 8.10. táblázatban foglaltam össze. Jelentős automatizálási szint változással ($A_{f,s} \geq 2$) rendelkező funkciókat piros szám, jelentős automatizálási fejlesztési jelentőséggel ($C_{f,s} \geq 100$) rendelkező funkciókat szürke háttér és félkövér szám jelöli. Az utóbbi funkciók biztonságkritikusak és nagy az automatizálási szint változásuk. Amennyiben $A_{f,s}$ és $C_{f,s}$ is magas értékűek, az alfunkciók fejlesztése speciális figyelmet igényel, a fejlesztési igény jelentős. Például a következő alfunkcióknál: baleset elkerülése jármű-utas között, fel- és leszállás kezelése, tulajdon és életvédelem, váratlan események kezelése.

8.10. táblázat: Utaskezelési alfunkciók jellemzőinek változása
(budapesti igényalapú, kiskapacitású autóbuszos mobilitási szolgáltatás)

	tájékoztatás általános feltételekről ...	tájékoztatás jelenlegi forgalmi helyzetről	személyre szabott utazástervezés, ...	jármű-utas kommunikáció	szórakoztatás	panaszkezelés	talált tárgyak kezelése	adatgyűjtés az utazótól	rendelés	fizetés	jogosultság vásárlás	jogosultság érvényesítés	jogosultság ellenőrzés	balesetek elkerülése jármű-utas között	fel- és leszállás kezelése	váratlan események kezelése	tulajdon- és életvédelem	vészhívás	utazási komfort beállítása
f,s	**1,1**	**1,2**	**1,3**	**1,4**	**1,5**	**1,6**	**1,7**	**1,8**	**2,1**	**2,2**	**2,3**	**2,4**	**2,5**	**3,1**	**3,2**	**3,3**	**3,4**	**3,5**	**4,1**
y_s	4	5	4	5	4	2	2	5	4	4	4	4	3	5	5	2	5	1	5
a_s	4	3	3	1	1	3	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1	2	2	1
x_s	1	1	1	3	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2
c_s	16	15	12	5	4	6	2	20	16	16	16	4	3	40	5	2	40	8	5
c_s	16	20	16	320	16	8	8	80	64	64	64	64	48	320	320	128	320	128	80
A_s	0	1	1	3	3	1	3	2	2	2	2	3	3	2	3	3	2	2	3
C_s	0	5	4	**315**	12	2	6	60	48	48	48	60	45	**280**	**315**	**126**	**280**	**120**	75

a jövőbeli automatizáltsági szint minden alfunkció esetében $a^*_{f,s} = 4$

automatizáltsági szint változás jelentős, **automatizálási fejlesztés jelentős**

8.3 Szükséges utazói képességek változása

A funkciók fejlesztésénél a szükséges emberi képességek is figyelembe veendők, mivel a használat jellemzői (egyszerűsége) jelentősen befolyásolják a szolgáltatás minőségét. Ugyanakkor a szükséges emberi képességek változnak az automatizálás következtében. Kidolgoztam egy értékelő módszert a szükséges emberi képességek változásának meghatározásához. A módszer szoftveres és hardveres fejlesztések követelményeinek meghatározáshoz, valamint az automatizálás utasoldali hatásainak bemutatására, társadalmasítási céllal használható. A bevezetett jelöléseket a 8.11. táblázatban foglaltam össze.

8.11. táblázat: 8.3 fejezetben alkalmazott jelöléstechnika

Jel	Megnevezés
f	funkció indexe f = [1;..;F]
s	alfunkció indexe $s \in [1;2;..;S_f]$
i	emberi képesség indexe $i \in [1..9]$
$h_{f,s,i}$	*i.* képesség intenzitása *s* utaskezelési alfunkció használata során $h_{f,s,i} \in [0..5]$
$H_{f,s,i}$	*i.* képesség intenzitásának változása *s.* utaskezelési alfunkció használata során $H_{f,s,i} \in [0..4]$
$m_{f,s,i}$	*i.* képesség indikátora *s.* utaskezelési alfunkció használata során $m_{f,s,i} \in [0..25]$
$M_{f,s,i}$	*i.* képesség változása *s.* utaskezelési alfunkció használata során $M_{f,s,i} \in [0..24]$
n_i	aggregált képesség indikátor
N_i	aggregált képességváltozás

A módszerrel meghatározható a **képesség indikátor**, ami kifejezi a képesség szükségességét egy utaskezelési alfunkció használta során. A képesség indikátor a következő, alfunkciókat leíró változók függvénye: használati gyakoriság, képesség intenzitása. Meghatározható továbbá **az aggregált képesség indikátor**, ami a képesség indikátorok aggregálásával képezhető és kifejezi egy képesség szükségességét a teljes utazás során. Az indikátorok kiszámíthatók a jelenlegi és az ideális jövőbeli helyzetre, amikor az alfunkciók magas automatizáltságúak.

A jövőbeli és jelenlegi képesség intenzitás különbségéből képezhető a **képesség intenzitás változás**, ami kifejezi, hogy egy képesség hogyan változott egy alfunkciónál. Az indikátorok jövőbeli és jelenlegi különbségéből pedig a **képességváltozás** és az **aggregált képességváltozás** számítható. Előbbi kifejezi, hogy a képesség hogyan változott egy funkciónál a teljes utazás során, míg utóbbi a képességek változását fejezi ki az összes funkciót figyelembe véve a teljes utazás során. Minél nagyobbak a különbségek, annál nagyobb a változtatás mértéke (a változás negatív is lehet).

Azonosítottam az utazás során szükséges képességeket: *i* emberi képesség indexe, *i=1..9* (8.12. táblázat). A képességek vagy érzékeléssel kapcsolatosak, vagy tanulás eredményei. A tanult képességek egy része valamilyen kézi művelet (pl. gépelés). A vibrálás érzékelés, érintés, gépelés (*i*=3,4,5) képességek főként az okostelefon használatával függenek össze.

8.12. táblázat: Utazás során szükséges emberi képességek

i	emberi képesség
1	látás
2	hallás
3	rezgésérzékelés
4	érintés
5	gépelés
6	kézi mozdulat
7	beszád
8	olvasás
9	kognitív képesség

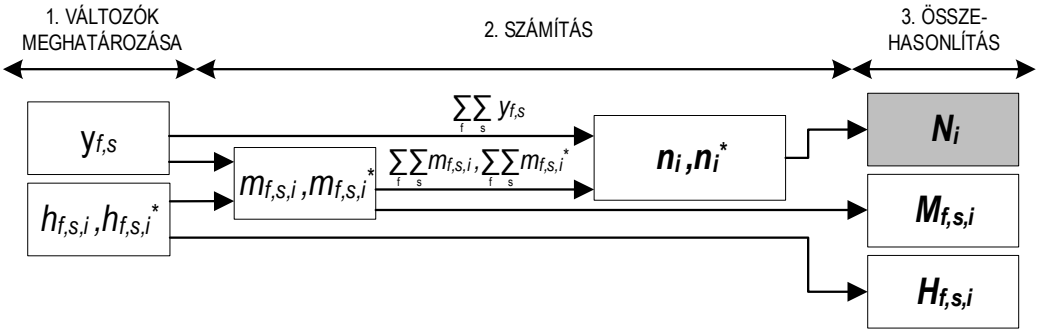
Változók és értékeik (*f* funkció indexe, *s* alfunkció indexe):

- $y_{f,s}$ használati gyakoriság: alfunkció használatának/igénybevételének átlagos gyakorisága egy-egy utazás során. Értékei megegyezne a 8.9. táblázatban bemutatottakkal.
- $h_{f,s,i}$ képesség intenzitás: adott *s* funkció használatához szükséges *i.* képesség intenzitása (8.13. táblázat).

A módszer lépéseit a 8.3. ábrán foglaltam össze.

8.13. táblázat: Képesség intenzitás változás értékei

$h_{f,s,i}$	**Képesség intenzitás**	**Leírás**
0	Nincs	Nem szükséges képesség
1	Rendkívül alacsony	Csak egy pillanatra
2	Alacsony	Csak egy rövid ideig
3	Közepes	Nagyobb szünetekkel, de a funkció használata során végig
4	Magas	Kis szünetekkel, de a funkcióhasználat során végéig (szinte folyamatosan)
5	Rendkívül magas	A funkció használata során folyamatosan



* jövőbeli helyzet *f* funkció *s* alfunkció *i* emberi képesség $y_{f,s}$ használati gyakoriság
$h_{f,s,i}$, $h_{f,s,i}^*$ képesség intenzitás $H_{f,s,i}$ képesség intenzitás változás $m_{f,s,i}$, $m_{f,s,i}^*$ képesség indikátor $M_{f,s,i}$ képességváltozás
n_i, n_i^* aggregált képesség indikátor N_i aggregált képességváltozás

8.3. ábra: Képességváltozást meghatározó módszer folyamatábrája

1. Változók meghatározása: az alfunkciók használati gyakoriságának és az értékelendő képesség intenzitás alfunkciónkénti meghatározása. Az alfunkció használati gyakoriságának jelenlegi és jövőbeli értékei megegyeznek. A képesség intenzitásnál meghatározandó a jelenlegi és a jövőbeli érték is az alfunkció automatizálási szintjében bekövetkező változás figyelembevételével. A jövőbeli helyzetnél a képesség intenzitása a funkció fejlesztése (automatizálása) következtében csökkenhet, vagy egyesesetekben növekedhet.

2. Számítás: képesség indikátor és aggregált képesség indikátor számítása.

$m_{f,s,i}$ képesség indikátor (8.8): a funkció használati gyakorisága és adott képesség intenzitásának a szorzata, mivel egy alfunkció használati gyakorisága befolyásolja a képesség jelentőségét. A képesség indikátor számítási módja a jelenlegi ($m_{f,s,i}$) és jövőbeli $(m_{f,s,i}^*)$ helyzetre megegyezik.

$$m_{f,s,i} = y_{f,s} \cdot h_{f,s,i} \tag{8.8}$$

n_i aggregált képesség indikátor (8.9): az alfunkciónként meghatározott képesség indikátorok összegének és az alfunkciók használati gyakoriság összegének hányadosa. Az indikátor számítási módja a jelenlegi (n_i) és jövőbeli (n_i^*) helyzetre megegyezik.

$$n_i = \frac{\sum_f \sum_s m_{f,s,i}}{\sum_f \sum_s y_{f,s}} \tag{8.9}$$

3. Összehasonlítás: képesség intenzitás változás, képességváltozás, valamint aggregált képesség-változás meghatározása.

$H_{f,s,i}$ képesség intenzitás változás: a jövőbeli és jelenlegi képesség intenzitás különbségéből képzett mutató (8.10)

$$H_{f,s,i} = h_{f,s,i}^* - h_{f,s,i} \tag{8.10}$$

$M_{f,s,i}$ képességváltozás: a jövőbeli és jelenlegi képesség indikátor különbségéből képzett mutató (8.11)

$$M_{f,s,i} = m^*_{f,s,i} - m_{f,s,i} \tag{8.11}$$

N_i aggregált képességváltozás: a jövőbeli és jelenlegi képesség aggregált képesség indikátor különbségéből képzett mutató (8.12)

$$N_i = n^*_i - n_i \tag{8.12}$$

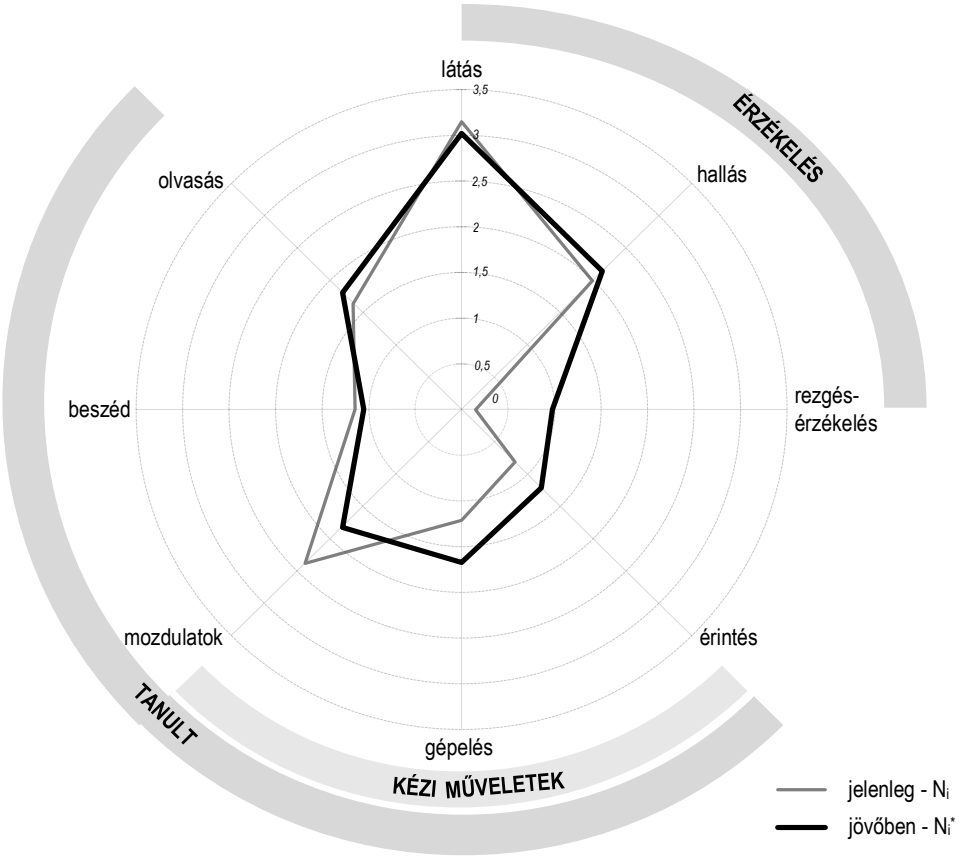
Mivel mobilitási szolgáltatásonként eltérő az utaskezelési funkciók használati gyakorisága és a szükséges képesség intenzitása a módszert mobilitási szolgáltatásonként külön-külön érdemes alkalmazni. A kidolgozott módszer alkalmazhatóságát egy budapesti igényalapú, kis kapacitású autóbuszos mobilitási szolgáltatáson keresztül mutattam be (TeleBusz). A képesség intenzitások értékeit tapasztalati úton becsültem; a becsléshez különböző érzékszervek fontosságát leíró szakirodalmi forrásokat tekintettem át (Fang et al., 2015, Jacob et al., 2011, Yang et al., 2018). A jövőbeli helyzetnél magasan automatizált utaskezelési funkciókat, valamint autonóm járművek használatát feltételeztem.

A látás (*i=1*), mint legkevésbé változó, a vibráció érzékelés (*i=3*), mint leginkább növekvő és a kognitív képesség (*i=9*), mint az egyik leginkább csökkenő képesség változását a 8.14. táblázatban mutatom be. A többi képesség változását a 4. Függelék tartalmazza. A táblázat oszlopfejléce az utaskezelési alfunkciókat, míg sorfejléce a képességek jellemző tulajdonságait tartalmazza. A feltüntettet jellemzők a képesség intenzitás (fehér háttér) és képesség indikátor (szürke háttér) jelenlegi és jövőbeli értékei. A cellák az egyes jellemzők alfunkciónkénti értékét tartalmazzák. A táblázat utolsó oszlopai az aggregált képesség indikátorokat és az aggregált képességváltozást mutatják képességeként (duplavonalas kerettel kiemelve). Zöld szín jelöli a kedvező változást, ha a szükséges képesség mértéke csökken, míg piros szín a kedvezőtlen változást, ha növekszik.

8.14. táblázat: Szükséges képességek változása
(budapesti igényalapú, kiskapacitású autóbuszos mobilitási szolgáltatás példáján)

		tájékoztatás általános feltételekről ...	tájékoztatás jelenlegi forgalmi helyzetről	személyre szabott utazástervezés, ...	jármű-utas kommunikáció	szórakoztatás	panaszkezelés	talált tárgyak kezelése	adatgyűjtés az utazótól	rendelés	fizetés	jogosultság vásárlás	jogosultság érvényesítés	jogosultság ellenőrzés	balesetek elkerülése jármű-utas között	fel- és leszállás kezelése	váratlan események kezelése	tulajdon- és életvédelem	vészhívás	utazási komfort beállítása		
	f,s	**1,1**	**1,2**	**1,3**	**1,4**	**1,5**	**1,6**	**1,7**	**1,8**	**2,1**	**2,2**	**2,3**	**2,4**	**2,5**	**3,1**	**3,2**	**3,3**	**3,4**	**3,5**	**4,1**	n_i / n^*_i	N_i
látás	$h_{f,s,1}$	4	5	4	2	3	2	3	1	3	3	3	4	4	3	4	5	4	2	1		
	$h^*_{f,s,1}$	4	4	3	4	4	2	3	1	3	3	2	2	2	5	4	5	4	2	1		
	$m_{f,s,1}$	16	25	16	10	12	4	6	5	12	12	12	20	12	15	20	10	20	4	5	3,15	
	$m^*_{f,s,1}$	16	20	12	20	16	4	6	5	12	12	8	10	6	25	20	10	20	4	5	3,08	**-0,07**
rezgésérzékelés	$h_{f,s,3}$	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	$h^*_{f,s,3}$	0	3	4	2	0	0	0	0	0	1	2	0	0	4	0	0	0	0	0		
	$m_{f,s,3}$	0	5	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,17	
	$m^*_{f,s,3}$	0	15	16	0	0	0	0	0	0	4	8	0	0	20	0	0	0	0	0	0,97	**+0,8**
kognitív képesség	$h_{f,s,9}$	3	3	4	2	2	3	3	3	3	2	3	2	4	3	5	3	3	4	2		
	$h^*_{f,s,9}$	2	2	3	5	4	3	3	1	2	3	2	2	2	3	2	4	2	3	1		
	$m_{f,s,9}$	12	15	16	10	8	6	6	15	12	12	12	20	9	25	15	6	15	8	10	3,09	
	$m^*_{f,s,9}$	8	10	12	25	16	6	6	5	8	8	8	10	6	15	10	8	10	6	5	2,43	**-0,67**

A képességek (*i=1..8*) jelenlegi és jövőbeli szükséges mértékét az aggregált képesség indikátor (N_i) alapján a 8.4. ábrán vázoltam fel. Az egyes képességeket a kör „sugarai" szemléltettetik, az aggregált képesség nagyságát képességenként pókháló-szerűen kötöttem össze. Mivel a kognitív képesség nem pusztán egy képesség, hanem egy összetett folyamat, így azt nem tüntettem fel az ábrán.



8.4. ábra: Az igényelt emberi képességek változása

A jövőben is jelentős szerepe lesz a látásnak, szükségessége csekély mértékben csökken (N_1 = -0,07). Bizonyos alfunkcióknál fel is értékelődik, például a szórakoztatás, vagy a jármű-gyalogos közötti kommunikáció esetén, amikor az autonóm jármű szándékáról győződünk meg. A legjelentősebb csökkenés a kézi mozdulatok szükségességében tapasztalható (N_6 = -0,76), kevesebb lesz a közvetlen kézi művelet, például a jegyérvényesítés során. Az új szolgáltatási formák használatánál az okostelefonos alkalmazásnak kiemelt szerepe van, az okostelefon használatához szükséges emberi képességek felértékelődnek. Különösen jelentős a rezgésérzékelés szerepének fokozódása (pl.: leszállás értesítés, pozíció adatok alapján értesítés az ütközés elkerülésének érdekében). Az érintés (N_4 = +0,43) és gépelés (N_5 = +0,4) szerepe is jelentősen fokozódik (pl.: szórakozásnál, rendelésnél, utazástervezésnél). A beszéd szerepe csökken (N_7 = -0,08), számos folyamatnál az okostelefon használatához szükséges képességek váltják ki (pl.: rendelésnél, jegyvásárláskor, panaszkezeléskor); ugyanakkor egyes funkcióknál felértékelődik, többnyire a gépelést helyettesítheti (pl. útvonaltervezéshez szükséges input információk megadása beszéddel).

Amíg a különböző érzékelési és a tanult képességek eltérő mértékben és irányban változnak, **a szükséges kognitív képesség mértéke egyértelműen csökken** (N_9 = -0,67). A gépi támogatás hatására kevesebb gondolkodás szükséges, bizonyos funkcióknál a gép teljesen kiváltja az embert (pl. útvonaltervezés). A kognitív terhelés mértékének csökkenésével az utazási komfort is növekszik, az utazás tejes egyéni hasznossága tovább emelkedik; a fárasztó, utazással kapcsolatos gondolkodás helyett más tevékenység is végezhető.

A fejezetben a közösségi közlekedés automatizálási lehetőségeivel kapcsolatos eredményeket foglaltam össze. Ismertettem a komplex automatizálási szintet meghatározó módszert, amely alkalmas közúti járműves mobilitási szolgáltatások automatizálási szintjének meghatározására. A módszer az irányítási funkciók mellett tervezési és utaskezelési funkciók automatizálását is figyelembe veszi. Kidolgoztam az utaskezelési alfunkciók automatizálási fejlesztésének jelentőségét meghatározó módszert. Végül, ismertettem az utaskezelési alfunkciók automatizálása következtében a szükséges emberi képességek változását értékelő módszert. A kidolgozott módszereket meglévő mobilitási szolgáltatásokon alkalmaztam. A következő főbb megállapításokat tettem:

- a mobilitási szolgáltatásokat általában integrált módon fejlesztik, nem csak bizonyos funkciókra vagy funkció-kategóriákra fókuszáltan,
- fejlett mobilitási szolgáltatás esetén a szolgáltatás használatához szükséges funkciók már jelenleg is magasan automatizáltak,
- a mobiltelefon kezeléséhez szükséges emberi képességek (érintés, gépelés) szerepe fokozódik,
- a gépi támogatás hatására a szükséges emberi kognitív képesség mértéke csökken.

A fejezetben bemutatott eredmények alapján fogalmaztam meg 4. tézisemet:

Meghatároztam a közforgalmú közúti mobilitási szolgáltatások komplex automatizálási szintjeit, amelyek az irányítási funkciók mellett a tervezési és üzemeltetési, valamint az utaskezelési funkciókat is magukban foglalják. Kidolgoztam az utaskezelési funkciók és a szükséges emberi képességek változását értékelő módszert. Megállapítottam, hogy a gépi támogatás és az automatizálás hatására az igényelt humán kognitív kapacitás mértéke csökken, az okos eszköz kezelésével összefüggő képességek jelentősége fokozódik.

Kapcsolódó saját publikációk: (Földes és Csiszár, 2016b), (Csiszár és Földes, 2017), (Csiszár et al., 2019a), (Csiszár et al., 2019b), (Csiszár et al., 2019c)

Az innovatív telematikai alapú, valamint az új autonóm járműves mobilitási szolgáltatások esetében az útvonalak tervezése alapvető fontosságú a hatékony üzemeltetés érdekében. Az útvonaltervezés dinamikussá válik a folyamatosan változó kereslet következtében; a megosztott járműhasználat miatt az útvonaltervezési feladat összetett. Elsődleges cél a számos utazási igény együttes kielégítése felesleges járműmozgások (üresfutások) nélkül. A mobilitás tudatosabbá válásával az előzetes útvonaltervezés utazói oldalon is felértékelődik; a megosztott és ráhordó jellegű szolgáltatások esetében az útvonalak előzetes tervezése kulcsfontosságú (pl.: várakozási idő, gyaloglási távolság minimalizálása érdekében). Az útvonaltervezéshez az útvonalak értékelése szükséges. Ennek megfelelően multimodális útvonalakat értékelő módszert dolgoztam ki, ami az útvonalak fizikai tulajdonsága mellett az utazók személyes preferenciát is figyelembe veszi. Ehhez meglévő alkalmazások személyre szabási beállításait értékelő, valamint az útvonalválasztással szembeni preferenciákat felmérő adatgyűjtő és elemző módszert fejlesztettem, illetve a valóságnak megfelelő értékeléshez egy gráf-alapú, több szintű hálózati modellt dolgoztam ki. A következő fejezetben ezen, az utazástervezését támogató újszerű módszereimet ismertetem.

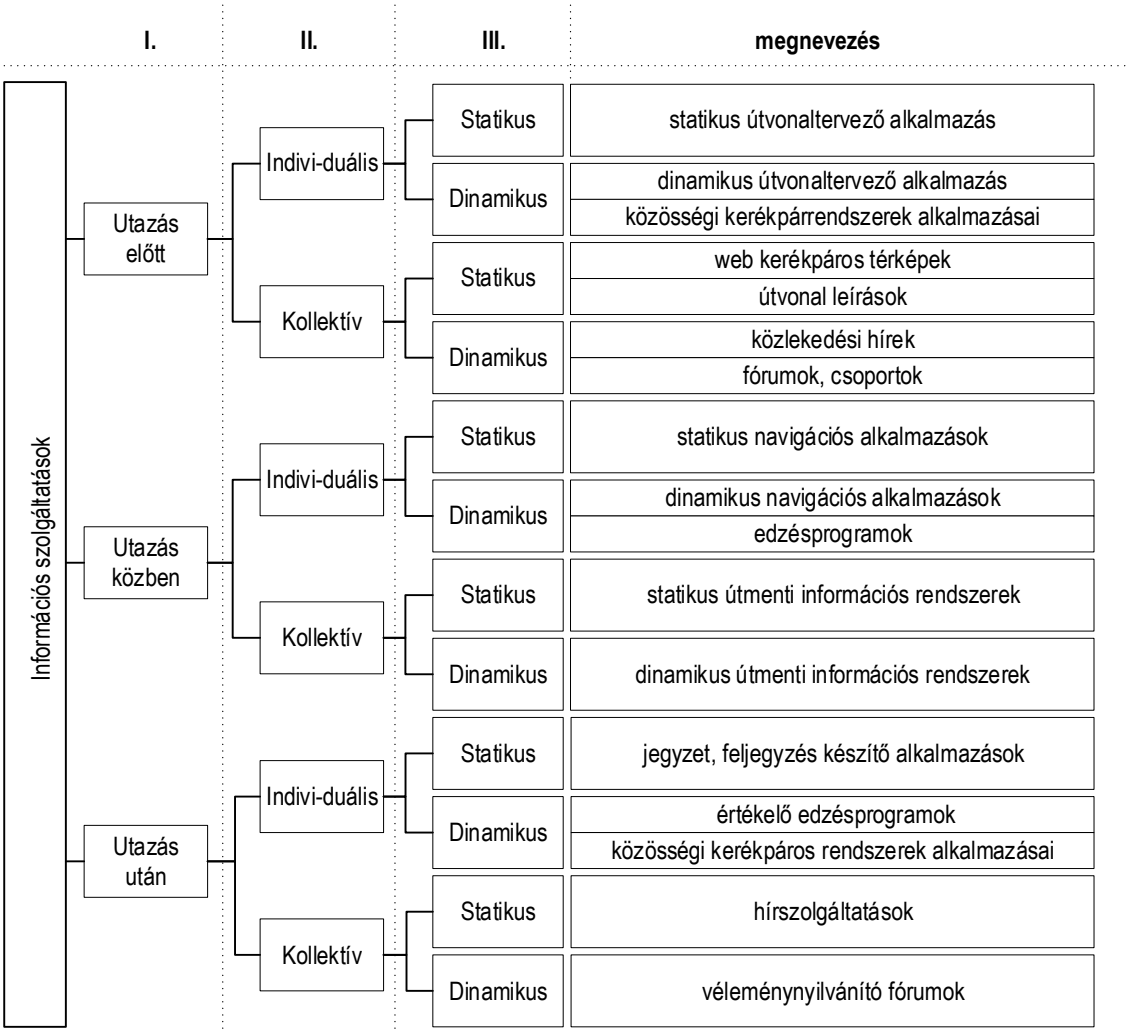
9 Utazástervezést támogató értékelő módszerek

A közforgalmú utazástervezést támogató információs szolgáltatások mérsékelhetik a mobilitási szolgáltatások negatív jellemzőit (pl. várakozási idő), illetve növelhetik az érzékelt minőséget. Ezek különös jelentőséggel bírnak majd a jövő közlekedésében; ugyanis a közlekedés automatizálásával az információs szolgáltatások legfontosabb feladata a közlekedési módválasztás befolyásolása és a jármű-utas fizikai kapcsolatának létrehozása lesz. A jövő mobilitása nagyobb fokú tudatosságot igényel az utazótól, az utazást előkészítő műveletek összetettebé válnak. Különösen igaz ez az új, igényalapú, megosztott autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás esetén, amely csak előzetes rendelés után vehető igénybe. Mindezen okok miatt, az útvonalak tervezése és személyre szabott értékelése még jelentősebbé válik.

Az utazástervezést támogató információs szolgáltatások a következő szempontok szerint csoportosítottam (9.1. ábra):

I. az utazáshoz képesti időpont szerint: utazás előtti, utazás közbeni, utazás utáni,
II. a felhasználói kör szerint: individuális, kollektív,
III. a kezelt adatok aktualitása szerint: csak statikus vagy dinamikus adatokat is használó.

A szolgáltatások mobil vagy immobil eszközökön érhetők el.



9.1. ábra: Információs szolgáltatások csoportosítása

Célom, az utazási döntéseket támogató **multimodális útvonalakat értékelő módszer** kidolgozása volt, amely a valóságnak és az utazói elvárásoknak megfelelő értékelést ad figyelembe véve a hálózati elemek fizikai tulajdonságait és az utazók preferenciáit. A módszerrel elsősorban az útvonaltervező alkalmazások által felkínált útvonalak értékelhetők; ezért a módszer az útvonaltervező alkalmazások fejlesztésénél használható fel.

Az útvonalértékelő módszer megalapozásához:

- a példaértékű személyre szabási beállítások beépítéséhez a jelenlegi útvonaltervező alkalmazások beállításait vizsgáltam,
- az útvonaltervezéssel szembeni elvárások és az útvonalválasztási preferenciák feltáráshoz kérdőíves adatgyűjtési és feldolgozási módszert dolgoztam ki,
- a valóságnak megfelelő útvonal értékeléshez gráf-alapú hálózati modellt dolgoztam ki.

9.1 Útvonaltervező alkalmazások személyre szabhatósága

Célom a jelenlegi útvonaltervező alkalmazások gyengeségeinek és előnyeinek meghatározása volt a személyre szabási beállítások terén. Megvizsgáltam, hogy mely beállítások érhetők el és mennyire egyszerű a használatuk. Az útvonaltervező alkalmazások működési logikáját figyelmen kívül hagytam, ugyanis az az utazó számára közömbös. A személyre szabási beállításokat vizsgáló módszer eredménye az útvonaltervezők személyre szabottsági szintje. Meglévő alkalmazásokat hasonlítottam össze a kifejlesztett módszerrel a személyes beállítási lehetőségek szerint. A tapasztalatokat beépítettem az útvonalértékelő módszer kidolgozásánál. A bevezetett jelöléseket a 9.1. táblázatban foglaltam össze.

9.1. táblázat: 9.1. fejezetben alkalmazott jelöléstechnika

Jel	Megnevezés
p	személyre szabási kategória indexe $p \in \mathbf{N}$
q	személyre szabási szempont indexe $q \in \mathbf{N}$
r	alkalmazás indexe $r \in \mathbf{N}$
h_p	*p.* kategóriába tartozó beállítási lehetőségek száma
$c_{pq,r}$	*q.* szempont *p.* kategórián belüli minősítőértéke *r.* alkalmazásnál
$c_{p,r}$	*p.* kategória minősítőértéke *r.* alkalmazásnál
c_r	*r.* alkalmazás minősítőértéke

A módszer kidolgozásakor a Kesselring multikritériumos eljárást vettem alapul. Az eljárás alkalmas különböző szempontok értékekkel való felruházásra, így alternatívák (jelen esetben útvonaltervező alkalmazások) azonos értékkészlet szerinti összehasonlítására. Ugyanakkor a kidolgozott értékelő módszer a Kesselring eljárás egy egyszerűsített változata, ahol a súlytényezőket elhanyagoltam. A súlytényező elhanyagolásának oka, hogy az alkalmazások személyre szabási lehetőségei széleskörűek és nem egységesek, így az egymáshoz képesti súlyozás nem vezetne eredményhez. További ok, hogy a beállítás meglétének fontossága utazónként eltér; általános súlyszámok meghatározása nehéz. Az egyszerűsítés következtében az alkalmazások nem egy ideálishoz, hanem egymáshoz hasonlíthatók.

Külföldi és hazai útvonaltervező alkalmazásokat vizsgáltam a személyre szabási beállítások feltárása érdekében. A kiválasztásnál törekedtem arra, hogy nagyvárosokat, illetve régiókat lefedő alkalmazásokat értékeljek. Az azonosított személyre szabási beállításokat kategóriákba rendeztem (9.2. táblázat). A táblázat fejléce a kategóriákat, cellái a kategóriába sorolt személyre szabási beállításokat tartalmazzák. A kategóriákat számokkal jelöltem (p a kategória indexe $p \in \mathbf{N}$). A személyre szabható beállításokat szintén számokkal jelöltem, ahol az első számjegy a kategória, míg a második számjegy a beállítás indexe a kategórián belül (q a beállítási szempont indexe *p.* kategórián belül $q \in \mathbf{N}$).

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

1	2	3	4	5	6	7	8
Gyaloglási preferenciák	**Kiindulási, érkezési adatok**	**Mozgásban korlátozott utazó**	**Akadályok**	**Kerékpárral utazás**	**Útvonalak rendezése**	**Utazási idő választása**	**Utazási mód választása**
11 gyaloglási sebesség	*21* cím	*31* peron lépésmentes elérése	*41* rámpa használat	*51* kerékpár-tárolás az állomáson	*61* leggyorsabb	*71* indulási idő	*81* közlekedési mód kizárása/ kiválasztása
12 maximális gyaloglási távolság vagy idő	*22* POI	*32* jármű lépésmentes elérése	*42* lépcső használat	*52* kerékpár-szállítás a járművön	*62* legkevesebb gyaloglás	*72* érkezési idő	
	23 megállóhely	*33* segítő személyzet	*43* lift használat		*63* legkevesebb átszállás		
	24 koordináta	*34* vakvezető-rendszer az állomáson	*44* mozgó-lépcső használat		*64* átszállás nélkül		
	25 térképen rábökéssel				*65* legolcsóbb		

Az értékelő módszer lépései:

1. Beállítások értékelése: $c_{pq,r}$ a személyre szabható beállítások minősítőértékének meghatározása alkalmazásonként, ahol r az alkalmazás indexe $r \in \mathbf{N}$. A minősítőértéket befolyásolja, hogy:

- a beállítási lehetőség választható-e szűrőként a tervezésnél,
- a beállítási lehetőség használatának egyszerűsége.

A minősítőértékek értékkészletét és jelentését a 9.3. táblázatban foglaltam össze. A minősítőértékek értékkészletből történő kiválasztása személyes tapasztalatok felhasználásával lehetséges. A személyre szabható beállítások minősítőértékének jelöléstechnikáját a 9.4. táblázatban mutatom be. A táblázat sorfejléce a szempontokat, oszlopfejléce az alkalmazásokat, míg cellái a minősítőértékeket tartalmazzák.

9.3. táblázat: Minősítőértékek leírása

$c_{pq,r}$	**Leírás**
0	Nem elérhető (a beállítás hiányzik)
1	Bonyolult használat (a beállítás nem elérhető a főoldalon, választható lehetőségek száma csekély; a beállítás hiányzik, csupán tájékoztatás található a szempontról)
2	Kevésbé egyszerű használat (a beállítás nem elérhető a főoldalon, választható lehetőségek száma sok)
3	Egyszerű használat (elérhető a főoldalon, számos kattintás szükséges)
4	Nagyon egyszerű használat (elérhető a főoldalon, választható lehetőségek száma sok, kevés kattintás szükséges, szótöredékek felismerése szövegbeírásnál)

2. Minősítőértékek aggregálása és összesítése:

$c_{p,r}$ a kategóriákra vonatkozó minősítőérték számítása a kategóriába tartozó beállítások minősítőértékeinek számtani átlagolásával (9.1).

$$c_{p,r} = \frac{\sum_q c_{pq,r}}{h_p} \tag{9.1}$$

ahol h_p a p. kategóriába tartozó beállítási lehetőségek száma.

c_r az alkalmazás minősítőértéke a kategória minősítőértékek alkalmazásonkénti összesítésével számolható (9.2).

$$u_r = \sum_p c_{p,r} \tag{9.2}$$

A kategória minősítőértékek számításához tartozó jelöléstechnikát a 9.5. táblázatban foglalom össze. A táblázat sorfejléce a kategóriákat, oszlopfejléce az alkalmazásokat, cellái a kategória minősítőértéket, míg alsó sora az alkalmazás minősítőértékét tartalmazza.

9.4. táblázat: Szempontok minősítősítőértékeinek jelöléstechnikája

	1	2	⋯	r
11	$c_{11,1}$	$c_{11,2}$	⋯	$c_{11,r}$
12	$c_{12,1}$	$c_{12,2}$	⋯	$c_{12,r}$
21	$c_{21,1}$	$c_{21,2}$	⋯	$c_{21,r}$
22	$c_{22,1}$	$c_{22,2}$	⋯	$c_{22,r}$
23	$c_{23,1}$	$c_{23,2}$	⋯	$c_{23,r}$
24	$c_{24,1}$	$c_{24,2}$	⋯	$c_{24,r}$
25	$c_{25,1}$	$c_{25,2}$	⋯	$c_{25,r}$
	⋮	⋮	⋱	⋮
pq	$c_{pq,1}$	$c_{pq,2}$	⋯	$c_{pq,r}$

9.5. táblázat: Kategória minősítőértékek képzésének jelöléstechnikája

	1	2	⋯	r
1	$c_{1,1}$	$c_{1,2}$	⋯	$c_{1,r}$
2	$c_{2,1}$	$c_{2,2}$	⋯	$c_{2,r}$
⋮	⋮	⋮	⋱	⋮
p	$c_{p,1}$	$c_{p,2}$	⋯	$c_{p,r}$
c_r	c_1	c_2	⋯	c_r

A módszerrel meglévő útvonaltervező alkalmazásokat értékeltem. Az eredményt az 5. Függelékben mutatom be. Megállapítottam, hogy **az alkalmazások többségénél alig vannak személyre szabható beállítások**. Az iránymutató alkalmazások (pl.: tfl.gov.uk; anachb.at) példaértékű megoldásainak felhasználásával hatékonyabb útvonaltervező alkalmazás készíthető. Ilyen példaértékű megoldás a egyéb szolgáltatásokról való tájékoztatás, a mozgásukban akadályozott személyek beállítási lehetőségei, vagy az utazás során fellépő akadályokról (pl.: lépcső, mozgólépcső) való tájékoztatás. Utóbbi kettőt az útvonalértékelő módszer kidolgozása során felhasználtam.

9.2 Útvonaltervezés preferenciái

A meglévő alkalmazások személyre szabható beállításait követően az utazók útvonaltervező alkalmazással szembeni elvárásait és útvonalválasztási preferenciát vizsgáltam. Kidolgoztam az elvárásokat és preferenciákat gyűjtő és elemző módszert. Abból a hipotézisből indultam ki, hogy az utazók személyes jellemzői befolyásolják az útvonalválasztási preferenciáikat. A preferenciák ismeretében személyre szabott útvonalértékelés adható. Így elegendő az utazók általános jellemzőinek ismerete személyes ajánlatok nyújtásához. Egyúttal a személyre szabási beállítások száma és a beállítási időtartam is csökkenthető, automatizálható. Az alfejezetben használt jelöléseket a 9.6. táblázatban foglaltam össze.

9.6. táblázat: 9.2 fejezetben alkalmazott jelöléstechnika

Jel	Megnevezés
a	1. szempont választhatósága
b	2. szempont választhatósága
x_{ab}	válaszok száma
X_b	oszloponkénti válaszok száma
w_{ab}	súlyszám
z_{ab}	válaszok súlyozott értéke
SI_{ab}	kapcsolaterősség index

Az elvárások és preferenciák felméréséhez kérdőíves adatgyűjtési és feldolgozási módszert dolgoztam ki. Célom volt a kérdések közötti kapcsolaterősségek feltárása, amiből következtetéseket vontam le az elvárásokra és a preferenciákra vonatkozóan. A kérdések személyes, alapfolyamati és információkezelési jellemzőkre vonatkoznak. A személyes jellemzők alapján utazói csoportok képezhetők. Két kérdéstípust különböztettem meg:

- feleletválasztós (kék): egy válaszlehetőség kiválasztása adott listából
- értékelőskálás (piros): minden válaszlehetőség értékelése, kifejezve a válaszlehetőség személyes fontosságát. Két féle skálát alkalmaztam, attól függően, hogy a válasz lehetőségek részletezése mennyire lehetséges (ún. Likert-skála: 1-3 érték, ahol 1: nem fontos, 2: fontos, 3: nagyon fontos; vagy 1-5 érték, ahol 1: nem fontos, 2: kevésbé fontos, 3: semleges, 4: fontos, 5: nagyon fontos).

A közlekedési módokra vonatkozó eltérő preferenciák a kérdőív módspecifikus kérdéseivel tárhatók fel:

- az általános, utazásra vonatkozó elvárások feltárása minden mód esetén egyaránt jelentősek (pl. időben vagy távolságban legrövidebb útvonal),
- a szolgáltatás specifikus elvárások jelentősek közösségi gépjárműves módoknál (pl. jármű jellemzői, várakozási idő, fedélzeti szolgáltatások),
- az útvonal fizikai jellemzőivel kapcsolatos elvárások jelentősek gyalogos, egyéni járműves utazásoknál és olyan megosztott szolgáltatásoknál, ahol az utazó vezet (pl. úttípus).

A különböző autonóm járműves szolgáltatástípusok más-más utascsoportokat és utazástípusokat szolgálnak ki. Például a taxi jellegű szolgáltatás a rövid várakozási időt elváró, magas fizetési hajlandósággal rendelkező utazók számára jelent megfelelő alternatívát. Ennek megfelelően a szolgáltatás specifikus elvárások közül az alábbiak feltárása szükséges: megosztásra, kitérésre, várakozási időre, díjtényezőkre vonatkozó elvárások, valamint ezen elvárások és a személyes jellemzők közötti összefüggések.

A kapcsolatok erősségét egy-egy válaszlehetőség, egy válaszlehetőség és egy szempont, valamint egy-egy szempont között vizsgálandó. A vizsgálathoz mátrixokat definiáltam. A mátrixok tartalma a párba állított válaszlehetőségektől/szempontoktól függenek. A következő szintű aggregálásokat különböztettem meg:

1. szint: kapcsolat válaszlehetőségek között,
2. szint: kapcsolat válaszlehetőség és szempont között,
3. szint: kapcsolat szempontok között

<u>1. szintű aggregálás</u>: kapcsolat válaszlehetőségek között:

Két szemponthoz tartozó válaszlehetőségeket vizsgáltam páronként a közöttük lévő kapcsolat meghatározása érdekében. Az eredmény az ún. kapcsolaterősség index (SI - strength index). Három típusú kapcsolatot definiáltam annak függvényében, hogy a válaszlehetőség értékelőskálás-e. Mindegyikhez más-más számítási módszer tartozik.

A. egyik válaszlehetőség sem értékelőskálás,
B. csak az egyik válaszlehetőség értékelőskálás,
C. mindkét válaszlehetőség értékelőskálás.

A) esetben a két szemponthoz tartozó összes válaszlehetőség egyidejűleg vizsgálandó. Lépések:

1. Mátrix képzése, ahol az oszlop- és sorfejlécek a válaszlehetőségek.
2. Cellánként a válaszok megszámolása: x_{ab}, ahol *a* az 1. szempont válaszlehetősége, *b* a 2. szempont válaszlehetősége. x_{ab} azon válaszadók számát adja meg, akik ugyanazon válaszlehetőségeket választották a két szempontnál.
3. *b* válaszlehetőségenként, vagyis oszloponként a válaszadók számának összegzése: X_b

4. Kapcsolaterősség index számítása: SI_{ab} (9.3).

$$SI_{ab} = \frac{x_{ab}}{\sum_b x_{ab}} \cdot 100 = \frac{x_{ab}}{X_b} \cdot 100 \tag{9.3}$$

A kapcsolaterősség válaszlehetőségek között százalékban van kifejezve. Minél több válaszadó választja mindkét válaszlehetőséget, annál szorosabb a kapcsolat. Kategóriákat képeztem: erős a kapcsolat, ha $SI_{ab} > 75\%$, közepes erősségű a kapcsolat, ha $75\% > SI_{ab} > 50\%$ és gyenge a kapcsolat, ha $SI_{ab} < 50\%$.

B) esetben az 1. szempont válaszlehetőségei feleletválasztósak, míg a 2. szempont válaszlehetőségei értékelőskálásak. Az 1. szempont minden válaszlehetősége és a 2. szempont egy válaszlehetősége vizsgálandó egyidejűleg. Lépések:

1. Mátrix képzése, ahol az oszlopfejlécek az 1. szempont válaszlehetőségei, míg a sorfejlécek a 2. szempont válaszlehetőségéhez tartozó értékelőskála értékei.
2. Cellánként a válaszok megszámolása (kereszttáblás lekérdezés): x_{ab}, ahol *a* az 1. szempont válaszlehetősége, *b* a 2 szempont válaszlehetőségéhez tartozó értékelőskála értékei.
3. Cellákhoz súlyszám hozzárendelése értékelőskála szerint: w_{ab}. Értékkészletként 1-10 definiáltam, ami biztosítja az eredmények összehasonlíthatóságát különböző értékelőskálák esetén is: 1-3 skála esetén w_{ab} = [1; 5; 10], míg 1-5 skála esetén w_{ab} = [1; 2, 5; 5; 7,5; 10].
4. Válaszok súlyozott értékének számítása: z_{ab} (9.4). Mivel az értékelőskála a válaszlehetőségek fontosságát fejezi ki, a súlyozott értékkel kifejezhető egy válaszlehetőség összesített fontossága (összes válaszadót figyelembe véve).

$$z_{ab} = x_{ab} \cdot w_{ab} \tag{9.4}$$

5. Kapcsolaterősség index számítása: SI_{ab} (9.5): a súlyozott értékek soronkénti összegének és a soronkénti válaszok számának hányadosa.

$$S_{ab} = \frac{\sum_b z_{ab}}{\sum_b x_{ab}} \tag{9.5}$$

C) esetben szempontonként csak egy-egy válaszlehetőség vizsgálandó egyidejűleg. Lépések:

1. Mátrix képzése, ahol az oszlop- és sorfejlécek a párba állított válaszlehetőségekhez tartozó értékelőskála értékei.
2. Cellánként a válaszok megszámolása (kereszttáblás lekérdezés): x_{ab}, ahol *a* az 1. szempont válaszlehetőségéhez, míg *b* a 2 szempont válaszlehetőségéhez tartozó értékelőskála értékei.
3. Cellákhoz súlyszám hozzárendelése az értékelőskálák szerint: w_{ab}. Minden lehetséges értékelőskála szerinti párosításhoz (3-3, 3-5, 5-5) hozzárendeltem súlyszámot; értékkészletként 1-10 definiáltam, ami biztosítja az eredmények összehasonlíthatóságát különböző értékelőskálák alkalmazása esetén is (9.7.-9.9. táblázat). Az értékelőskálák legalacsonyabb értékelőszámainak párosítása esetén a súlyszám 1, míg a legmagasabb értékelőszámainak párosítása esetén a súlyszám 10. A többi párosításhoz a súlyszámokat egyenletes eloszlás alapján adtam meg.

9.7. táblázat: Súlyszámok 3-3 elemű értékelőskálánál

w_{ab}		**2. válaszlehetőség**		
		1	*2*	*3*
1. válasz-lehetőség	*1*	1	3	6
	2	3	5	8
	3	6	8	10

9.8. táblázat: Súlyszámok 3-5 elemű értékelőskálánál

w_{ab}		2. válaszlehetőség				
		1	2	3	4	5
1. válasz-lehetőség	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	5	6	7
	3	3	5	7	9	10

9.9. táblázat: Súlyszámok 5-5 elemű értékelőskálánál

w_{ab}		2. válaszlehetőség				
		1	2	3	4	5
1. válasz-lehetőség	1	1	2	3	4	5
	2	2	3	4	5	6
	3	3	4	5	6	8
	4	4	5	6	7	9
	5	5	6	8	9	10

4. Válaszok súlyozott értékének számítása: z_{ab} (9.4).
5. Kapcsolaterősség index számítása: SI_{ab} (9.6): a súlyozott értékek összegének és az összes válasz számának hányadosa.

$$S_{ab} = \frac{\sum_{ab} z_{ab}}{\sum_{ab} x_{ab}} \tag{9.6}$$

B) és C) típusok esetében is a kapcsolaterősségeket kifejező kategóriákat képeztem: erős a kapcsolat, ha $SI_{ij} > 7{,}5$, közepes erősségű a kapcsolat, ha $7{,}5 > SI_{ij} > 5$ és gyenge a kapcsolat, ha $SI_{ij} < 5$.

B) és C) esetben a válaszlehetőségekre vonatkozóan további aggregálás végezhető el:

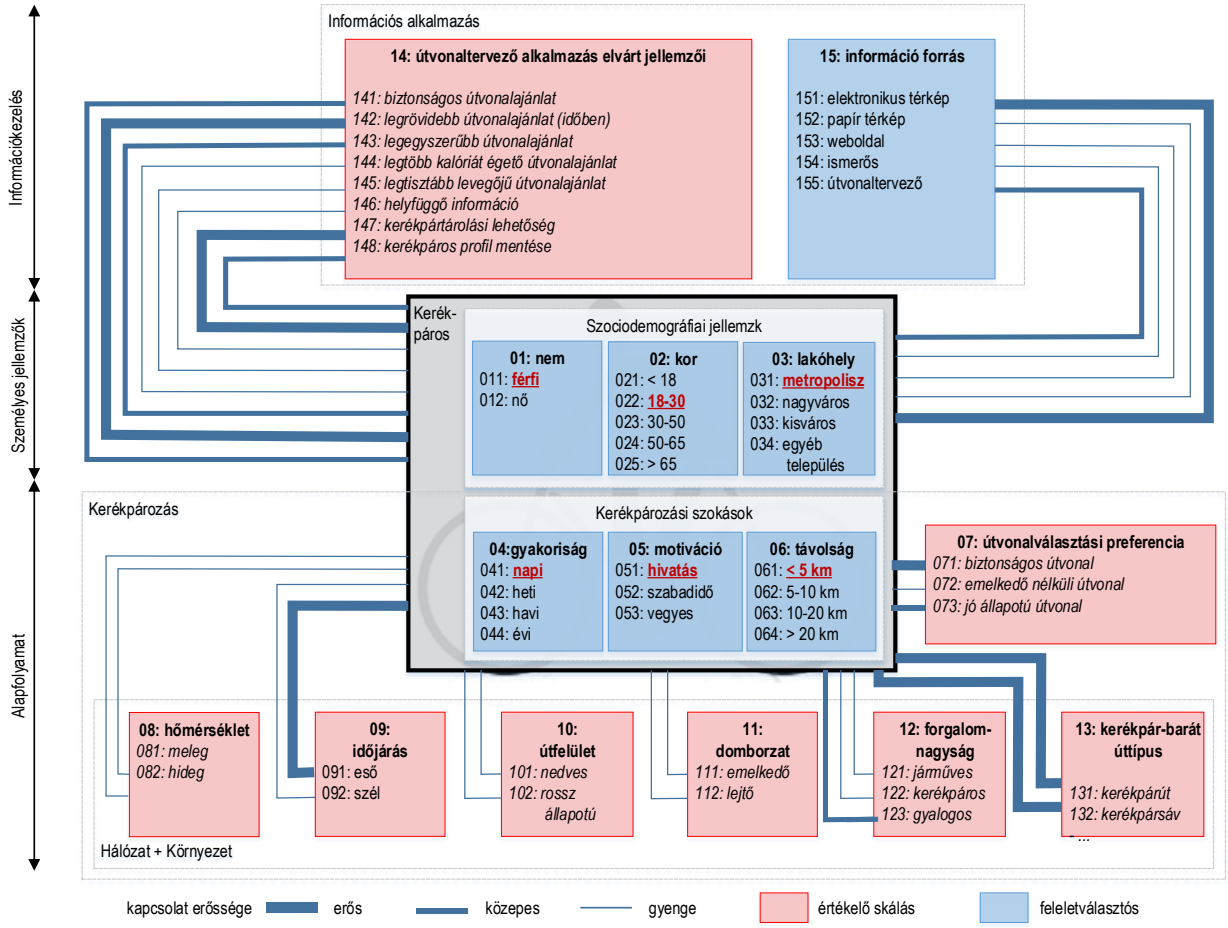
2. szintű aggregálás: kapcsolaterősség indexek soronkénti vagy oszloponkénti átlagolásával meghatározandó a kapcsolat erőssége egy szempont és egy másik szempont egy-egy válaszlehetősége között.

3. szintű aggregálás: az előző szinten képzett kapcsolaterősségek átlagolásával meghatározható a kapcsolat erőssége két szempont között.

Az adatgyűjtési és feldolgozás módszer alkalmazhatóságát és helyességét kerékpárosok elvárásait feltáró kérdőívvel vizsgáltam. A fenntartható közlekedési módokat szem előtt tartva választottam a kerékpározást. A kerékpározás szerepe várhatóan a jövőben is megmarad. A kerékpáros egy speciális utazói szerepkör, az információkezelési folyamatai sajátosak. Például az utazáshoz szükséges információt többnyire utazás előtt szerzi be, mivel az utazás nagyfokú figyelmet igényel és menetközben a kiegészítő tevékenységek folytatása és az individuális eszközök használata veszélyes. Az útvonalak előzetes értékelésének így kiemelt jelentősége van. A kérdőívet a 6. Függelék tartalmazza.

A gyűjtött adatok szerkezetét és a kérdések közötti kapcsolatot a 9.2. ábrán mutatom be. Egy kérdést egy doboz jelöl. A kérdések első két indexe a kérdésre, míg harmadik indexe a válaszlehetőségre utal. Az ábra középpontjában az utazó (kerékpáros) és az utazó személyes jellemzőire vonatkozó kérdések állnak. Az ábra alsó részében az alapfolyamattal (kerékpározással), míg felső részében az információkezeléssel (útvonaltervezés) kapcsolatos kérdések találhatók. A vonalak egy képzett utazói csoport és a szempontok közötti kapcsolat erősségét jelölik.

A kérdőíves felmérést interneten, Google Űrlap alkalmazással 2015. októberében 6 napon át végeztem. Összesen 770 darab válasz érkezett. Az „éles” kikérdezés megkezdése előtt a kérdőívet fókuszcsoporton (egyetemi hallgatók) teszteltem, a felmerült észrevételek alapján módosításokat hajtottam végre (pl.: képekkel illusztrált kérdések, sorrend képzős kérdés törlése). A kérdőív terjesztése 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 szeretők). A kitöltők többsége városi kerékpáros, 80%-a budapesti, illetve nagyvárosi lakhelyű személy volt.



9.2. ábra: Kérdőív szerkezete és a személyes preferenciák befolyásoló hatása az útvonalpreferenciákra

A gyűjtött adatokat a kidolgozott módszer alkalmazásával dolgoztam fel. Az eredményeket bemutató táblázatokban a kérdéstípust, hasonlóan a 9.3. ábrához, színekkel jelöltem. A kapcsolat erősségét a háttér színekkel különböztettem meg, minél sötétebb annál erősebb a kapcsolat. A 2. és 3. aggregálással kapott kapcsolaterősség értékeket kerettel jelöltem.

Az A) típusú kapcsolatot a 9.10. táblázatban mutatom be a rendszerességet, valamint a motiváció és az információ forrás választhatóságai között. A táblázat sorfejlécében a gyakoriság és motiváció választhatóságai, míg oszlopfejlécében az információ forrás választhatóságai találhatók. A cellákban a kapcsolat erősség értékeket tüntettem fel. Például a napi gyakorisággal kerékpározók és útvonaltervező alkalmazás használat választhatóságok közötti kapcsolat erősség 81,6. Ez azt jelenti, hogy a napi gyakorisággal kerékpározók 81,6%-a használ valamilyen útvonaltervező alkalmazást.

9.10. táblázat: A) típusú kapcsolatok - kivonat

SI_{ij}		15: információ forrás				
		151: elektronikus térkép	152: papír térkép	153: weboldal	154: ismerős	155: útvonal-tervező
04: gyakoriság	041: napi	55,8	19,8	43,0	43,0	81,6
	042: heti	74,2	21,8	54,0	46,8	80,7
	043: havi	78,2	17,8	54,7	47,1	80,4
	044: évi	74,4	24,6	52,8	47,8	78,0
	aggregált	**70,7**	**21,0**	**51,1**	**46,2**	**80,2**
05: motiváció	051 hivatás	75,3	25,3	57,7	48,9	78,4
	052: szabadidő	73,5	13,6	43,5	41,2	75,7
	053: vegyes	70,1	21,7	51,2	48,3	85,1
	aggregált	**73,0**	**20,2**	**50,8**	**46,1**	**79,7**

kapcsolat erőssége: erős, közepes, gyenge

A 9.11. táblázat a B) és C) típusú kapcsolatok egy kivonatát mutatja be. A táblázat sor- és oszlopfejlében különböző szempontokhoz tartozó válaszlehetőségek, celláiban kapcsolat erősség értékek találhatók. Például a kapcsolat erőssége:

- 1. szintű aggregálás: válaszlehetőségek közötti kapcsolat: esős időjárás elkerülése és havi rendszeresség között a kapcsolat erőssége 8. Ez erős kapcsolat. Ebből következtethető, hogy az esős időjárás a havonta kerékpározókra elrettentő hatással bír.
- 2. szintű aggregálás: válaszlehetőség és szempont közötti kapcsolat: esős időjárás elkerülése és rendszeresség között a kapcsolat erőssége 7,1. Ez közepes kapcsolat. Ebből következtethető, hogy az esős időjárás befolyásolja a kerékpározás rendszerességét.
- 3. szintű aggregálás: szempontok közötti kapcsolat: időjárás és rendszeresség között a kapcsolat erőssége 6,4. Ez közepes kapcsolat van. Ebből következtethető, hogy az időjárás befolyásolja a kerékpározás rendszerességét.

9.11. táblázat: B) és C) típusú kapcsolatok - kivonat

SI_{ij}		04: gyakoriság					05: motiváció				07: útvonal-választási preferencia	
		041: napi	042:heti	043: havi	044: évi	**aggregált**	051: hivatás	052: szabadidő	053: begyes	**aggregált**	071: biztonságos	⋮
09: időjárás	091: eső kerülése	5,1	7,0	8,0	8,2	**7,1**	6,3	7,9	5,8	**6,7**	7,0	…
	092: szél kerülése	4,7	5,1	6,0	6,9	**5,7**	5,1	6,2	4,9	**5,4**	6,4	…
	aggregált	**4,9**	**6,0**	**7,0**	**7,6**	**6,4**	**5,7**	**7,0**	**5,4**	**6,0**	**6,7**	…
13:kerék-párbarát úttípus	131: kerékpárút használat	8,6	8,7	9,5	9,5	**9,1**	8,5	9,2	8,8	**8,9**	8,2	…
	132: kerékpársáv használat	7,8	7,3	6,5	6,2	**6,9**	8,0	6,1	7,5	**7,2**	7,4	…
	…	…	…	…	…	**…**	…	…	…	**…**	…	…
14: elvárt útvonalter-vezési funk.	141: biztonságos útvonalajánlat	7,4	7,9	8,5	8,7	**8,1**	7,9	8,2	7,7	**7,9**	7,8	…
	142: legrövidebb útvonalajánlat	7,5	6,7	7,2	6,6	**7,0**	8,1	6,1	7,0	**7,1**	7,3	…
	147: kerékpártárolási lehetőség	6,6	6,8	6,1	6,7	**6,6**	7,0	6,0	6,7	**6,6**	7,0	…
	…	…	…	…	…	**…**	…	…	…	**…**	…	…

kapcsolat erőssége: erős, közepes, gyenge
értékelőskálás, feleletválasztós

A válaszok feldolgozását követően, a kapcsolat erősségek alapján a következő, a kerékpározásra és az információkezelésre vonatkozó megállapításokat tettem, amelyek alaphálózat és információs alkalmazások fejlesztéséhez használhatók:

A motiváció, valamint a lakóhely is jelentősen befolyásolja egy útvonaltervező alkalmazás elvárt jellemzőit. A kapcsolat legrövidebb útvonalajánlat és hivatásforgalom között erős, míg legrövidebb útvonalajánlat és szabadidős motiváció között gyenge; hasonló megállapításra jutott Stinson és Bhat (2005) is. Hasonlóan Tilahun et al. (2007) eredményeihez, megállapítottam, hogy a szabadidő motivált kerékpárosok a biztonságos útvonalajánlatot preferálják. A kisvárosban kerékpározók is a biztonságos, valamint a legtisztább levegőjű útvonal ajánlását várják el. Annak ellenére, hogy a városok légszennyezése magasabb, a nagyvárosi kerékpárosok nem igénylik ezen jellemző meglétét.

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

Útvonaltervező alkalmazások használata összefügg az útvonal hosszával, ugyanakkor a motiváció és a kerékpározás gyakorisága érdemben nem befolyásolja azt. Minél hosszabb az utazás, annál több kerékpáros használ valamilyen útvonaltervező alkalmazást. A 20 km felett kerékpározók 85%-a használ útvonaltervezőt. Minden motiváció és gyakoriság típus esetében jelentős volt az útvonaltervezők használati aránya.

Az útvonalválasztási preferenciákat a hálózati és környezeti elemek befolyásolják. Például erős a kapcsolat a biztonságos útvonal választása és a kerékpárút és -sáv kedveltsége között. A ritkán (évente pár alkalommal) kerékpározók próbálják elkerülni az emelkedőket, valamint a hideg és esős időjárást, ezzel szemben a napi kerékpárosokat nem zavarja sem az emelkedő, sem a hideg idő.

A személyes jellemzők valamennyi lehetséges kombinációjával **utazói csoportok** képezhetők, amelyeknek meghatározhatók az információkezelési jellemzői, útvonalválasztási preferenciái (kapcsolaterősségek számítása). Amennyiben ismertek egy utazó személyes jellemzői, úgy az utazó besorolható egy csoportba. Útvonalak értékelésénél elegendő az utazó személyes jellemzőit ismerni, ami alapján kikövetkeztethetők a preferenciái. Ezzel személyre szabott útvonalértékelések adhatók kevés személyes beállítás elvégzése ellenére. A személyes jellemzőket elég első alkalmazáskor megadni (profil mentés); az útvonalak értékelésé ezzel automatizálható. Példaként a városi kerékpáros típust vettem; a kapcsolaterősségeket a 9.2. ábrán mutatom be. Az ún. városi kerékpárosok 18-30 év közötti, metropoliszban élő, napi szinten, hivatásból, kevesebb, mint 5 kilométert kerékpározó férfiak. A vonalak vastagsága a kapcsolat erősségét szemlélteti. Például a városi kerékpáros legrövidebb útvonalajánlatot és kerékpártárolási információt vár el egy útvonaltervező alkalmazástól. Próbálják kerülni az esős időjárást, illetve kedvelik a kerékpárút és -sáv használatát.

9.3 Személyközlekedési infrastruktúra hálózati modellje

A közlekedési infrastruktúra elemek tulajdonságaival szembeni személyes preferenciák leképezésére egy hálózati modellt dolgoztam ki. Célom volt továbbá, hogy a hálózati modell alkalmas legyen a hálózat fizikai paramétereinek pontosabb leképzésére is és így alkalmas legyen útvonalértékelő módszer fejlesztéséhez. A multimodalitást szem előtt tartva a modellel különböző közlekedési módok és mobilitási szolgáltatások tulajdonságai széleskörben figyelembe vehetők. Ehhez, egy több szintű gráfot definiáltam, amelyet vertikálisan és horizontálisan is felbontottam. A bevezetett jelöléseket a 9.12. táblázatban foglaltam össze.

9.12. táblázat: 9.3 fejezetben alkalmazott jelöléstechnika

	Megnevezés
f	gráf típusa f =A..F
${}_fG$	gráf
α	mezo gráf indexe $\alpha \in \mathbf{N}$
β	mikro gráf indexe $\beta \in \mathbf{N}$
G	multimodális gráf

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 hálózati elemek statikus és dinamikus tulajdonságokkal ruházhatók fel (pl. önálló járda éltípus tulajdonságai: statikus – hossz, lejtés; dinamikus - útállapot).

A gráfokat a következőképp jelöltem: ${}_fG$, ahol f a gráf típusa f=A..F. Összetettség (részletezettség) szerint szinteket vezettem be:

<u>Mikro gráf</u>: az utasforgalmi létesítmények (pl. metróállomás) belső, gyalogos hálózatát/mozgási folyamatait képezik le, ideértve a gyaloglást segítő eszközökön történő (mozgójárda, mozgólépcső, lift) „utazást" is: ${}_{A\alpha}G$, ahol α a mikro gráf indexe.

<u>Mezo gráf</u>: az eszközváltási csomópontok (intermodális csomópontok) belső gyalogos hálózatát képezik le: ${}_{B\beta}G$, ahol β a mezo gráf indexe.

Az α és β index bevezetése mikro és makro gráfok esetében szükséges, mert ezáltal számos utasforgalmi létesítmény vagy eszközváltási csomópont leképezhető.

<u>Makro gráf</u>: a járműves és a felszíni gyalogos közlekedési hálózatot képezi le. Makro szinten közlekedési módok szerint a következő gráftípusokat képeztem:

- ${}_CG$ gyalogos,
- ${}_DG$ kerékpáros,
- ${}_EG$ közösségi közlekedési,
- ${}_FG$ egyéni gépjárműves.

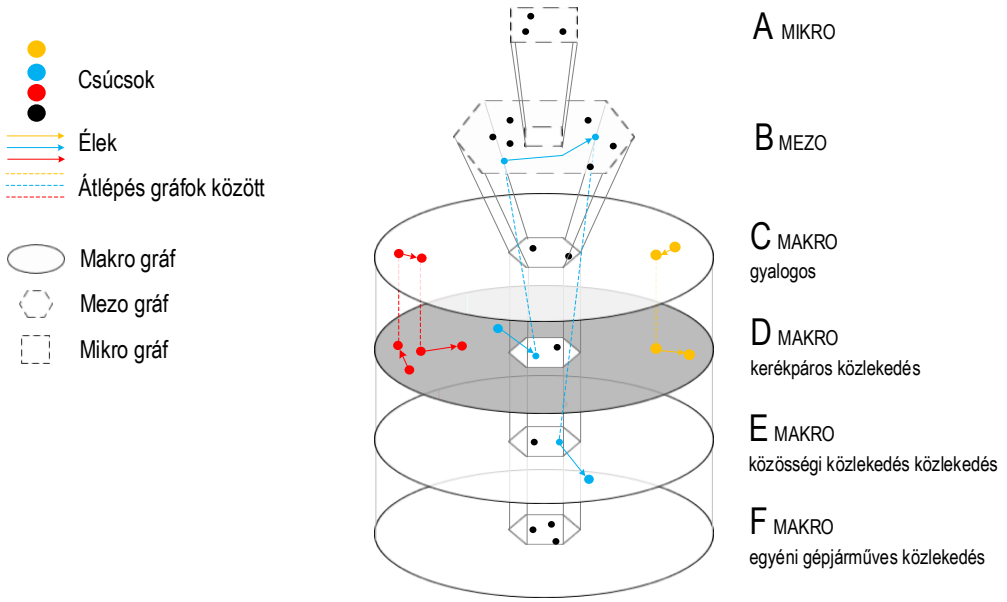
A felbontással az eltérő tulajdonságokkal rendelkező közlekedési módok és mobilitási szolgáltatások egymástól elválasztva modellezhetők. Az átmeneti közlekedési módokat az egyéni gépjárműves és közösségi közlekedési gráf attribútum készletének kiegészítésével képeztem le (pl.: car-sharing állomás, taxi droszt). A bike-sharing módot, bár közösségi közlekedés, mégis a kerékpáros gráfon értelmeztem a kerékpározás speciális infrastruktúra igénye miatt. Az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások leképezésére a közösségi közlekedési makró gráf alkalmas, hiszen az autonóm járművek is ugyanazon hálózati elemeket használják. A megosztott közúti autonóm járműves mobilitási szolgáltatásnál bevezetett relációs adatmodell út- és utazási szakaszokra vonatkozó tulajdonságait a személyközlekedési infrastruktúra hálózati modelljébe is beépítettem.

A gráfok csúcs és él készlete nem diszjunkt halmazok, így lehetséges az átjárás (eszközváltás) a gráfok között. Ennek megfelelően a mezo és mikro gráfok csúcsainak egy része a fentebbi szinten lévő gráfokon is megtalálhatók. Másik részük csak a mezo vagy mikro gráfon található meg a csomópont/átszállási folyamat, illetve az utasforgalmi létesítmények belső tereinek részletes leképezése érdekében.

A definiált gráf típusok uniója együttesen adja a G multimodális személyközlekedési hálózat gráfot (9.7):

$$G = {}_{A\alpha}G \cup {}_{B\beta}G \cup {}_{C}G \cup {}_{D}G \cup {}_{E}G \cup {}_{F}G \tag{9.7}$$

A gráfok egymásra épülését, valamint lehetséges kapcsolatait a 9.3. ábrán mutatom be. A kapcsolatok különböző multimodális utazásokat írnak le.



9.3. ábra: Gráfok típusai, egymásra épülése és kapcsolatai (jellegzetes példákkal kiegészítve)

Lehetséges kapcsolatok például:

- sárga - rágyaloglás járműves módra: gyaloglásról (C makro) kerékpáros (D makro) módra váltás,
- kék - módváltás: kerékpárról (D makro) közösségi közlekedési eszközre váltás (E makro) egy intermodális csomóponton (mezo),
- piros - kerékpáros utazás megszakítása: kerékpár tolása egy rövid szakaszon (pl. gyalogátkelőhelyen kerékpár áttolása); eszközváltás kerékpárról (D makro) gyalogos (C makro), majd újra kerékpáros (D makro) módra.

Meghatároztam a csúcsok és élek típusait. Egy-egy típusba az azonos tulajdonságokkal leírható csúcsok, illetve élek kerültek. Az élek típusainak meghatározásánál jogszabályi (pl.: KRESZ, Útügyi Műszaki Előírás), illetve különböző nyilvántartások (pl. BKK Egységes Forgalmi Modell (EFM)) fogalmait részletesen tanulmányoztam, kiegészítettem saját tapasztalataimmal, illetve figyelembe vettem az új, elsősorban autonóm járműves szolgáltatásokhoz szükséges hálózati elemeket. Ennek megfelelően okos és virtuális megállókat vezettem be a csúcstípusoknál, valamint szolgáltatástípust (pl.: megosztás, kitérés) és díjtényezőket (pl.: kereslet, forgalmi) leíró attribútumokat az éltípusoknál. A meghatározott típusokat hozzárendeltem a gráf szintekhez. A több szinten is megtalálható csúcs biztosítja az átjárást a szintek között. A csúcs- és éltípusokat és tulajdonságaikat a 7. Függelékben részletezem. Az így definiált hálózati modell részletezettségének köszönhetően alkalmas a valóságnak megfelelőbb útvonalértékelések készítésére is. A hálózati elemek pontos leképezése az autonóm járműirányítás számára is szolgáltathat bemeneti adatokat a környezetérzékelés során.

9.4 Útvonalértékelő módszer fejlesztése

Az azonosított személyre szabható beállítások, a feltárt útvonalválasztási preferenciák és a kidolgozott hálózati modell alapján kidolgoztam egy olyan multimodális útvonalakat értékelő módszert, amely a valóságnak és az utazói elvárásoknak megfelelő értékelést ad. A kifejlesztett módszer beépíthető útvonalakat értékelő és útvonaltervező alkalmazásokba. A bevezetett jelöléseket a 9.13. táblázat tartalmazza.

9.13. táblázat: a 9.4 fejezetben alkalmazott jelöléstechnika

Jel	Megnevezés
i	csúcs indexe i=1..I
j	él indexe j=1..J
γ	sebességbefolyásoló tényező indexe γ=1..Γ
${}^{j}q_{\gamma}$	*j.* él *γ* sebességbefolyásoló tényezője
Q_j	*j.* él sebességbefolyásoló össz-tényezője
k	preferencia indexe k=1..K
p_k	*k*. preferencia
P_i	*i.* csúcs össz-preferencia tényező
P_j	*j.* él össz-preferencia tényező
t_i	*i.* csúcs leküzdéséhez ténylegesen szükséges időérték [s]
r_i	*i.* csúcs ráfordítási értéke
t_j	*j.* él leküzdéséhez ténylegesen szükséges időérték [s]
d_j	él hossza [m]
v	átlagos haladási sebesség
u_j	*j.* élen értelmezett átlagos veszteség idő [s]
r_j	*j.* él ráfordítási értéke

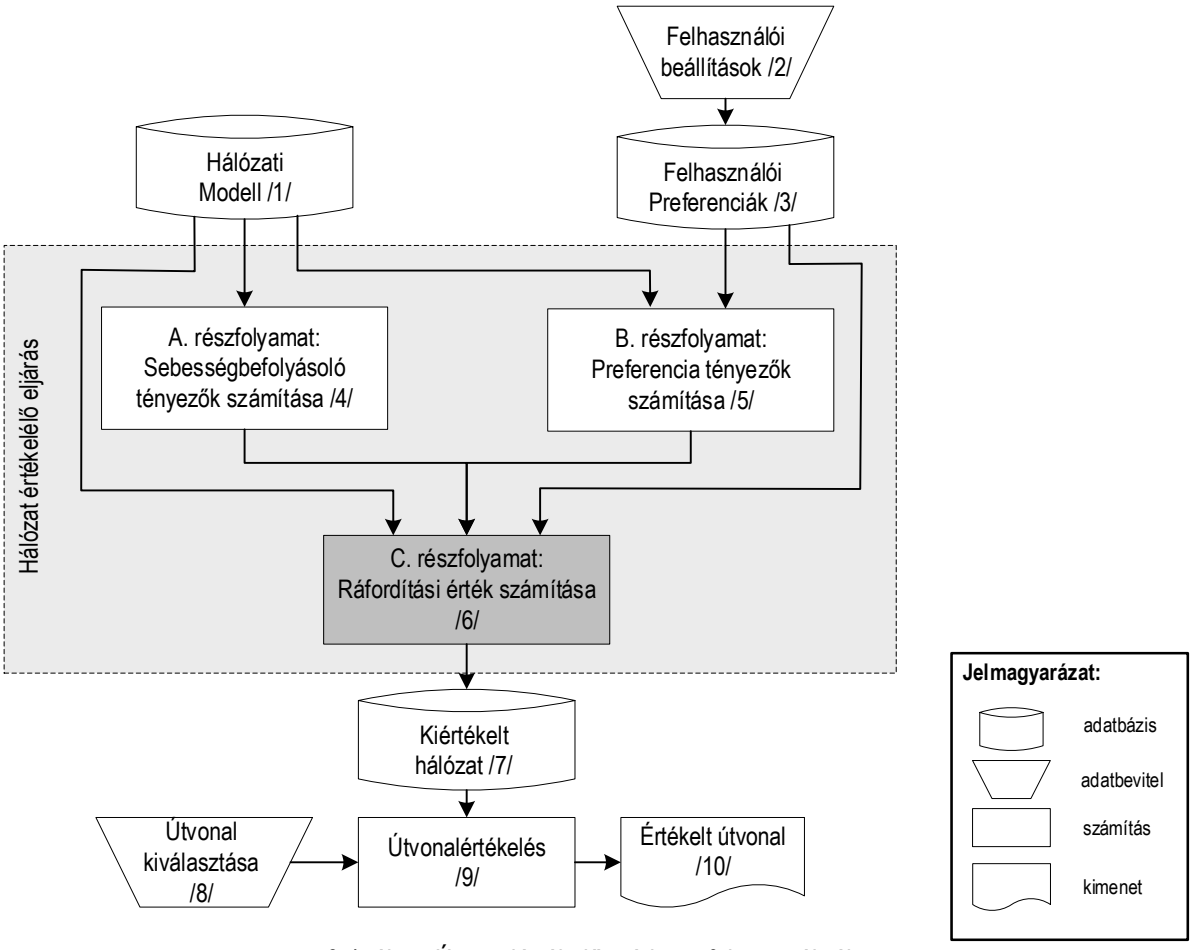
A módszer folyamatábráját a 9.4. ábrán foglaltam össze. A módszer bemenetei a hálózati elemek tulajdonságait tartalmazó hálózati modell adatbázisa és a felhasználói preferenciákat tartalmazó adatbázis. A módszer része a hálózatértékelő eljárás, ami a fizikai paraméterek sebességbefolyásoló hatása, azok időbeli változása, és az utazói preferenciák alapján értékeli a közlekedési hálózatot. Az eljárás egy utazó által beállított értékek alapján értékeli a teljes hálózatot. Az eljárás kimenete a kiértékelt hálózat, ami felhasználható konkrét útvonalak értékeléséhez.

A módszer során a kidolgozott *Hálózati modell*t /1/ vettem alapul. A jelenlegi modellben a gyalogos, kerékpáros és közforgalmi közlekedéssel végrehajtott utazásokhoz szükséges infrastruktúrát képeztem le részleteiben. Közforgalmú közlekedés esetében egy élnek értelmeztem az egyes viszonylatokon megállótól megállóig történő utazást is. Ezen élek tulajdonságai a mobilitási szolgáltatást minősítik (pl.: alacsonypadlós, légkondicionált jármű)

A módszer felhasználója (utazó) beállításokat hajthat végre (*Felhasználói beállítások* /2/), minősítve a pontszerű [csúcs] (pl.: kerékpártároló, megálló) és vonali [él] (pl.: útszakaszok) hálózati elemek jellemzőit. Beállítást csak olyan jellemző esetében lehet elvégezni, amelyre vonatkozóan rendelkezésre áll adat; azaz a beállítások számát a hálózati modell kidolgozottsága alapvetően befolyásolja. Ezen beállított jellemzők a *Felhasználói preferenciák* adatbázisba kerülnek /3/.

A személyre szabható beállítások közlekedési módonként eltérnek. Felhasználói beállítások:

- az értékelés során alkalmazott átlagsebesség (gyaloglás, kerékpározás esetében),
- az élekhez tartozó preferencia tényezők minősítése, valamint
- csúcsokhoz tartozó preferencia tényezők minősítése.



9.4. ábra: Útvonalértékelő módszer folyamatábrája

A preferencia tényezők minősítésénél a felhasználó a *közömbös*, *zavaró/szükséges*, *kizáró* értékek közül választhat. A preferenciák beállítása automatizálható, ha ismerjük az adott személyes jellemzővel bíró utazóra általánosan igaz preferenciákat (utazói csoportok).

A módszer része a hálózatértékelő eljárás, amely három részfolyamatban (A, B, C) számolja a hálózati elemekre jellemző ráfordítási értékeket. Az eljárás eredménye: egy kiértékelt hálózat; amelyben minden csúcshoz és élhez egy-egy ráfordítási érték tartozik. A ráfordítási értékek módonként eltérnek.

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

A hálózatértékelő eljárás részfolyamatai:

A. részfolyamat: sebességbefolyásoló tényezők számítása /4/, ${}^{j}q_{\gamma}$, ahol j az él azonosítója $j=1..J$, γ a sebességbefolyásoló tényező azonosítója $\gamma=1..\Gamma$:

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

Egyes forgalmi, környezeti, hálózati állapotot leíró éltulajdonságok sebességbefolyásoló hatásúak. Ezen jellemzők összegyűjtésével komplex sebességbefolyásoló tényezők képezhetők módonként (pl.: emelkedés mértékéből képzett tényező, lépcső leküzdésének többlete, forgalomnagyság sebességbefolyásoló hatása, útfelület fizikai állapotának hatása). A tényezők 1 körüli értékek; 1-nél kisebb tényező sebességcsökkentést, 1-nél nagyobb tényező sebességnövekedést okoz. Egy-egy tényező értékét több éltulajdonság (annak állapotai) együttesen befolyásolják. A tényezők számát a hálózati modell részletezettsége befolyásolja. Pontos értékük számítása méréssorozatok végrehajtásával

lehetséges, különböző jellemzőkkel bíró utazók, utazói csoportok számára eltérő mértékűek lehetnek. A figyelembe vett tényezők értékét szakirodalmi források (Bernardi és Rupi, 2015, Parkin és Rotheram, 2010), valamint tapasztalat útján becsültem.

A ${}^{j}q_{\gamma}$ tényezők a sebességbefolyásoló hatásukat együttesen fejtik ki, meghatározva a Q_j sebességbefolyásoló összténye zőt. Ezt függvénykapcsolattal képeztem le. Kalibrációs folyamat során több függvénykapcsolatot is kipróbáltam. Választásom a tényezők szorzatösszegének gyökvonására esett (9.8).

$$Q_j = \sqrt{\prod_{\gamma=1}^{\Gamma} {}^{j}q_{\gamma}} \tag{9.8}$$

B. részfolyamat: preferencia tényező számítása /5/:

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

Preferencia tényezők meghatározása a hálózati elemek tulajdonságai és a felhasználói preferenciák alapján élenként és csúcsonként. A felhasználói preferenciákhoz (p_k, ahol k a preferencia indexe $k=1..K$) számértéket rendeltem.

- *Közömbös* értékeléshez tartozó számérték minden esetben 1, ezzel a felhasználói preferencia nem befolyásolja az érzékelt idő szükségletet.
- *Zavaró* és S*zükséges* értékeléshez rendelt számértékek 1-től eltérők. A hálózati elemeknél az 1-nél nagyobb érték növeli az érzékelt idő szükségletet, az 1-nél kisebb érték csökkenti azt. Csúcsoknál az érték egyfajta attraktivitási tényező, amely kifejezi, hogy a felhasználó számára ez a csúcs mennyire kedvező. A pontos értékek kalibrálását a kérdőíves kutatás eredményeiből (kerékpározás), illetve szakirodalmi források alapján becsléssel (gyaloglás, közforgalmú közlekedés) határoztam meg
- *Kizáró* értékelésnél a számérték 1000, ami gyakorlatilag kizárja az adott hálózati elemet a további számításoknál a magas értéke miatt.

A tényezők hatásukat együttesen fejtik ki. Erre a szorzatösszeg megfelelő (9.9), hiszen, ha több kedvezőtlen (vagy csúcs esetén kedvező) tulajdonság is egyidejűleg jelentkezik, az sokszorosan befolyásolja a felhasználó érzékelt idejét. (*P* össz-preferencia tényező). A személyre szabható hálózati jellemzőket, valamint a zavaró értékeléshez rendelt pontos számértéket a 8. Függelékben részletezem.

$$P = \prod_{k=1}^{K} p_k \tag{9.9}$$

C. részfolyamat: ráfordítási érték meghatározása /6/: minden hálózati elemhez (csúcshoz, élhez) módonként egy-egy ráfordítási érték számolása a sebességbefolyásoló össz-tényezők, a preferencia össz-tényezők, a hálózati modell egyes adatainak és az átlagsebesség érték felhasználásával (9.4. ábra /6/-os folyamatának bemenő nyilai).

- *i*. csúcs ráfordítási értékének számítása (9.10):

$$r_i = t_i \cdot P_i \tag{9.10}$$

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

- *j.* él ráfordítási értékének számítása (9.11):

$$r_j = t_j \cdot P_j = \left(\frac{d_j}{v \cdot Q_j} + u_j \right) \cdot P_j \tag{9.11}$$

ahol t_j az él leküzdéséhez ténylegesen szükséges időérték [s]; P_j él össz-preferencia tényező, d_j él hossza [m], v átlagos haladási sebesség, u_j átlagos veszteség idő (pl.: úttest keresztezése esetén az átlagos várakozás ideje, közforgalmú közlekedési eszközre történő várakozási idő) [s]

Az élenként és csúcsonként meghatározott ráfordítási értékek egy adatbázisba kerülnek (*Kiértékelt hálózat* /7/). A hálózati elemekből multimodális útvonalak állíthatók össze. Ha ismert egy útvonal él- és csúcshalmaza /8/, akkor az útvonalra jellemző teljes ráfordítási értékek meghatározhatók /9, 10/. A teljes ráfordítási érték alapján útvonalak hasonlíthatók össze, rangsorolhatók, így a felhasználó számára legkedvezőbb útvonal kiválasztható.

A módszerrel meglévő útvonalak értékelhetők, ezért szükség van olyan, ún. idegen útvonaltervező alkalmazásra, amely az útvonalakat a lehető legrészletesebben megtervezi; a gyaloglási és az utazási fázisok kombinációs lehetőségeit (pl. az utcák egyik és másik oldali járdái) is figyelembe véve. Az értékelő módszer működését nem befolyásolja, ha az idegen útvonaltervező valós idejű adatokat szolgáltat.

Az útvonalértékelő módszer helyességének és a kapott eredmények jóságának bizonyítása érdekében valós útvonalakat értékeltem és ezen eredményeket referenciamérésekkel, valamint létező útvonaltervező alkalmazás eredményeivel hasonlítottam össze. Az elemek fizikai tulajdonságait területbejárásokkal és mérésekkel határoztam meg. Kerékpáros, valamint gyalogos és közforgalmú mobilitási szolgáltatást használó multimodális útvonalakat vizsgáltam. Az összehasonlítás eredményét részleteiben a 9. Függelékben mutatom be. Mivel a meglévő útvonaltervezők csak a tényleges időértékekkel számolnak, az összehasonlítás során az érzékelt időszükségletet nem vettem figyelembe. Az összehasonlítás során a kidolgozott módszernek csak néhány tulajdonsága volt kihasználható, mert a jelenlegi útvonaltervezőknek, így a BKK útvonaltervezőjének is, a személyre szabható beállításai jelenleg még nem elég széles körűek. Mindemellett a módszerrel a teljes helyváltoztatás akadálymentességi jellemzői (csak süllyesztett padka használata, lépcső nélküli helyváltoztatás) vagy egyéb, az utazás kényelmét befolyásoló tényezők is személyre szabhatók. Az összehasonlítással így elsődlegesen a módszer sebességcsökkentő tényezőinek és a pontosabb hálózatleképezésnek a hatása volt vizsgálható. Az alkalmazással igazoltam a módszer helyességét; használatával a kívánt eredmény érhető el, alkalmas útvonalak időértékeinek számítására. Az összehasonlítás eredményei a módszer jóságát igazolták; a módszer meglévő útvonaltervezők alkalmazásokhoz és a valóságnak (referencia mérés) hasonló értéket ad eredményül.

A módszerrel számított eredmények fentről közelítik a referencia mérések eredményét. A kisebb eltérés a mérés során tapasztalt aktuális forgalmi viszonyokkal (pl. zöldhullám), valamint a kidolgozott eljárás sebességbefolyásoló tényezőinek több esetben nem eléggé pontos értékével magyarázható. A sebességbefolyásoló tényezők értékének finomításával az eredmények pontosíthatók, mindazonáltal a kidolgozott eljárás elvi helyessége így is bizonyításra került.

Az útvonaltervező alkalmazás (BKK Futár) általi javaslatok kevésbé pontosak, ami kerékpározás esetében a kerékpáros infrastruktúra elnagyolt leképezésével, a dinamikusan változó hálózati jellemzők (pl.: forgalomnagyság) kezelésének hiányával és az eltérő (nem ismert) sebességértékkel történő számolással magyarázható. A BKK Futár kevésbé pontos jellegét tükrözi, hogy az útvonaltervezés utazási idő eredményei még a referenciamérés eredményeként kapott utazási idő értékeknél is kisebbek kerékpáros útvonaltervezés esetében. Közforgalmú közlekedés (rá- és elgyaloglással együtt) esetében is pontosabb az eljárás eredménye az útvonaltervező alkalmazás által javasolthoz képeset, ami főként a gyalogos hálózat (külterületi és a forgalmi létesítményeken belüli) részletesebb, pontosabb, és így a valóságnak megfelelőbb felvételének következménye.

A kidolgozott útvonalértékelő eljárás az útvonalak valósághű tulajdonságainak és a felhasználói preferenciáknak a figyelembevételével megbízható értékelést végez, amely közvetlenül hozzájárul a közlekedők döntéseinek támogatásához. Mindezek alapján megállapítottam, hogy **a részletes hálózatot leképző útvonalértékelési eljárással az utazók tényleges időszükséglete csökkenthető, elégedettségük fokozható.** A pontos eredményeket nyújtó útvonalértékelő módszer az üzemeltetés során is hasznosítható. Egy jelentős alkalmazási terület az autonóm járműves szolgáltatások dinamikus igénykezelési funkciója, amely pontos útvonaltervezést igényel.

A fejezetben az útvonaltervezést támogató módszereknek a fejlesztésével foglalkoztam. Kidolgoztam egy multimodális útvonalakat értékelő módszert, amely az útvonal és mobilitási szolgáltatás fizikai jellemzői és a felhasználói preferenciák alapján a valóságnak megfelelő útvonalértékelést ad. Ehhez meglévő útvonaltervező alkalmazások személyre szabható beállításait értékeltem.

Ismertettem az útvonaltervezés preferenciáit felmérő és elemző módszert. Az eredményeket az útvonalértékelő módszer személyre szabható beállításainak meghatározásához használtam fel.

Kidolgoztam egy multimodális, gráf-alapú hálózati modellt, ami a különböző közlekedési módok tulajdonságait széleskörűen figyelembe veszi. A hálózati modell az útvonalértékelő módszer alapja.

Végül ismertettem az útvonalértékelő módszert, ami a hálózati elemeket azok fizikai paraméterei. sebességbefolyásoló hatásai, és az utazói preferenciák alapján értékeli. Eredménye a hálózati elemek leküzdésének érzékelt ideje. A módszer útvonaltervező alkalmazások fejlesztéséhez használható.

A következő főbb megállapításokat tettem:

- a jelenlegi útvonaltervező alkalmazások többségénél alig vannak személyre szabható beállítások.
- útvonalak értékelésénél elegendő az utazó személyes jellemzőit ismerni, ami alapján kikövetkeztethetők a preferenciái; személyre szabott útvonalértékelések biztosíthatók kevés személyes beállítás elvégzése ellenére,
- a személyközlekedési hálózatot részletesen leképző útvonalértékeléssel az utazók tényleges utazási és információkezelési időszükséglete csökkenthető, elégedettségük fokozható.

A fejezetben bemutatott eredmények alapján fogalmaztam meg 5. tézisemet**:**

A gyaloglási fázisokat részletesen leképező, multimodális útvonalértékelő módszert fejlesztettem, ami a hálózati elemeket külön-külön értékeli. Az elemekhez rendelt ráfordítási érték az elem leküzdésének érzékelt idejét adja meg a fizikai jellemzők és az utazók elvárásai alapján. A módszerrel pontosabb eredményeket nyújtó információs szolgáltatások fejleszthetők.

Kapcsolódó saját publikációk: (Földes és Csiszár, 2015a), (Földes és Csiszár, 2015b), (Földes és Csiszár, 2016a), (Földes és Csiszár, 2016d), (Földes és Csiszár, 2018a)

10 Új tudományos eredmények összefoglalása – tézisek

A fejezetben kutatásom új tudományos eredményeit tézisekben foglalom össze. Összefoglalom továbbá a kutatási eredmények elméleti jelentőségét, gyakorlati hasznát és oktatási alkalmazhatóságát, valamint kutatásom tervezett folytatásának irányait.

10.1 Tézisek

1. Tézis

Az értekezés 5. fejezete alapján fogalmaztam meg az 1. tézist.

Kidolgoztam az okos közlekedési rendszer szerkezeti és működési modelljét különös tekintettel az utazó információkezelési folyamatára. Megállapítottam, hogy az emberi és a gépi információkezelési műveletek hasonló logikai felépítésűek. A humán információkezelés feltárt jellemzői alapján fejleszthető a gépi rendszer. Ezáltal az információkezelés jelentős mértékben támogatható és kiváltható megfelelően illesztett infokommunikációs technológiával.

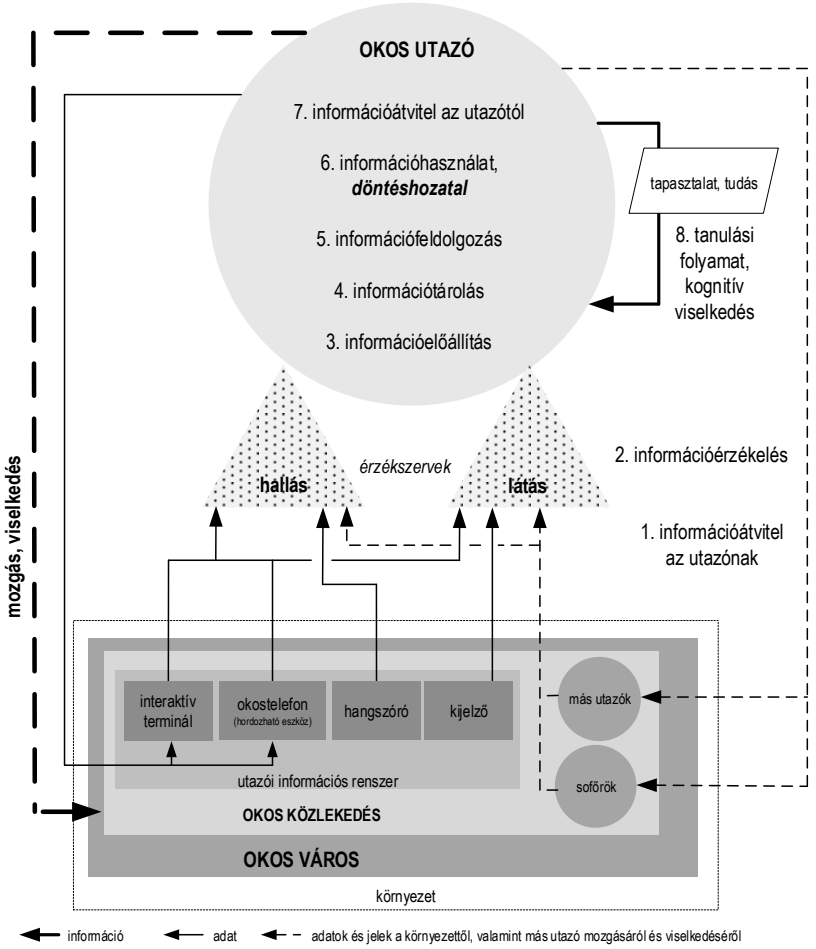
Az okos város röviden úgy definiálható, mint a rendszerek rendszere, amelynek célja az információtechnológia összekapcsolása az infrastruktúrákkal, eszközökkel, személyekkel, szervezetekkel szociális, gazdasági és környezeti problémák megoldása érdekében. Az okos közlekedés az okos város egy meghatározó részrendszere, mivel megvalósítja a fizikai kapcsolatokat a többi részrendszer között. Az okos közlekedés valós idejű adatok alapján működő rendszer, amely ötvözi egymással az emberi tudást, intelligenciát, döntési folyamatokat. Fejlett információs és kommunikációs technológiák kooperatív alkalmazását jelenti az infrastruktúrában, a járművekben és az utazóknál. Az okos közlekedési rendszerek célja az ember (utazó, személyzet) segítése, az emberi műveletek mértékének csökkentése, vagy teljes helyettesítése (pl. autonóm járműves közlekedés).

Modelleztem az okos közlekedési rendszert belső szerkezetének és folyamatainak megismerése érdekében. Feltártam az elérhető célokat, kidolgoztam a rendszer **szerkezeti modell**jét, melyhez azonosítottam az összetevőket (alrendszerek) és a közöttük lévő kapcsolatokat. Kidolgoztam a rendszer **funkcionális modell**jét, azonosítva az információkezelő funkciókat és meghatározva a szükséges adatcsoportokat.

Az okos utazó az okos közlekedés egy alrendszere. Az utazó döntési folyamatának megismerése érdekben modelleztem az okos utazó információkezelését. A döntési folyamat és a szükséges bemeneti adatok megismerésével az utazói igényeket magas színvonalon kielégítő információs szolgáltatások fejleszthetők. Azonosítottam az okos utazó és a funkciók közötti adatáramlást az információkezelési műveletek leírása érdekében. Az utazó az interaktív okoskészülékén elérhető funkciók segítségével kommunikál a többi összetevővel. Az okos utazó fogalom minden olyan szerepkört lefed, amit az utazó a helyváltoztatás során felvehet (pl.: gyalogos, kerékpáros, járművezető, utas). A szerepkörök információkezelése eltérő, különbség a használt információforrásokban, valamint a döntés eredményeként végrehajtott mozgási műveletben, adatbevitelben van. Az okos utazó **információkezelési folyamatá**t a T.1. ábrán mutatom be.

A mobilitási szolgáltatások használata egyre bonyolultabbá válik. Ugyanakkor az utazó információtárolási és feldolgozási képessége korlátos, a hibázási aránya is magasabb. Ebből kifolyólag gépeket használunk az utazók információs támogatásra, döntési folyamatainak segítésére, kognitív kapacitásának kiterjesztésére. Egyre nagyobb arányban jelennek meg a gépi és humán összetevők mellett olyan okos humán komponensek (utazó, személyzet), amelyek döntéseit információs szolgáltatások támogatják.

Tézishez kapcsolódó saját publikációk: (Csiszár és Földes, 2015a), (Csiszár és Földes, 2015b)



T.1. ábra: Okos utazó információkezelési folyamata

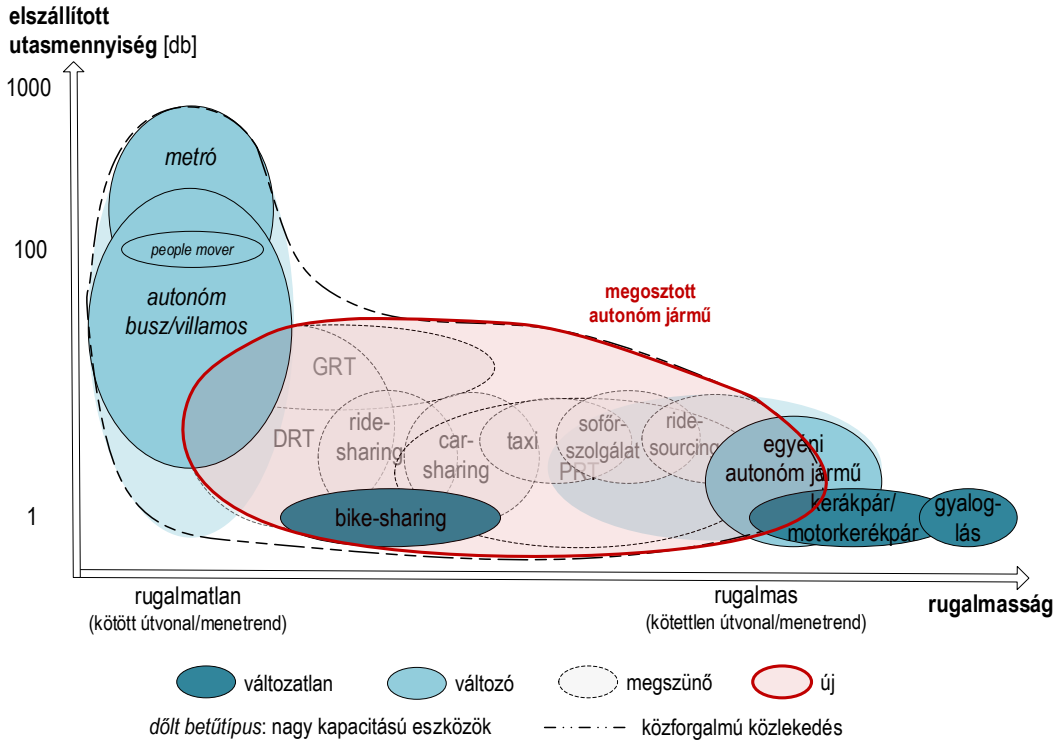
2. Tézis

Az értekezés 6. fejezete alapján fogalmaztam meg a 2. tézist.

Meghatároztam a megosztott autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás típusait és jellemzőit, kidolgoztam a szerkezeti és működési modelleket, valamint azonosítottam a hatásokat. Megállapítottam, hogy az autonómia egy relatív fogalom; az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások tervezése, irányítása és üzemeltetése több, eltérő funkciójú központ koordinált együttműködésével valósítható meg.

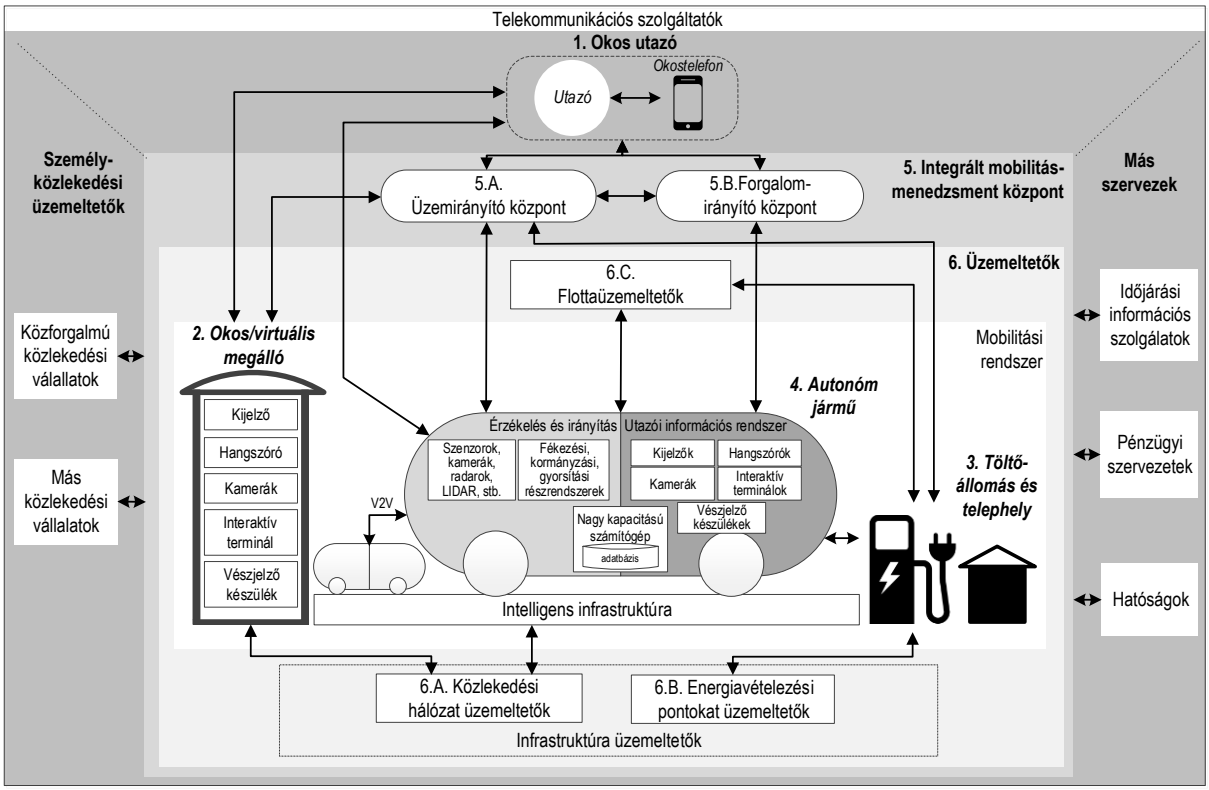
Elemeztem a jelenlegi városi motorizált közlekedési eszközöket a bekövetkező változások feltárása érdekében. Az irodalomkutatás és a helyzetelemzés alapján azonosítottam a mobilitási palettán bekövetkező változásokat (T.2. ábra). Az ábrán az elszállított utasmennyiség és a közlekedési módok rugalmassága alapján szemléltettem a közlekedési eszközöket. A rugalmasság egy összetett jellemző, számos tényező befolyásolja (pl. térbeli és időbeli jellemzők).

Az ún. átmeneti közúti közlekedési módokat és az egyéni járműhasználat egy részét is kiváltja az új, jellemzően igényalapú, telematikai bázisú, mobil alkalmazáson előzetes rendeléssel igénybe vehető, megosztott, kis kapacitású autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás. Azonosítottam a szolgáltatástípusokat, megkülönböztetve nagy mértékben rugalmas háztól-házig szolgáltatást, valamint kevésbé rugalmas, esetenként kötött útvonallal és menetrenddel rendelkező, nagykapacitású eszközre ráhordó szolgáltatást. A közlekedési igények kielégítése a korlátozott közúti kapacitások miatt csak megosztott és ráhordó jellegű szolgáltatásokkal valósítható meg.



T.2. ábra: Városi mobilitási paletta változása

Kidolgoztam az új autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás **szerkezeti modell**jét (T.3. ábra). Azonosítottam a legfontosabb rendszerösszetevőket. Bevezettem az **integrált mobilitás menedzsment központ szervezeti egységet és definiáltam a feladatait** (pl. üzemeltetési adatok kezelése integrált adatbázisban).



T.3. ábra: Autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás szerkezeti modellje

Kidolgoztam az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatás **működési modell**jét. A járművek irányításához és a szervezéséhez nagy mennyiségű valós idejű adat szükséges. **A tervezési funkciók dinamizmusa egyre jobban megközelíti az üzemeltetési funkciók dinamizmusát.** Az információkezelési ciklusidők lényegesen lerövidülnek, közel valós idejűvé válnak.

Feltártam a **hatásterületeket,** megbecsültem a **kvalitatív** változásokat. A hatások a következő területeken jelentkeznek: társadalom (jellemzően az utazónál), mobilitás, forgalom, infrastruktúra és a tágabb értelemben vett környezet. A modal share változás kvantitatív meghatározására egy módszert fejlesztettem ki, amely a felhasználók kinyilvánított preferenciáit használja bemeneti adatként. A módszer alkalmazásával megállapítottam, hogy **az egyéni gépjárműhasználat jelentősen csökkenthető rugalmas, megosztott autonóm járműves szolgáltatással**.

Tézishez kapcsolódó saját publikációk: (Földes és Csiszár, 2016c), (Földes és Csiszár, 2016e), (Csiszár és Földes, 2017), (Szigeti et al., 2017), (Csiszár és Földes, 2018), (Földes és Csiszár, 2018b), (Földes és Csiszár, 2018c), (Csiszár et al., 2019a), (Csonka és Földes, 2019)

3. Tézis

Az értekezés 7. fejezete alapján fogalmaztam meg a 3. tézist.

Kidolgoztam az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás utasközpontú tervezéséhez és üzemeltetéséhez szükséges információs rendszer modelljét. Feltártam az utazók egyéni preferenciáiból meghatározható bemeneti adatcsoportokat és meghatároztam az adatgyűjtési módszert.

A hagyományos szolgáltatástervezési és üzemeltetési módszerek megváltozását előidéző tényezők:

- a komplexitás fokozódása,
- az új és ismeretlen technológia,
- az adatok fokozódó dinamizmusa, valamint
- a növekvő utazói elvárások, változó egyéni preferenciák.

A meglévő feladatok újszerű kezelése, vagy teljesen új feladatok megoldása szükséges az utazónál is (pl. szolgáltatás megrendelése, be- és kiszállás, fizetés). Az autonóm járműves szolgáltatások bevezetésének következtében csökkenthető a személyzet szerepe, a járművezetőre vonatkozó előírások figyelmen kívül hagyhatók. Ugyanakkor ez mind az üzemeltetés (pl. töltés), mind az utaskezelés során (pl. információközlés) új megoldásokat igényel. A legjelentősebb változásokat igénylő funkciók:

- igények és a kapacitások valós idejű összerendezése,
- járműmozgások tervezése,
- szolgáltatások személyre szabása,
- utastájékoztatás, valamint
- járművek energiatöltése.

Kidolgoztam a mobilitási szolgáltatás **tervezésének információs rendszermodelljét**. Mivel a fejlesztések korai fázisban vannak, ezért a felhasználói elvárások figyelembevétele különösen fontos. A kinyilvánított preferenciák vizsgálatához kérdőíves **adatgyűjtési és elemző módszer**t fejlesztettem. Olyan kérdéseket fogalmaztam meg, amelyekből bemeneti adatokat lehet kinyerni a tervezéshez. Megállapítottam, hogy **az utazók személyes és mobilitási szokásjellemzői befolyásolják az autonóm járműves mobilitási szolgáltatásokkal szembeni elvárásokat**.

A tervezési funkciók elemzésével megállapítottam, hogy **az utazóra közvetlenül hatást gyakorló funkciók csak az alapszolgáltatástól függenek**, további szervezettől származó külső adatforrás nem

szükséges. Megállapítottam továbbá, **hogy a szolgáltatást kiegészítő tevékenységek tervezését az utazói elvárások nem befolyásolják**.

Kidolgoztam a mobilitási szolgáltatás **üzemeltetésének információs rendszermodelljét**. Ehhez definiáltam **integrált adatbázis relációs adatmodell**jét, azonosítva az egyedeket, a főbb attribútumokat és a közöttük lévő kapcsolatokat.

Tézishez kapcsolódó saját publikációk: (Csiszár és Földes, 2017), (Földes és Csiszár, 2018b), (Földes és Csiszár, 2018c), (Földes et al., 2018), (Csiszár et al., 2019a), (Földes és Csiszár, 2019)

4. Tézis

Az értekezés 8. fejezete alapján fogalmaztam meg a 4. tézist.

Meghatároztam a közforgalmú közúti mobilitási szolgáltatások komplex automatizálási szintjeit, amelyek az irányítási funkciók mellett a tervezési és üzemeltetési, valamint az utaskezelési funkciókat is magukban foglalják. Kidolgoztam az utaskezelési funkciók és a szükséges emberi képességek változását értékelő módszert. Megállapítottam, hogy a gépi támogatás és az automatizálás hatására az igényelt humán kognitív kapacitás mértéke csökken, az okos eszköz kezelésével összefüggő képességek jelentősége fokozódik.

Értékelési módszert dolgoztam ki a jelenlegi közforgalmú közúti mobilitási szolgáltatások **komplex automatizálási szint**jeinek meghatározásához. Értékeltem az alfunkciókat, funkciókat és a mobilitási szolgáltatásokat. Funkciónként négy automatizálási szintet határoztam meg. A módszer alkalmazásával egy mobilitási szolgáltatás automatizáltsági (fejlettségi) szintje egyetlen egy számmal írható le (T.1. táblázat).

T.1. táblázat: Komplex automatizálási szintek

Szint	Megnevezés	Leírás	Döntéshozó és végrehajtó elem
1	Nincs automatizálás	Minden funkciót humán szereplők (utas, sofőr, egyéb személyzet) végeznek. Az ember felelős a végrehajtásáért, nincs gépi támogatás.	Ember
2	Gépi támogatás	Az emberi munkavégzés/gondolkodás géppel támogatott, ugyanakkor a szükséges emberi műveletek mértéke a funkciók végrehajtása során jelentős.	Ember gépi támogatással
3	Részleges automatizálás	A funkciók jelentő részét gép végzi. A személyzet többnyire csak felügyeli a folyamatokat.	Inkább a gép emberi felügyelettel
4	Teljes automatizálás	Minden funkciót, teljes egészében gép végez. A személyzet csak felügyeli a folyamatokat.	Gép

Kidolgoztam az **utaskezelési alfunkciók automatizálási fejlesztésének jelentőségét** meghatározó **módszert**. A módszerrel a fejlesztések sorrendje határozható meg.

Az automatizálás az igényelt utazói képességek változását is eredményezi. Az aggregált **képességváltozás mértékének megállapítása** érdekében kidolgoztam egy **értékelő módszert**, amely figyelembe vesz valamennyi alfunkciót a teljes utazásra vonatkozóan. A módszer alkalmazásával megállapítottam, hogy **a gépi támogatás hatására kevesebb gondolkodás szükséges; bizonyos funkcióknál a gép teljesen kiváltja az embert** (pl. útvonaltervezés).

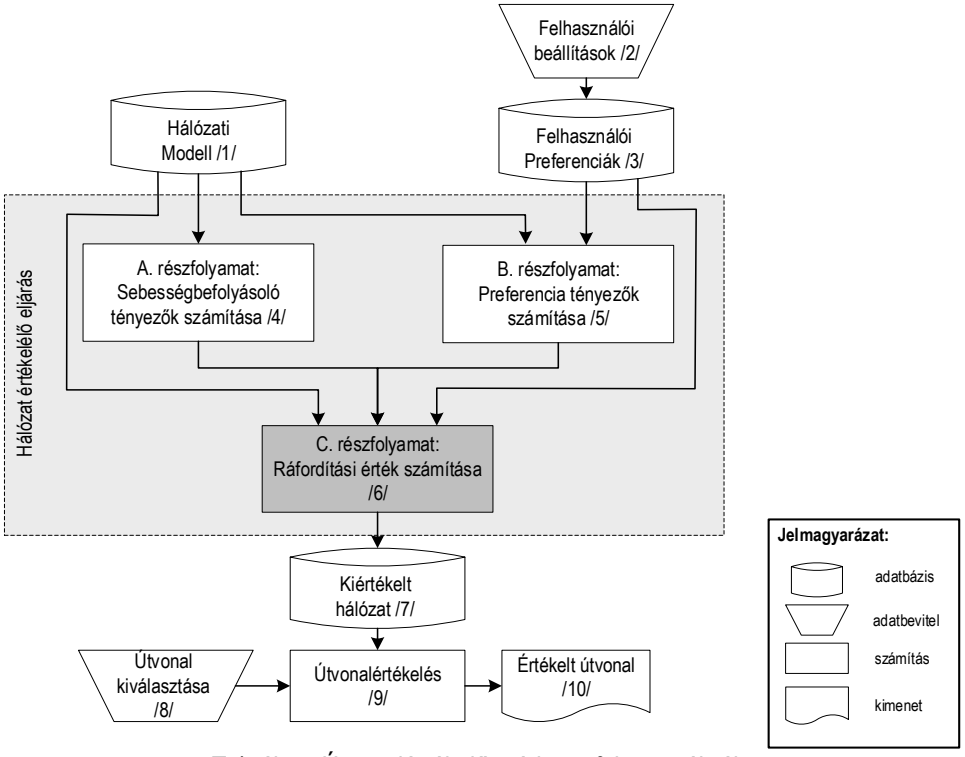
Tézishez kapcsolódó saját publikációk: (Földes és Csiszár, 2016b), (Csiszár és Földes, 2017), (Csiszár et al., 2019a), (Csiszár et al., 2019b), (Csiszár et al., 2019c)

5. Tézis

Az értekezés 9. fejezete alapján fogalmaztam meg az 5. tézist.

A gyaloglási fázisokat részletesen leképező multimodális útvonalértékelő módszert fejlesztettem, ami a hálózati elemeket külön-külön értékeli. Az elemekhez rendelt ráfordítási érték az elem leküzdésének érzékelt idejét adja meg a fizikai jellemzők és az utazók elvárásai alapján. A módszerrel pontosabb eredményeket nyújtó információs szolgáltatások fejleszthetők.

A kifejlesztett **multimodális útvonalértékelő módszer** az útvonalak fizikai paramétereit, a mobilitási szolgáltatások jellemzőit, valamint az utazók személyes jellemzőit veszi figyelembe (T.4. ábra).



T.4. ábra: Útvonalértékelő módszer folyamatábrája

Az útvonalértékelés eredménye a hálózati elemek **ráfordítási értéke**, amely a **hálózati elem „leküzdésének" érzékelt idejé**t fejezi ki. A hálózati elemekből multimodális útvonalak állíthatók össze. Ha ismert egy útvonal él- és csúcshalmaza, akkor az útvonalra jellemző teljes ráfordítási érték meghatározható. A kidolgozott útvonalértékelő módszer előre definiált útvonalakat értékel. Az útvonalak valósághű tulajdonságainak és a felhasználói preferenciáknak a figyelembevételével a valóságnak megfelelőbb értékelést ad, amely közvetlenül hozzájárul a közlekedők döntéseinek támogatásához.

A személyre szabási beállítások feltárásához vizsgáltam a jelenlegi közforgalmú útvonaltervező alkalmazásokat. Ehhez kidolgoztam az **útvonaltervező alkalmazások személyre szabási szintjét meghatározó értékelő módszer**t Megállapítottam, hogy **az alkalmazások többsége alig vesz figyelembe személyre szabható beállításokat**.

Kérdőíves adatgyűjtési és feldolgozási módszert dolgoztam ki **az információs szolgáltatással szembeni elvárások és az útvonalválasztási preferenciák** meghatározásához. Az utazók személyes jellemzői befolyásolják az útvonalválasztási preferenciáikat. A személyes jellemzők valamennyi lehetséges kombinációjával **utazói csoportok** képezhetők, amelyeknek meghatározhatók az információkezelési jellemzői, útvonalválasztási preferenciái. Amennyiben ismertek egy utazó személyes

jellemzői, úgy az utazó besorolható egy csoportba. Útvonalak értékelésénél elegendő az utazó személyes jellemzőit ismerni, ami alapján kikövetkeztethetők a preferenciái. Ezzel személyre szabott útvonalértékelések adhatók minimális személyes beállítás elvégzése mellett. A személyes jellemzőket elég első alkalmazáskor megadni (profilmentés); az útvonalak értékelésé ezzel automatizálható. A módszert kerékpáros közlekedéshez részletesen is alkalmaztam, mivel ezen utazói típus esetében az útvonalak előzetes értékelésének különös jelentősége van.

Az útvonalak fizikai paramétereinek pontos figyelembevétele érdekében kidolgoztam egy **multimodális**, gráf-alapú **hálózati modell**t, ami a különböző közlekedési módok és mobilitási szolgáltatások tulajdonságait széles körben figyelembe veszi. A modellben leképeztem az autonóm járműves mobilitási szolgáltatásokhoz szükséges hálózati elemeket is.

Tézishez kapcsolódó saját publikációk: (Földes és Csiszár, 2015a), (Földes és Csiszár, 2015b), (Földes és Csiszár, 2016a), (Földes és Csiszár, 2016d), (Földes és Csiszár, 2018a)

10.2 Tudományos eredmények hasznosíthatósága

A kutatási eredmények elméleti jelentőségét, gyakorlati hasznosulási lehetőségét és oktatási alkalmazhatóságát a következőkben foglaltam össze.

Elméleti jelentőség

Az automatizálás és az innovatív technológiák közlekedési rendszerre való hatásának kutatásával a Tanszéken hosszú évek óta folyó, a közlekedési rendszerekre és az információs folyamatokra vonatkozó kutatások eredményeit bővítettem. Egyúttal célom volt a hazai és nemzetközi publikációs tevékenység erősítése is a Karon. A tématerület egyre fokozódó komplexitása, valamint a technológia folyamatos változása miatt időtálló modellek kidolgozására törekedtem.

Gyakorlati hasznosulási lehetőségek

Az innovatív közlekedési rendszerekhez és mobilitási szolgáltatásokhoz kidolgozott modellek megalapozzák a rendszerspecifikációk, majd a konkrét rendszertervek elkészítését. Az okos utazók információkezelési modellje felhasználható a döntéstámogató információs szolgáltatások tervezéséhez, valamint az utazói viselkedés megismeréséhez.

A bevezetett autonóm járműves mobilitási szolgáltatástípusok a jövőbeli szolgáltatások tervezéséhez adnak iránymutatást. Az azonosított funkciók és kihívások a szolgáltatások tervezését alapozzák meg. Az utazói elvárások feltárása az utasközpontú és személyre szabott mobilitási szolgáltatás biztosításához használhatók. Az autonóm járműves közlekedési rendszer hatásterületeinek azonosítása a hatások kvantitatív meghatározásánál hasznosíthatók.

A definiált komplex automatizálási szintek a meglévő szolgáltatások értékeléséhez, a fejlesztések megalapozásához és döntéselőkészítéshez használhatók. Az alfunkciók automatizálási fejlesztésének jelentősége alapján a fejlesztések fontossági sorrendje határozható meg. Az utazói képességek változásának megállapítása a szoftveres és hardveres fejlesztések követelményeinek, valamint az utazóknak az automatizálási folyamatokra való felkészítésénél hasznosíthatók.

Az útvonaltervező alkalmazások összehasonlítása alapján a személyre szabottsági szintek határozhatók meg, ami a fejlesztések specifikálását segíti. Az információs szolgáltatásokkal szembeni utazói elvárásokat elemző módszer döntéstámogató alkalmazások fejlesztését alapozza meg. Az útvonalértékelő módszer és a közlekedési hálózatot részletesen leképző hálózati modell útvonaltervező alkalmazások alapjául szolgálhat.

Oktatási alkalmazhatóság

Az innovatív rendszerek, például az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatások sikeressége az utazói elégedettségtől függ. Az utazót meg kell tanítani az új technológiával kapcsolatos alapvető

ismeretekre, a szolgáltatások igénybevételére, a tudatos döntésekre/viselkedésre és a várható következményekre. Ez egyre nagyobb feladatokat ró az oktatási és ismeretterjesztési (társadalmasítási) tevékenységre. Ennek megfelelően, kiemelt célom volt az innovatív rendszerekre vonatkozó eredményeknek az egyetemi oktatásban történő hasznosítása. A kutatási eredmények bekerültek a Tanszéken oktatott tantárgyak korszerűsített, magyar és angol nyelvű anyagaiba (Közlekedési információs rendszerek I-II, Közlekedési informatika, Személyközlekedés). Az eredmények felhasználásra kerültek a Közlekedési információs rendszerek c. egyetemi jegyzet, valamint az Innovative Transportation Systems c. angol nyelvű egyetemi tankönyv megírásakor. Kutatási eredményeimet a „jövő közlekedése" témájú előadások kertében számos alkalommal ismeretterjesztő jelleggel szélesebb közönség előtt is bemutattam. A műszaki tudományokat népszerűsítő és a „Jövő új útjai a pályaválasztás és az autonóm autózás világában" c. EFOP projektek keretében a kutatási eredményeimet felhasználva középiskolások számára e-learning anyagot fejlesztettünk az autonóm járművekről, valamint hátrányos helyzetű gyermekek számára ismeretterjesztő előadásokat és foglalkozásokat tartottunk.

10.3 Kutatás folytatása

Kutatásaimat hasonló elszántsággal és intenzitással tervezem folytatni a jövőben is, építve az eddig elért eredményekre. A szakirodalom folyamatos feldolgozásával és a kutatási rések azonosításával több részterületre vonatkozóan is konkrét terveim vannak. Alapvetően multimodális és integrált személyközlekedési szemléletet kívánok követni. Céljaim között szerepel értékelő módszerek fejlesztése a mobilitási szolgáltatásokra vonatkozóan. Az értékelés kiterjed többek között a szolgáltatási minőségre, a rugalmasságra, az integráltsági és az automatizáltsági jellemzőkre, valamint a személyre szabottsági jellegre. Kutatásomat egyrészt az autonóm közúti járművek köré épített mobilitási szolgáltatások, másrészt az utazói döntéseket támogató információs szolgáltatások fejlesztésére vonatkozóan folytatom. Ezen területeken a főbb céljaim a következők:

Utazói döntéstámogatás:

- konkrét helyszíneket és területi egységeket a mobilitási szolgáltatások hozzáférhetősége szerint értékelő eljárás fejlesztése; azaz valamennyi szolgáltatás hozzáférhetőségének vizsgálata, amihez a mobilitási szolgáltatás egy közvetítő eszköz,
- az információ értékének és az érték időbeli változásának („avulás") vizsgálata.

Autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás:

- autonóm járművek alkalmazási területeinek azonosítása és szolgáltatások tervezése (pl. kistérségek igényvezérelt személyszállítása, városi áruszállítás, kombinált szállítás),
- tervezési módszerek fejlesztése (pl.: szükséges járműtípus és járműszám meghatározása, virtuális/okos megállóhely kijelölő módszere, tarifarendszer és árképzés kidolgozása),
- üzemeltetési módszerek fejlesztése (pl.: utas-jármű összerendelési eljárásai, újraosztási eljárások fejlesztése, big data módszerek fejlesztése az információs rendszerhez, elsősorban közlekedésbiztonságot fokozó menedzsment módszerek fejlesztése),
- utazókezelési módszerek fejlesztése (pl. a jármű-utazó közötti kommunikáció),
- hatások kvantitatív meghatározása (pl.: járműszám változása, utazási távolság változása, területhasználat optimalizálása a különböző közlekedési funkciók differenciált térbeli, időbeli hozzárendelésével),
- utazói elvárások, valamint a hasznosság és az érzékelt minőség további vizsgálata:
    - pszichológiai és szociológiai hatások feltárása,
    - feltárt preferencia alapú vizsgálatok elvégzése,
    - utazás teljes egyéni hasznosságának számítása.

Irodalomjegyzék

Felhasznált irodalom

(Abraham et al., 2017): Abraham, H., Lee, C., Brady, S., Fitzgerald, C., Mehler, B., Reimer, B., Coughlin, J.F. 2017. Autonomous vehicles and alternatives to driving: trust, preferences, and effects of age. *TRB 96th Annual Meeting*, Paper No.: 17-04794

(Adell et al., 2014): Adell, E., Várhelyi, A., Nilsson, L. 2014. The Definition of Acceptance and Acceptability. *Driver Acceptance of New Technology: Theory, Measurement and Optimization*, CRC Press, pp. 11-21. ISBN: 9781409439844

(Alessandrini et al., 2014): Alessandrini, A., Alfonsi, R., Site, P.D., Stam, D. 2014. Users' Preferences towards Automated Road Public Transport: Results from European Surveys. *Transportation Research Procedia,* vol. 3, pp. 139–144. DOI: 10.1016/j.trpro.2014.10.099

(Alessandrini et al., 2015): Alessandrini, A., Campagna, A., Site, P.D., Filippi, F., Persia, L. 2015. Automated Vehicles and the Rethinking of Mobility and Cities. *Transportation Research Procedia*, vol. 5, pp. 145-160. DOI: 10.1016/j.trpro.2015.01.002

(Ampountolas és Kring, 2015): Ampountolas, K., Kring, M. 2015. Mitigating bunching with bus-following models and bus-to-bus cooperation. *IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2015)*, Las Palmas. DOI: 10.1109/ITSC.2015.18

(Anderson et al., 2016): Anderson, J.M., Kalra, N., Stanley, K.D., Soransen, P., Samaras, C., Oluwatola, O.A. 2016. Autonomous Vehicle Tecnology, A Guide for Policymakers. RAND Corporation, Santa Monica, Calif, ISBN: 978-0-8330- 8398-2

(Atasoy et al., 2015): Atasoy, B., Ikeda, T., Song, X., Ben-Akiva, M.E. 2015. The concept and impact analysis of a flexible mobility on demand system. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies,* vol. *56*, pp. 373–392. DOI:10.1016/j.trc.2015.04.009

(Atkins, 2016): Atkins Ltd. 2016. Research on the impacts of connected and autonomous vehicles (CAVs) on traffic flow. [online elérhető: 2018.10.07]

(Avelar et al., 2015): Avelar, E., Marques, L., dos Passos, D., Nogueira, M. 2015. Interoperability Issues on Het Communication for Smart Cities. *Comput Special Issue on Networking and* Communicat, vol. 58, pp. 4–15. 2015. DOI:10.1016/j.comcom.20

(Bak és Borkowski, 2015): Bąk, M., Borkowski, P. 2015. Applicability of ICT Solutions in Passenger Transport - Case Studies from Different European Backgrounds, *Transport,* vol. 30, no. 3, pp. 372-381. DOI: 10.3846/16484142.2015.1079552

(Bansal et al., 2016): Bansal, P., Kockelman, K.M., Singh, A. 2016. Assessing public opinions of and interest in new vehicle technologies: An Austin perspective. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies,* vol. 67, pp. 1–14. DOI: 10.1016/j.trc.2016.01.019

(Bansal és Kockelman, 2017): Bansal, P, Kockelman, KM. 2017. Forecasting Americans' long-term adoption of connected and autonomous vehicle technologies. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. vol. 95, pp. 49-63. DOI: 10.1016/j.tra.2016.10.013

(Baranyi és Csapó, 2012): Baranyi, P., Csapó, Á. 2012. Definition and Synergies of Cognitive Infocommunications. *Acta Polytechnica Hungarica*, vol. 9, no. 1, pp. 67-83. ISSN 1785-8860

(Barsi és Lados, 2011): Barsi, B., Lados, M. 2011. ,,Smart cities" tanulmány. (jelentés) ISBN: 978-963-08-1739-4

(Beiker, 2016): Beiker, S. 2016. Implementation of an Automated Mobility-on-Demand System. *Autonomous Driving* (szerk.: Maurer M., Gerdes J., Lenz B., Winner H.) Springer International Publishing, Berlin, pp. 277-300.

(Bekhor et al., 2013): Bekhor, S.; Cohen, Y.; Solomon, C. 2013. Evaluating long-distance travel patterns in Israel by tracking cellular phone positions. *Journal of Advanced Transportation*, vol. 47, pp. 435–446. doi:10.1002/atr.170

(Bernardi és Rupi, 2015): Bernardi, S., Rupi, F. 2015. An Analysis of Bicycle Travel Speed and Disturbances on Off-Street and On-Street Facilities. *Transportation Research Procedia*, vol. 5, pp. 82–94. DOI: 10.1016/j.trpro.2015.01.004.

(Bischoff és Maciejewski, 2016): Bischoff J., Maciejewski M. 2016. Simulation of city-wide replacement of private cars with autonomous taxis in Berlin, Procedia Computer Science, 83: 237-244. DOI: 10.1016/j.procs.2016.04.121

(Braun et al., 2016): Braun, L.M., Rodriguez, D.A., Cole-Hunter, T., Abros, A., Donaire-Gonzalez, D., Jerett, M., Mendez, M.A., Nierwenhuijsen, M.J. and de Nazelle, A. 2016. Short-term planning and policy interventions to promote cycling in urban centers: findings from a commute mode choice analysis in Barcelona, Spain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. vol. 89, pp.164–183. DOI: 10.1016/j.tra.2016.05.007.

(Büscher et al., 2009): Büscher, M., Coulton, P., Efstratiou, C., Gellersen, H., Hemment, D., Mehmood, R., Sangiorgi, D. 2009. Intelligent mobility systems: some socio-technical challenges and opportunities. *International Conference on Communications Infrastructure. Systems and Applications in Europe*, pp. 140-152. DOI: 10.1007/978-3-642-11284-3_15

(Cass et al., 2018): Cass, N., Schwanen, T., Shove, E. 2018. Infrastructures, intersections and societal transformations. *Technological Forecasting and Social Change* (megjelenés alat) DOI: 10.1016/j.techfore.2018.07.039

(Ceder et al., 2013): Ceder, A., Chowdhury, S., Taghipouran, N., Olsen, J. 2013. Modelling Public-transport Users' Behaviour at Connection Point. *Transport Policy.*, vol. 27, pp. 112–122. DOI: 10.1016/j.tranpol.2013.01.002

(Chen et al., 2016): Chen, T.D.; Kockelman, K.M.; Hanna, J.P. 2016. Operations of a shared, autonomous, electric vehicle fleet: Implications of vehicle & charging infrastructure decisions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 94, pp. 243-254. DOI: 10.1016/j.tra.2016.08.020

(Christie et al., 2016): Christie, C., Koymans, A., Chanard, T., Lasgouttes, J-M., Kaufmann, V. 2016. Pioneering Driverless Electric Vehicles in Europe: The City Automated Transport System (CATS), *Transportation Research Procedia*, vol. 13, pp. 30–39. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.004

(Chorus és Timmermans, 2011): Chorus, C.G., Timmermans, H.J.P. 2011. Personal intelligent travel assistants. *A handbook of transport economics* (szerk.: De Palma, A., Lindsey, R., Quinet, E., Vickerman, R.), Williston: Edward Igar Publishing, pp. 604-623.

(Chorus et al., 2013): Chorus, C.G.; Walker, J.L.; Ben-Akiva, M. 2013. A joint model of travel information acquisition and response to received messages, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 26, pp. 61–77. DOI: 10.1016/j.trc.2012.07.002

(Cordeau et al., 2007): Cordeau, J-F., Laporte, G., Potvin, J-Y., Savelsbergh, M.W.P. 2007. Transportation on Demand. *Transportation*, vol. 14, pp. 429-466. DOI: 10.1016/S0927-0507(06)14007-4

(Cyganski et al., 2015): Cyganski, R., Fraedrich, E., Lenz, B. 2015. Travel-time valuation for automated driving: a use-case driven study. *TRB 94th Annual Meeting*, Paper No.: 15-4259

(Davidson és Spinoulas, 2015): Davidson, P., Spinoulas, A. 2015. Autonomous Vehicles: What Could This Mean for the Future of Transport? *Australian Institute of Traffic Planning and Management (AITPM) National Conference*, Brisbane, Australia

(Davison et al., 2013): Davison, L., Enoch, M., Ryley, T., Quddus, C., Wang, A. 2013. A survey of Demand Responsive Transport in Great Britain. *Transport Policy,* vol. 31, pp. 47–54. DOI: 10.1016/j.tranpol.2013.11.004

(Denke, 2011): Denke, Zs. 2011. Implementing of Integrated Public Transport Services – Examples of Budapest Transport Association. *Acta Technica Jaurinensis*, vol. 4. no. 2, pp. 273-280.

(Derenda et al., 2018): Derenda, T., Zanne, M., Zöldy, M., Török, Á. 2018. Automatization in road transport: a review. *Production Engineering Archives*, vol. 20, pp. 3-7. DOI: 10.30657/pea.2018.20.01

(Dimitriou et al., 2016): Dimitriou, L., Kourti, E., Christodoulou, C., Gkania, V. 2016. Dynamic Estimation of Optimal Dispatching Locations for Taxi Services in Mega-Cities based on Detailed GPS Information, *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, no. 3, pp. 197–202. DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.07.033

(Duleba et al., 2012): Duleba, S., Mishina, T., Shimazaki, Y. 2012. A dynamic analysis on public bus transport's supply quality by using AHP. *Transport,* vol. 27, pp. 268–275. DOI:10.3846/16484142.2012.719838

(Dziekan és Kottenhoff, 2007): Dziekan, K., Kottenhoff, K. 2007. Dynamic at-stop real-time information displays for public transport: effects on customers. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 41, pp. 489–501. DOI: 10.1016/j.tra.2006.11.006

(EC, 2015): European Council (EC). 2015. Smart Cities: A Europe 2020 Initiative. European Commission: Digital Agenda for Europe (jelentés) [online elérhető 2018.10.31] https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/smart-cities/

(Ehrgott et al., 2012): Ehrgott, M., Wang, J.Y.T., Raith, A., Houtte, C. 2012. A bi-objective cyclist route choice model. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 46, no. 4, pp. 652–663. DOI: 10.1016/j.tra.2011.11.015.

(Ettema és Timmermans, 2006): Ettema, D., Timmermans, H. 2006. Costs of travel time uncertainty and benefits of travel time information: Conceptual model and numerical examples. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 14, pp. 335–350. DOI: 10.1016/j.trc.2006.09.001

(Esztergár-Kiss és Csiszár, 2015): Esztergár-Kiss, D., Csiszár, Cs. 2015. Evaluation of Multimodal Journey Planners and Definition of Service Levels. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, vol. 13, no. 3, pp. 154-165. DOI: 10.1007/s13177-014-0093-0

(Fang et al., 2015): Fang, Z., Li, Q., Shaw, S-L. 2015. What about people in pedestrian navigation? *Geo-spatial Information Science*, vol. 18, no. 4, pp. 135-150. DOI: 10.1080/10095020.2015.1126071

(Fagnant és Kockelman, 2014): Fagnant, D.J., Kockelman, K. 2014. The Travel and Environmental Implications of Shared Autonomous vehicles, using agent-based model scenarios. *Transportation Research Part C: Emerging Technology*, vol. 40, pp. 1–13. DOI: 10.1016/j.trc.2013.12.001

(Fagnant és Kockelman, 2015): Fagnant, D.J., Kockelman, K. 2015. Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 77, pp. 167-181. DOI: 10.1016/j.tra.2015.04.003

(Flämig, 2016): Flämig, H. 2016. Autonomous Vehicles and Autonomous Driving in Freight Transport. *Autonomous Driving* (szerk.: Maurer, M., Gerdes, J.C., Lenz, B., Winnerpp, H.), Berlin, Heidelberg: Springer, pp. 365-385. DOI:10.1007/978-3-662-48847-8

(Fleischer, 2019): Fleischer, T. 2019. A mobilitási szolgáltatások fenntarthatósági kérdései: társadalmi hatások, tér- és időgazdálkodás. *Közlekedéstudományi Szemle*, vol. 69, no. 1, pp. 49-57. DOI: 10.24228/KTSZ.2019.1.6

(Frank et al., 2004): Frank, L.D., Andresen, M.A., Schmid, T.L. 2004. Obesity relationships with community design, physical activity, and time spent in cars. *American Journal of Preventive Medicine*, vol. 27, no. 2, pp. 87-96. DOI: 10.1016/j.amepre.2004.04.011

(Gaál és Horváth, 2019): Gaál, B., Horváth, B. 2019. Autonomous cars and urban land use – city shaping force? *Conference on Transport Sciences*, 21-22 March, Győr, Hungary

(Gál és Sipos, 2018): Gál, L., Sipos, T. 2018. Autonóm gépjárművek elterjedésének hatása a fajlagos nemzetgazdasági veszteségértékekre vonatkozóan. *Közlekedéstudományi Szemle*, vol. 68, no. 4, pp. 74-82. DOI: 10.24228/KTSZ.2018.4.6

(Gasser et al., 2012): Gasser, T.M., Arzt, C., Ayoubi, M., Bartels, A., Bürkle, L., Eier, J., Flemisch, F., Hacker, D., Hesse, T., Huber, W., Lotz, C., Maurer, M., Ruth-Schumancher, S., Schwarz, J., Vogt,

W. 2012. Legal consequences of an increase in vehicle automation. (jelentés) Bergisch Gladbach, Bundesanstalt für Straßenwesen [online elérhető] http://bast.opus.hbz-nrw.de]

(Gerike és Koszowski, 2017): Gerike, R., Koszowski, C. 2017. Sustainable Urban Transportation. Encyclopedia of Sustainable Technologies, Sustainable Built Environment & Sustainable Manufacturing, Elsevier, pp. 403-413. DOI: 10.1016/B978-0-12-409548-9.10176-9

(Gerla et al., 2014): Gerla, M., Lee, E-K., Pau, G., Lee, U. 2014. Internet of vehicles: From intelligent grid to autonomous cars and vehicular clouds. *IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, Seoul, South-Korea, DOI: 10.1109/WF-IoT.2014.6803166

(Gonder et al., 2012): Gonder, J., Earleywine, M., Sparks, W. 2012. Analyzing Vehicle Fuel Saving Opportunities through Intelligent Driver Feedback. *SAE Int. J. Passeng. Cars - Electron. Electr. Syst.*, vol. 5, no. 2, pp. 450-461. DOI: 10.4271/2012-01-0494

(Grossardt és Bailey, 2018): Grossardt, T., Bailey, K. 2018. Public Participation in Transportation Planning and Design: Theory, Process, and Practice. *Transportation Planning and Public Participation*, Elsevier, Amsterdam, pp. 1-26. DOI: 10.1016/B978-0-12-812956-2.00001-3

(Gruel és Stanford, 2016): Gruel, W, Stanford, J.M. 2016. Assessing the long-term effects of autonomous vehicles: a speculative approach. *Transportation Research Procedia*, vol. 13, pp. 18-29. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.003

(Guo et al., 2017): Guo, S., Y. Liu, K. Xu., D.M. Chiu, 2017. Understanding Passenger Reaction to Dynamic Prices in Ride-on-demand Service. *Pervasive Computing and Communications Workshops*, Kona, USA. DOI: 10.1109/PERCOMW.2017.7917517

(Haladyna, 2011): Haladyna, T.M. 2011. Guidelines for Developing MC Items. *Developing and Validating Multiple-Choice Test Items*. Routledge Taylor & Francis Group, pp. 97-127.

(Horváth et al., 2006): Horváth, B., Prileszky, I., Tóth, J. 2006. Rugalmas közlekedés I. – Általános jellemzők. Városi közlekedés, vol. 46, no. 4, pp. 215-220.

(Horváth, 2016): Horváth B. 2016. Uncertainty of the od matrix's estimation in urban public transport, *Transportation Research Procedia*, vol. 14, pp. 1716-1722. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.137

(Hosseininasab, 2015): Hosseininasab, A. 2015. Regularisation and reliability assessment of data in survey analysis. *International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies*, vol. 7, no. 3, pp. 284-300. DOI: 10.1504/IJDATS.2015.071368

(Hussain et al., 2018): Hussain, B., Zegreh, M.M., Török, Á. 2018. Designing the appropriate data collection method for public transport passenger satisfaction analysis., International Journal for Traffic and Transport Engineering (IJTTE), vol. 8, no. 2, pp. 177-183. DOI: 10.7708/ijtte.2018.8(2).03

(Ibarra-Rojas et al., 2015): Ibarra-Rojas, O.J., Delgado, F., Giesen, R., Muñoz, J.C. 2015. Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review. *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 77, pp. 38-75. DOI: 10.1016/j.trb.2015.03.002

(IEC, 2014): International Electrotechnical Commission (IEC). 2014. IEC 62290-1:2014 standard. Railway applications - Urban guided transport management and command/control systems - Part 1: System principles and fundamental concepts, (jelentés) [online elérhető 2018.10.07]

(IEEE, 2013): IEEE. 2013. About Smart Cities. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.(jelentés) [online elérhető 2018.10.31] http://smartcities.ieee.org/about.html

(IHT, 2010): Institution of Highways & Transportation (IHT). 2010. Guidelines for providing for journeys on foot. UK (jelentés) [online elérhető 2018.10.31] http://www.hwa.uk.com/

(INRIX, 2017): INRIX. 2017. Identifies Top U.S. Cities for Shared Highly Autonomous Vehicle Deployment, US, (jelentés) [online elérhető 2018.10.07] http://inrix.com/

(ITF, 2015): International Transport Forum (ITF). 2015. Urban Mobility System Upgrade: How shared self-driving cars could change city traffic. (jelentés) [online elérhető 2018.10.07]

(ITF, 2017): International Transport Forum (ITF). 2017. Shared Mobility Simulations for Helsinki," International Transport Forum, Paris, France, (jelentés) [online elérhető 2018.10.07]

(Jacob et al., 2011): Jacob, R., Shalaik, B., Winstanley, A.C., Mooney, P. 2011. Haptic Feedback for Passengers Using Public Transport. *Digital Information and Communication Technology and its Applications* (szerk.: Cherifi, H., Zain, J.M., El-Qawasmeh, E.), Springer, Berlin, DOI: 10.1007/978-3-642-21984-9_3

(Jou et al., 2005): Jou, R.-C., Lam, S.-H., Liu, Y.-H., Chen, K.-H. 2005. Route switching behavior on freeways with the provision of different types of real-time traffic information. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 39, pp. 445–461. DOI: 10.1016/j.tra.2005.02.004

(Juhász, 2013): Juhász, M. 2013. Travel Demand Management – Possibilities of influencing travel behaviour. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, vol. 41, pp. 45–50. DOI: 10.3311/PPtr.7096

(Katona et al., 2017): Katona, G., Juhász, J., Lénárt, B. 2017. Travel habit based multimodal route planning. Transportation Research Procedia, vol. 27, pp. 301-308. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.12.121

(Katona és Juhász, 2018): Katona, G., Juhász, J. 2018. Autonomous cars in a multimodal transport plan. *35th International Colloquium: Monograph Advanced Manufacturing And Repair Technologies In Vehicle Industry*, 23-25 May, Zielona Góra, Poland

(Kashani et al., 2016): Kashani Z.N., Ronald N., Winter S. 2016. Comparing demand responsive and conventional public transport in a low demand context. *IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication Workshops*. DOI: 10.1109/PERCOMW.2016.7457089

(Khoo és Asitha, 2016): Khoo, H.L., Asitha, K.S. 2016. User requirements and route choice response to smart phone traffic applications (apps). *Travel Behaviour and Society*, vol. 3, pp. 59–70. DOI: 10.1016/j.tbs.2015.08.004

(Kockelman et al., 2016): Kockelman, K.M., Bansal, P., Singh, A. 2016. Assessing Public Acceptance of and Interest in the New Vehicle Technologies: An Austin Perspective. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 67, pp. 1-14, 2016. DOI: 10.1016/j.trc.2016.01.019

(Koopman et al., 2015): Koopman, C., Mitchell, M., Thierer, A. 2015. The Sharing Economy and Consumer Protection Regulation: The Case for Policy Change. Mercatus Center, George Mason University [tanulmány]

(Kramers, 2014): Kramers, A., 2014. Designing Next Generation Multimodal Traveler Information Systems to Support Sustainability-oriented Decisions," Environmental Modelling & Software, *Modelling and evaluating the sustainability of smart solutions*, vol. 56, pp. 83–93. 2014. DOI: 10.1016/j.envsoft.2014.01.017

(Krueger et al., 2016): Krueger, R., Rashidi, T-H., Rose, J.M. 2016. Preferences for shared autonomous vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 69, pp. 343–355. DOI: 10.1016/j.trc.2016.06.015

(Kyriakidis et al., 2015): Kyriakidis M., Happee R., Winter J.C.F. 2015. Public opinion on automated driving: results of an international questionnaire among 5000 respondents. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 32, pp. 127-140. DOI: 10.1016/j.trf.2015.04.014

(Leviäkangas. 2011): Leviäkangas, P. 2011. Building Value in ITS Services by Analysing Information Service Supply Chains and Value Attributes. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research,* vol. 9, pp. 47–54. DOI: 10.1007/s13177-011-0029-x

(Li és Voege, 2017): Li, Y., Voege, T. 2017. Mobility as a Service (MaaS): Challenges of Implementation and Policy Required. *Journal of Transportation Technologies,* vol. 7, no. 2, pp. 95-106. DOI: 10.4236/jtts.2017.72007

(Lom et al., 2016): Lom, M., Pribyl, O., Svitek, M. 2016. Industry 4.0 as a Part of Smart Cities. Smart City Symposium 2016, SCSP2016; May 26-27; Prague, Czech Republic. DOI: 10.1109/SCSP.2016.7501015

(Madigan et al., 2016): Madigan, R., Louw, T., Dziennus, M., Graindorge, T., Ortega, E., Graindorge, M., Merat, N. 2016. Acceptance of Automated Road Transport Systems (ARTS): An Adaptation of the

UTAUT Model. *Transportation Research Procedia,* vol. 14, pp. 2217-2226. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.237

(Malokin et al., 2015): Malokin, A., Circella, G., Mokhtarian, P. 2015. How Do Activities Conducted while Commuting Influence Mode Choice? Testing Public Transportation Advantage and Autonomous Vehicle Scenarios. *TRB 94th Annual Meeting*

(Mandloi és Thill, 2010): Mandloi, D.; Thill, J.-C. 2010. Object-Oriented Data Modeling of an Indoor/Outdoor Urban Transportation Network and Route Planning Analysis. *Geospatial Analysis and Modelling of Urban Structure and Dynamics* (szerk.: Jiang, B., Yao, X.), GeoJournal Library, Springer Netherlands, pp. 197–220. DOI: 10.1007/978-90-481-8572-6_11

(Mátrai et al., 2016): Mátrai, T., Tóth, J., Horváth, M. 2016. Route planning based on urban mobility management. Hungarian Journal of Industry and Chemistry, vol. 44, no. 2, pp. 71-79. DOI: 10.1515/hjic-2016-0008

(Mattoni et al., 2015): Mattoni, B., Gugliermetti, F., Bisegna, F. 2015. A Multilevel Method to Assess and Design the Renovation and Integration of Smart Cities. *Sustainable Cities and Society,* vol. 15, pp. 105–119. DOI: 10.1016/j.scs.2014.12.002

(Mauer és Winner, 2013): Maurer, M., Winner, H. 2013. Automotive systems engineering. Springer. ISBN: 978-3-642-36455-6

(McFarlane, 2003): McFarlane, D., Sarma, S., Chirn, J.L., Wong, C.Y., Ashton, K. 2003. Auto ID systems and intelligent manufacturing control. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 16, no. 4, pp. 365-76. DOI: 10.1016/S0952-1976(03)00077-0

(Merat et al., 2017): Merat, N., Madigan, R., Nordhoff, S. 2017. Human Factors, User Requirements, and User Acceptance of Ride-Sharing in Automated Vehicles. *International Transport Forum*, Paris (vitairat)

(Milakis et al., 2017): Milakis, D., Snelder, M., van Arem, B., van Wee, G.P., Correia, H.A.G. 2017. Development of automated vehicles in the Netherlands: scenarios for 2030 and 2050. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, vol. 17, no. 1, pp. 63-85.

(Monigl és Berki, 2010): Monigl, J., Berki, Zs. 2010. Korszerű közlekedéstervezési módszereka városi térségi lét fenntarthatóságának érdekében. Városi Közlekedés, vol. 50, no. 4, pp. 205-219.

(Mu et al., 2015): Mu, G., Z. Xinyu, L. Deyi, Z. Tianlei, and A. Lifeng, 2015. Traffic light detection and recognition for autonomous vehicles. *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications*, vol. 22, no. 1, pp. 50–56. DOI:10.1016/S1005-8885(15)60624-0

(Mulley et al., 2017): Mulley, C., Clifton, G.T., Balbontin, C., Ma, L. 2017. Information for travelling: Awareness and usage of the various sources of information available to public transport users in NSW. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 101, pp. 111-132. DOI: 10.1016/j.tra.2017.05.007

(Nemoto és Beglar, 2014): Nemoto, T.; Beglar, D. 2014. Developing Likert-Scale Questionnaires. JALT2013 Conference, Tokyo, Japan

(Nicolaides et al., 2017): Nicolaides, D., Cebon, D., Mile, J. 2017. An autonomous taxi service for sustainable urban transportation. Smart City Symposium 2017, SCSP2017, Prague, Czech Republic. DOI: 10.1109/SCSP.2017.7973353

(Nordhott et al., 2016): Nordhoff, S., van Arem, B., Happee, R. 2016. Conceptual Model to Explain, Predict, and Improve User Acceptance of Driverless Podlike Vehicles. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2602, pp. 60-67. DOI: 10.3141/2602-08

(Nordhoff et al., 2017): Nordhoff, S., de Winter, J., Madiga, R., Merat, N., van Arem, B., Happee, R. 2017. User acceptance of automated shuttles in Berlin-Schöneberg: A questionnaire study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 58, pp. 843-854. DOI: 10.1016/j.trf.2018.06.024

(Nordhoff et al., 2018): Nordhoff, S., de Winter, J., Payre, W., van Arem, B., Hapee, R. 2018. What Impressions Do Users Have After a Ride in an Automated Shuttle? An Interview Study. (munkaközi dokumentum)

(Noy et al., 2018): Noy, I.Y., Shinar, D., Horrey, W.J. 2018. Automated driving: safety blind spots. *Safety Science*, vol. 102, pp. 68–78. DOI: 10.1016/j.ssci.2017.07.018

(Nykl et al., 2015): Nykl, J., Hrncir, J., Jakob, M. 2015. Achieving Full Plan Multimodality by Integrating Multiple Incomplete Journey Planners. *18th International Conference on Intelligent Transportation Systems*. DOI: 10.1109/ITSC.2015.234.

(Olivková, 2017): Olivková, I. 2017. Comparison and Evaluation of Fare Collection Technologies in the Public Transport. *Procedia Engineering,* vol. 178, pp. 515-525. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.01.099

(Ortúzar és Willumsen, 2011): Ortúzar, J. de D.; Willumsen, L.G. 2011. *Modelling Transport.* 4th edition. New York, USA, A John Wiley and Sons, Ltd. 2011., ISBN: 978-0-470-76039-0

(Owczarzak és Zak, 2015): Owczarzak, L., Zak, J. 2015. Design of passenger public transportation solutions based on autonomous vehicles and their multiple criteria comparison with traditional forms of passenger transportation. *Transportation Research Proedica*, vol. 10, pp. 472-482. DOI: 10.1016/j.trpro.2015.09.001

(Papadakos és Tzitzikas, 2016): Papadakos, P., Tzitzikas, Y. 2016 Comparing the effectiveness of intentional preferences versus preferences over specific choices: a user study. *International Journal of Information and Decision Sciences*, vol. 8, no. 4, pp.378–403. DOI: 10.1504/IJIDS.2016.10001391

(Parkin és Rotheram, 2010): Parkin, J., Rotheram, J. 2010. Design Speeds and Acceleration Characteristics of Bicycle Traffic for Use in Planning, Design and Appraisal. *Transport Policy*, vol. 17, no. 5, pp. 335–341. DOI: 10.1016/j.tranpol.2010.03.001

(Parvaneh et al., 2014): Parvaneh, Z., Arentze, T., Timmermans, H. 2014. A Stated Adaptation Approach to Assess Changes in Individuals' Activity-travel Behavior in Presence of Personalized Travel Information. *Transportation Research Procedia*, vol. 3, pp. 21–30. DOI: 10.1016/j.trpro.2014.10.087

(Payre et al., 2014): Payre, W., Cestac, J., Delhomme, P. 2014. Intention to use a fully automated car: Attitudes and a prioriacceptability. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 27, pp. 252–263. DOI: 10.1016/j.trf.2014.04.009

(Pereira et al., 2017): Pereira, A.M., Anany, H., Pribyl, O., Prikryl, J. 2017. Automated Vehicles in Smart Urban Environment: A Review. Smart City Symposium 2017, SCSP 2017, May 25-26; Prague, Czech Republic. DOI: 10.1109/SCSP.2017.7973864

(Piao et al., 2016): Piao, J., McDonald, M., Hounsell, N., Graindorge, M., Graindorge, T., Malhene, N. 2016. Public Views towards Implementation of Automated Vehicles in Urban Areas. *Transportation Research Procedia*, vol. 14, pp. 2168–2177. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.232

(Piro et al., 2014): Piro, G., Cianci, I., Grieco, L.A., Boggia, G., Camarda, P. 2014. Information Centric Services in Smart Cities. *Journal of Systems and Software*, vol. 88, pp. 169–188. DOI: 10.1016/j.jss.2013.10.029

(Pribyl, 2015): Pribyl, O. 2015. Transportation, intelligent or smart? On the usage of entropy as an objective function. *Smart Cities Symposium Prague 2015, SCSP 2015*, Prague, Czech Republic. DOI: 10.1109/SCSP.2015.7181564

(Pribyl és Horak, 2015): Pribyl, O., Horak, T. 2015. Individual Perception of Smart City Stategies. *Smart Cities Symposium Prague 2015, SCSP 2015*, Prague, Czech Republic. DOI: 10.1109/SCSP.2015.7181550.

(Rayle et al., 2016): Rayle, D., Dai, N., Chan, R., Cervero, R., Shaheen, S. 2016. Just a better taxi? A survey-based comparison of taxis, transit, and ridesourcing services in San Francisco. *Transport Policy,* vol 45, pp. 168-178. DOI: 10.1016/j.tranpol.2015.10.004

(Rios-Torres és Malikopoulos, 2016): Rios-Torres, J., Malikopoulos, A.A. 2016. Energy Impact of Different Penetrations of Connected and Automated Vehicles: A Preliminary Assessment, *9th ACM*

SIGSPATIAL International Workshop on Computational Transportation Science, pp. 1-6. DOI: 10.1145/3003965.3003969

(Rogers, 2003): Rogers, E.M. 2003. *Diffusion of Innovations*. 5th edition. New York, Free Press. ISBN: 978-0743222099

(Ryley et al., 2014): Ryley, T.J., Stanley, P.A., Enoch, M.P., Zanni, A.M., Quddus, M.A. 2014. Investigating the contribution of Demand Responsive Transport to asustainable local public transport system. *Research in Transportation Economics*, vol. 48, pp. 364–372. DOI: 10.1016/j.retrec.2014.09.064

(SAE, 2018): Society of Automotive Engineers (SAE). 2018. Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems. J3016_201806 (jelentés) [online elérhető: 2018.10.07]

(Santi et al., 2014): Santi, P., Resta, G., Szell, M., Sobolevsky, S., Strogatz, S.H., Ratti, C. 2014. Quantifying the benefits of vehicle pooling with shareability networks. *PNAS*, vol. 111, no. 37, pp. 13290–13294. DOI: 10.1073/pnas.1403657111

(Schoettle és Sivak, 2015): Schoettle B, Sivak M. 2015. A preliminary analysis of real-world crashes involving self-driving vehicles. TransportationResearch Institute, University of Michigan. UMTRI-2015-34. (jelentés)

(Schofer et al., 2003): Schofer, J., Nelson, B., Eash, R., Daskin, M., Yang, Y., Wan, H., Yan, J., Medgyesy, L. 2003. Resource Requirements for Demand-Responsive Transportation Services. *Transportation Research Board (TCRP) Report 98*

(Šimunović et al., 2009): Šimunović, L.; Bošnjak, I.; Mandžuka, S. 2009. Intelligent Transport Systems and Pedestrian Traffic, *PROMET - Traffic&Transportation*, vol. 21, no. 2, pp. 141-152. DOI: 10.7307/ptt.v21i2.220

(Sivilevičius és Maskeliūnaitė, 2010) Sivilevičius, H.; Maskeliūnaitė, L. 2010. The criteria for identifying the quality of passengers' transportation by railway and their ranking using AHP method. *Transport*, vol. 25, no. 4, pp. 368–381. DOI: 10.3846/transport.2010.46

(Spieser et al., 2014): Spieser, K., Ballantyne, K., Treleaven, K., Zhang, R., Frazzoli, E., Morton, D., Pavone, M. 2014. Toward a systematic approach to the design and evaluation of automated mobility-on-demand systems: a case study in Singapore. *Road Vehicle Automation, (Lecture Notes in Mobility)* (szerk: Meyer, G., Beiker, S.), Springer

(Sternberg és Andersson, 2014): Sternberg, H., Andersson, M. 2014. Decentralized intelligencec in freight transport – A critical review. *Computers in Industry*, vol. 65, no. 2, pp. 306-313. DOI: 10.1016/j.compind.2013.11.011

(Stiglic et al., 2015): Stiglic, M., Agatz, N., Savelsbergh, M., Gradisar, M. 2015. The benefits of meeting points in ride-sharing systems. *Transportation Research Part B: Methodological,* vol. 82, pp. 36-53. DOI: 10.1016/j.trb.2015.07.025

(Stinson és Bhat, 2005): Stinson, M., Bhat, C. 2005. A Comparison of the Route Preferences of Experienced and Inexperienced Bicycle Commuters. *TRB Annual Meeting 2005*, pp. 05–1434

(Su et al., 2010): Su, J.G., Winters, M., Nunes, M. and Brauer, M. 2010. Designing a route planner to facilitate and promote cycling in Metro Vancouver, Canada. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 44, no. 7, pp.495–505. DOI: 10.1016/j.tra.2010.03.015

(Szabo et al., 2013): Szabo, R., Farkas, K., Wiandt, B. 2013. Measurements of a real-time transit feed service architecture for mobile participatory sensing, *Wireless Days (WD)*, 2013 IFIP, pp. 1–4. DOI: 10.1109/WD.2013.6686542

(Szalay et al., 2017): Szalay, Z., Nyerges, Á., Hamar, Z., Hesz, M. 2017. Technical Specification Methodology for an Automotive Proving Ground Dedicated to Connected and Automated Vehicles. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, vol. 45, no. 3, pp. 168-174. DOI: 10.3311/PPtr.10708

(Szalay et al., 2018): Szalay, Z., Tettamanti, T., Esztergár-Kiss, D., Varga, I., Bartolini, C. 2018. Development of a Test Track for Driverless Cars: Vehicle Design, Track Configuration, and Liability

Considerations. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, vol. 46, no. 1, pp. 29-35. DOI: 10.3311/PPtr.10753

(Tánczos, 2018): Tánczos, L. 2012. Szolgáltatásalapú mobilitás mint a jövő városainak közlekedése. *Magyar Tudomány*, vol. 179, no. 9, pp. 1315-1326. DOI: 10.1556/2065.179.2018.9.5

(Tánczos és Török, 2012): Tánczos, K., Török, Á. 2012. Strategy Planning of Sustainable Urban Development. *Advances in Spatial Planning* (szerk.: Burian, J.), InTech, Zagreb, pp. 47-60. DOI: 10.5772/33597

(Tettamanti et al., 2016): Tettamanti, T., Varga, I., Szalay, Z. 2016. Impacts of Autonomous Cars from a Traffic Engineering Perspective. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, vol. 44, no. 4, pp. 244–250. DOI: 10.3311/PPtr.9464

(Thill et al., 2011): Thill, J.-C., Dao, T.H.D., Zhou, Y. 2011. Traveling in the three-dimensional city: applications in route planning, accessibility assessment, location analysis and beyond. *Journal of Transport Geography*, vol. 19, pp. 405–421. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2010.11.007

(Tilahun et a., 2007): Tilahun, N.Y., Levinson, D.M. Krizek, K.J. 2007. Trails, lanes, or traffic: valuing bicycle facilities with an adaptive stated preference survey. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 41, pp.287–301. DOI: 10.1016/j.tra.2006.09.007

(Török, 2017): Török, Á. 2017. Utility based decision making in autonomous vehicles. *6th International Conference Towards a Human City: Smart Mobility - Synergy between Sustainable Mobility and New Technologies*, 26-27 October, Novi Sad, Serbia, pp. 29-32

(Török et al., 2019): Török, Á., Szalay, Z., Uti, G., Verebélyi, B. 2019. Modelling the effect of certain cyber-attack methods on urban autonomous transport systems, case study of Budapest. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, DOI: 10.1007/s12652-019-01264-8

(Trommer et al., 2016): Trommer, S., Kolarova, V., Fraedrich, E., Kröger, L., Phleps, P., Kickhöfer, B., Lenz, B., Kuhnimhhof, T. 2016. Autonomous Driving - The Impact of Vehicle Automation on Mobility Behaviour. Institute for Mobility Research. (jelentés) [online elérhető: 2018.10.07]

(UITP, 2011): Union International des Transport Public (UITP). 2011. International Association of Public Transport. Press Kit Metros automation facts, figures and trends (jelentés) [online elérhető: 2018.10.07]

(Utriainen és Pöllänen, 2018): Utriainen, R., Pöllänen, M. 2018. Review on mobility as a service in scientific publications. *Research in Transportation Business & Management*, megjelenés alatt. DOI: 10.1016/j.rtbm.2018.10.005

(Van der Laan et al., 1997): Van der Laan, J.D.; Heino, A.; De Waard, D. 1997. A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 5, pp. 1–10. DOI: 10.1016/S0968-090X(96)00025-3

(Van Oort és Van Nes, 2006): Van Oort, N., Van Nes, R. 2006. Service regularity analysis for urban transit network design. *10th International Conference on Computer-Aided Scheduling of Public Transport (CASPT 2006)*, 21–23 June, Leeds, UK, pp. 1–26.

(Velázquez és Monzón, 2016): Velázquez, G., Monzón, A. 2016. Public transport users' preferences and willingness to pay for a public transportation mobile app in Madrid. *CIT2016 – XII Congreso de Ingeniería del Transporte València*. DOI: 10.4995/CIT2016.2016.3498

(Vöge és McDonald, 2003): Vöge, P., McDonald, M. 2003. User needs analysis for automated urban transport systems – A qualitative approach. *10th World Congress on Intelligent Transport Systems and Services*, pp. 16–20.

(Waldrop, 2015): Waldrop M.M. 2015. Autonomous vehicles: no drivers required. *Nature*, vol. 518, no. 7537, pp. 20-23. DOI: 10.1038/518020a

(Wang et al., 2006): Wang, F., Yang, M., Yang, R. 2006. Dynamic fleet management for cybercars. *IEEE Intelligent Transportation Systems Conference*. DOI: 10.1109/ITSC.2006.1707393

(Wang et al., 2015): Wang, C., Ouddus, M., Enoch, T., Ryley, T., Davison L. 2015. Exploring the propensity to travel by demand responsive transport in the rural area of Lincolnshire in England. *Studies on Transport Policy,* vol. 3, no. 2, pp. 129-136. DOI:10.1016/j.cstp.2014.12.006

(Watkins et al., 2011): Watkins, K.E., Ferris, B., Borning, A., Rutherford, G.S., Layton, D. 2011. Where Is My Bus? Impact of mobile real-time information on the perceived and actual wait time of transit riders. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 45, 839–848. DOI: 10.1016/j.tra.2011.06.010

(Wilson, 1984): Wilson B. 1984. Systems, concepts, methodologies, and applications. New York: Wiley. ISBN: 978-0471927167

(Winkler, 2010): Winkler, Á. 2010. A New "On-the-spot" Method to Discover Passenger Preferences in Public Transport. *Transport Research Arena (TRA) 2010*, 7-10 June, Brussels, Belgium, 8 p.

(Winkler és Horváth, 2017): Winkler, Á., Horváth, B. 2017. Intelligent decision support technologies in public and individual transport, *Intelligent Decision Technologies*, vol. 11, no. 4, pp. 441-449. DOI: 10.3233/IDT-170307

(Winter et al., 2016): Winter, K., Cats, O., Correia, G., van Arem, B. 2016. Designing an Automated Demand-Responsive Transport System: Fleet Size and Performance Analysis for the Case of a Campus-Train Station Service. *TRB 95th Annual Meeting Compendium of Papers.*

(Xu et al., 2018): Xu, Z., Zhang, K., Min, H., Wang, Z., Zhao, X., Liu, P. 2018. What drives people to accept automated vehicles? Findings from a field experiment. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 95, pp. 320–334. DOI: 10.1016/j.trc.2018.07.024

(Yang et al., 2018): Yang, L., Ma, R., Zhang, H.M., Guan, W., Jiang, S. 2018. Driving behavior recognition using EEG data from a simulated car-following experiment. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 116, pp. 30-40, DOI: 10.1016/j.aap.2017.11.010

(Yue et al., 2014): Yue, Y., Lan, T., Yeh, A.G.O., Li, Q.-Q. 2014. Zooming into Individuals to Understand the Collective: A review of Trajectory-based Travel Behaviour Studies. *Travel Behaviour and Society,* vol. 1, pp. 69–78. DOI: 10.1016/j.tbs.2013.12.002

(Yuen et al., 2013): Yuen, J.K.K., Lee, E.W.M., Lo, S.M., Yuen, R.K.K. 2013. Intelligence-Based Route Selection Model of Passenger Flow in a Transportation Station. *Transportation Research Board 92nd Annual Meeting*

(Zhang et al., 2015a): Zhang, R., Spieser, K., Frazzoli, E., Pavone, M. 2015. Models, algorithms, and evaluation for autonomous mobility-on-demand systems. *2015 American Control Conference (ACC)*, July, Chicago, US. DOI: 10.1109/ACC.2015.7171122

(Zhang et al., 2015b): Zhang, W., Guhathakurta, S., Fang, F., Zhang, G. 2015. Exploring the impact of shared autonomous vehicles on urban parking demand: An agent-based simulation approach. *Sustainable Cities and Society*, vol. 19, pp. 34–45. DOI: 10.1016/j.scs.2015.07.006

(Zhang et al., 2016): Zhang, J., Wang, X., Yu, C., Liu, Z., Wang, H. 2016. Development of a Prediction Method for Driver's Propensity. *Procedia Engineering*, vol. 137, pp. 161–170. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.01.246

Tézisekhez kapcsolódó saját publikációk

Egyetemi tankönyv (angolul):

(Csiszár et al., 2019a): Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D. 2019. Innovative Transportation Systems, Akadémia Kiadó, Budapest, elektronikus könyv, ISBN: 978 963 05 9941 2, DOI: 10.1556/9789630599412

Folyóiratcikkek (angolul):

(Földes és Csiszár, 2015a): Földes, D., Csiszár, Cs. 2015. Route Plan Evaluation Method for Personalized Passenger Information Service. *Transport,* vol. *30, no. 3,* pp. 273-285. DOI: 10.3846/16484142.2015.1086889 - **IF: 0,594**

(Földes és Csiszár, 2015b): Földes, D., Csiszár, Cs. 2015. Smart Traveller of Future: Method for Personalisation of Routes. *Osterreichische Zeitschrift fur Verkehrswissenschaft,* vol. *62, no. 4,* pp. 11-18.

(Szigeti et al., 2017): Szigeti, Sz., Csiszár, Cs., Földes, D. 2017. Information Management of Demand-Responsive Mobility Service Based on Autonomous Vehicles. *Procedia Engineering,* vol. 187, pp. 483-491. DOI 10.1016/j.proeng.2017.04.404

(Földes és Csiszár, 2018a): Földes, D., Csiszár, Cs. 2018. Personalised Information Services for Bikers. *International Journal of Applied Management Science,* vol. 10, no. 1, pp. 3-25. DOI: 10.1504/IJAMS.2018.10010961

(Csiszár és Földes, 2018): Csiszár, Cs., Földes, D. 2018. System Model for Autonomous Road Freight Transportation. *Promet - Traffic&Transport,* vol. 30, no. 1, pp. 91-103. DOI: 10.7307/ptt.v30i1.2566 - **IF: 0,457**

(Csiszár et al., 2019b) Csiszár, Cs., Földes, D., Tettamanti, T. 2019. Automation Levels of Mobility Services. *Journal of Urban Technology* (bírálat alatt)

Folyóiratcikkek (magyarul):

(Földes és Csiszár, 2016a): Földes, D., Csiszár, Cs. 2016. Útvonal értékelő eljárás személyre szabott utastájékoztatáshoz. *Közlekedéstudományi Szemle,* vol. 66, no. 4, pp. 42-57.

(Csonka és Földes, 2019): Csonka, B., Földes, D. 2019. Az elektromobilitás és az autonóm járművekre épített mobilitási szolgáltatás tervezése és üzemeltetése. *Közlekedéstudományi Szemle,* vol. 69, no. 1, pp. 24-33. DOI: 10.24228/KTSZ.2019.1.3

(Csiszár et al., 2019c): Csiszár, Cs. Földes, D., Tettamanti T. 2019. Mobilitási szolgáltatások automatizálási szintjei. *Közlekedéstudományi Szemle* (megjelenés alatt)

Konferenciacikkek (angolul):

(Csiszár és Földes, 2015a): Csiszár, Cs., Földes, D. 2015. Analysis and Modelling Methods of Urban Integrated Information System of Transportation; *Smart Cities Symposium Prague SCSP2015*, 24-25 June, Prague, Czech Republic. DOI: 10.1109/SCSP.2015.7181574

(Csiszár és Földes, 2015b): Csiszár, Cs., Földes, D. 2015. Advanced Information Services for Cognitive Behaviour of Travellers. *6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications,* 19-21 October, Győr, Hungary. DOI: 10.1109/CogInfoCom.2015.7390578

(Földes és Csiszár, 2016b): Földes, D., Csiszár, Cs. 2016. Passenger Handling Functions in Autonomous Public Transportation. *International Conference for Traffic and Transport Engineering.* pp. 533-540. 24-25 November, Beograd, Serbia. WOS: 000391016300075

(Földes és Csiszár, 2016c): Földes, D., Csiszár, Cs. 2016. Conception of Future Integrated Smart Mobility. *Smart Cities Symposium SCSP2016*, 26-27 May, Prague, Czech Republic. DOI: 10.1109/SCSP.2016.7501022

(Földes és Csiszár, 2018b): Földes, D., Csiszár, Cs. 2018. Framework for Planning the Mobility Service based on Autonomous Vehicles. *Smart Cities Symposium Prague SCSP2018*, 24-25 May, Prague, Czech Republic. DOI: 10.1109/SCSP.2018.8402651

(Földes és Csiszár, 2018c): Földes, D., Csiszár, Cs. 2018. Operational Model and Impacts of Mobility Service based on Autonomous Vehicles. *International Conference for Traffic and Transport Engineering*, 27-28 September, Beograd, Serbia

(Földes et al., 2018): Földes, D., Csiszár, Cs., Zarkeshev, A. 2018. User expectations towards mobility services based on autonomous vehicle. 8th International Scientific Conference CMDTUR2018, 4-5 October, Zilina, Slovakia

Konferenciacikkek (magyarul):

(Földes és Csiszár, 2016d): Földes, D., Csiszár, Cs. 2016. A kerékpározást támogató utazói információs szolgáltatások fejlesztése. *Közlekedéstudományi Konferencia*, pp. 52-65., március 24-25., Győr, Magyarország

(Földes és Csiszár, 2016e): Földes, D., Csiszár, Cs. 2016. Az autonóm városi személyközlekedés hatásai. *Innováció és fenntartható felszíni közlekedés IFFK2016*, augusztus 29-31., Budapest, Magyarország

(Csiszár és Földes, 2017): Csiszár, Cs., Földes, D. 2017. Autonóm járműveket is alkalmazó városi személyközlekedési rendszer modellje. *Közlekedéstudományi Konferencia*, pp. 401-411., március 30-31., Győr, Magyarország

(Földes és Csiszár, 2018d): Földes, D., Csiszár, Cs. 2018. Utazói elvárások az autonóm járműveket alkalmazó mobilitási szolgáltatásoknál. *Közlekedéstudományi Konferencia*, pp. 315-325., március 22-23., Győr, Magyarország

(Földes és Csiszár, 2019): Földes, D., Csiszár, Cs. 2019. Autonóm járműves mobilitási szolgáltatás üzemeltetési modellje. *Közlekedéstudományi Konferencia*, pp. 74-84., március 21-22, Győr, Magyarország

Fogalomtár

adat: valakinek, vagy valaminek a jellemzéséhez használható, egymástól jól megkülönböztethető jelzések, amelyek tényeket (szöveget, numerikus értéket, szimbólumot, képet, mozgóképet, hangot, stb.) képviselnek. Az adat objektív fogalom, többnyire gépi információkezeléssel.

adatbázis: felesleges átfedés nélkül együtt tárolt és egymással kapcsolatban lévő adatok együttese, összetett logikai szerkezetű adathalmaz.

adatmodell: a valóság leképezése adatokra, azok kapcsolataira, felhasználásuk körülményeire, szabályaira. Az adatmodell alapján történik az adatbázis szerkezetének a megtervezése.

átmeneti közlekedési mód: olyan közlekedési módok, amelyek tulajdonságaikat tekintve az egyéni gépjárműves és a nagy kapacitású, hagyományos közforgalmú közlekedés között helyezkednek el. Többnyire fejlett telematikai rendszerre épülnek, illetve a működés gyakran a megosztás elvén alapul.

automata rendszer: előre programozott, egyértelműen leírt algoritmusok szerint működnek, azokat lépésről-lépésre követve. A rendszer valamennyi lehetséges szituációra fel van készítve.

autonóm rendszer: képesek önálló döntéseket hozni kognitív és öntanuló képességeiket felhasználva. A működés során fellépő valamennyi szituáció esetében a beprogramozott válaszok helyett gépek érzékelik a környezetet, azonosítják az elemeket és a szándékot, feltárják (megértik) az összefüggéseket és arra megfelelő választ adnak. Mesterséges intelligencia alkalmazásával valósíthatók meg.

big data: komplex technológiai környezet (szoftver, hardver, kommunikációs hálózat), amely lehetővé teszi a nagy mennyiségű, gyorsan változó és változatos adatok feldolgozását, amihez a hagyományos adatbáziskezelő rendszerek csak korlátozottan alkalmasak.

car-sharing, bike-sharing: közösségi jármű megosztásán alapuló átmeneti közlekedési mód (személygépjármű, kerékpár). Cél, a járművek időbeli kapacitásának (időalapjának) jobb kihasználása. A járműveket díj ellenében bárki igénybe veheti jellemzően rövidtávú, városi utazásokra, rövid időtartamra.

crowdsourcing: adatgyűjtés az utazóról okos technológiával. A passzív adatgyűjtés automatizált, ugyanakkor az utazó jóváhagyása szükséges. Aktív adatgyűjtés az utazó közreműködését igényli.

funkcionális modell: az információkezelési funkciókat és azok kapcsolatait leképző modell.

igényalapú mobilitási szolgáltatás: utazási igény esetén működő mobilitási szolgáltatás (pl. taxi); az útvonal és menetrend előre nem meghatározott

igényvezérelt mobilitási szolgáltatás: olyan mobilitási szolgáltatás, amit az igények alapján változó rugalmas menetrend és kapacitás jellemzi; több esetben az útvonal előre meghatározott.

információ: az adatoknak (jeleknek) egy bizonyos szerkezetben való egyesítése; tárgyról, személyről, folyamatról, szervezetről szerzett ismeret. Cselekedetet vált ki. Az információ szubjektív fogalom, humán információkezeléssel.

információs rendszer*:* az információ kezelését (rögzítés, feldolgozás, elérés) végző rendszer.

intelligens rendszer: olyan rendszer, amely ismert helyzetre „csak” előre programozott módon képes reagálni.

kognitív képesség: lehetővé teszi új, megbízható, értéknövelt információ előállítását korábbi tapasztalat, meglévő tudás, valamint bizonytalan és részleges információ alapján.

közlekedés: személyek, áruk, hírek és információk helyváltoztatása. (Gyakran a mobilitással szinonimaként használják, ugyanakkor a mobilitás egy „tágabb” fogalom).

közlekedési mód: a közlekedési eszközök és azok használati jellemzői által definiált helyváltoztatási formák; egyéni és közösségi típusokba sorolhatók.

közlekedési szövetség: önkéntes alapú szervezet, amely célja a különböző mobilitási szolgáltatók kínálatának összehangolása városi és/vagy regionális szinten az integrált közlekedési rendszer kialakítása érdekében.

megosztáson alapuló mobilitási szolgáltatás (shared mobility): olyan szolgáltatások, amelyek folyamatszervezés eljárásokkal növelik a járművek napi hasznos futásidejét és -teljesítményét, valamint a férőhelykihasználását.

mesterséges intelligencia (artificial intelligence): gép által megvalósított intelligencia. Célja az emberi gondolkodás és problémamegoldó képesség gépi, szoftveres helyettesítése.

mikromobilitási mód: kisméretű (általában egy-két személyes) eszközök használatával megvalósuló közlekedési mód; a meghajtás többnyire emberi, vagy elektromos. Rövid távú utazásokhoz, utolsó kilométerek leküzdéséhez használatos; az utazó (járművezető) relatíve védtelen. Eszközök: segway, roller, kerékpár, tricikli.

mobilitás: az emberi szükségletek (anyagi és szellemi javak, szolgáltatások) és a tevékenységek térbeli jellemzőiből levezethető közlekedési, szállítási folyamatok összessége. Kiterjed a személyek, áruk, információk "mozgási" műveleteire és a mozgáshoz kapcsolódó információs folyamatokra.

mobilitási paletta: a közlekedési módok összessége.

mobilitás, mint szolgáltatás (Mobility-as-a-Service, MaaS): közlekedés szervezési koncepció, amely az utazóra fókuszálva, mobilitási szolgáltatások széles palettáját integráltan kínálja; gyakran ún. mobilitási csomagok formájában, amelyet az ügyfél igényei alapján állítanak össze.

mobilitási szolgáltatás: a közlekedéshez szükséges eszközt/férőhelyet és egyéb kapcsolódó szolgáltatásokat (pl.: helyfoglalás) biztosító tevékenységek összessége.

modal share: a közlekedési módok használatának százalékos megoszlása.

modell: bonyolult (és időben változó) valóság leegyszerűsített mása; a rendszer (az adott vizsgálat szempontjából) lényeges tulajdonságainak leképezése, ami vonatkozhat a rendszer szerkezetére, működésére, stb.

okos infrastruktúra: információtechnológiai eszközökkel felszerelt közlekedési infrastruktúra elemek, amelyek biztosítják a környezet érzékelését, az adatok gyűjtését és a kommunikációt az okos közlekedési rendszer többi összetevőjével.

okos jármű: olyan jármű, amelyet mesterséges intelligenciával működő számítógépes rendszerekkel szerelnek fel elsősorban a járművezetés támogatása és a biztonság fokozása érdekében.

okos közlekedés: valós idejű adatok alapján működő rendszer, amely ötvözi egymással az emberi tudást, intelligenciát, döntési folyamatokat. Fejlett információs és kommunikációs technológiák kooperatív alkalmazását jelenti az infrastruktúrában, a járművekben és az utazóknál.

okos megálló: az okos infrastruktúra része. Olyan megállók, amelyek többféle szolgáltatással növelik az utazó fizikai és mentális komfortját. Az okos megállók egyfajta szolgáltató központoknak is tekinthetők, ahol közlekedéssel összefüggő és közlekedéstől független szolgáltatások érhetők el.

okos rendszer: olyan rendszer, amely képes a folyamatos tanulásra; így tetszőleges helyzetben képes reagálni a rendelkezésre álló ismeretanyag és a kognitív képessége alapján.

okos város: rendszerek rendszere. Olyan város, ahol az információtechnológiát összekapcsolják az infrastruktúrákkal, eszközökkel, személyekkel, szervezetekkel, stb. szociális, gazdasági és környezeti problémák megoldása érdekében

okos utazó: olyan utazó, aki fejlett információs szolgáltatásokat használ (többnyire okoseszközökön keresztül) a legmegfelelőbb utazási lehetőség (pl. utazási lánc) kiválasztása érdekében. Az információkezelés jellemzői és a szükséges kognitív kapacitás az aktuális utazói szerepkörtől függenek. Az okos közlekedés többi résztvevőjével az okoseszköz funkciói segítségével kommunikál.

relációs adatbázis: olyan adatbázis, ahol az adatok tárolása ún. relációkban (táblákban) valósul meg. Nincs előre definiált kapcsolat az adatelemek között – a kapcsolat létrehozásához szükséges adatokat többszörösen tárolják, a relációk kapcsolata alkot egy adatbázist.

rendszer*:* egymással kapcsolatban álló, független elemek összessége.

ride-sharing (car-pooling, telekocsi): olyan átmeneti közlekedési mód, ahol a jármű szabad férőhelyeit megosztják az utazás költségeinek szétosztása céljából. Gyengén szabályozott, nonprofit közlekedési mód, jellemzően hosszabb távú utazásokra. A sofőr az utazásához kapcsolódóan meghirdeti a jármű szabad férőhelyeit

ride-sourcing (ride-hailing): telematikai alapú átmeneti közlekedési mód, fuvarközvetítő szolgáltatások, jellemzően rövid utazási távolságra, városi környezetben. A taxihoz hasonló, mégis kevésbé szabályozott. Változó díjtételek alkalmazása és diszpécser nélküli, automatikus igény-kapacitás összerendelés jellemzi (pl.: Uber, Lyft).

rugalmas (igényvezérelt) közforgalmú közlekedés (telebusz): előzetes igénybejelentés (hívás) után igénybe vehető átmeneti közlekedési mód, jellemzően kis kapacitású busszal, a közforgalmú közlekedéssel megegyező tarifával. Általában ritkán lakott területeken, vagy olyan időszakokban, ahol az utazási igény alacsony és nem egyenletes eloszlású.

sofőrszolgálat: átmeneti közlekedési mód, ahol a saját járműben utasként lehet utazni a sofőr „bérlésével". Általában kényelmi okokból, vagy az esti órákban hazajutáshoz használt szolgáltatás, amikor az ügyfél nincs vezetésre alkalmas állapotban.

személyszállítási szolgáltatás: olyan mobilitási szolgáltatás, amiben az utazó utasként vesz részt.

szerkezeti modell: az információkezelő rendszerösszetevőket és azok kapcsolatait leképező modell.

taxi, megosztott taxi: erősen szabályozott, profitorientált átmeneti közlekedési mód, rövidebb utazásokra, jellemzően városi környezetben. Háztól-házig eljutást biztosít, magas díjért. Megosztott használatnál a jármű szabad férőhelyein idegen utastársak utaznak.

utazó: a személyközlekedés tárgya, a helyváltoztatást végző személy. Minden olyan szerepkört lefed, amit az utazó a helyváltoztatás során felvehet: gyalogos, kerékpáros, járművezető, utas.

virtuális megálló: a közlekedési hálózat olyan, a megállóhelyekre jellemző speciális infrastruktúra nélküli (pl. tábla, váró) pontjai, ahol az utascsere a közúti járműforgalmat nem akadályozva, biztonságosan lebonyolítható.

Ábrajegyzék

2.1. ábra: Mobilitás fejlődésének lépései [forrás: Ludwig L. előadása alapján saját szerkesztés] ... 2
2.2. ábra: Kutatási részfeladatok kapcsolata ... 6
3.1. ábra: Autonóm közúti járműves közlekedési rendszerrel foglalkozó áttekintett irodalmak csoportosítása ... 9
4.1. ábra: Információs rendszerek elemzési és modellezési szempontjai ... 18
5.1. ábra: Az együttműködés szintjei egy okos városban ... 20
5.2. ábra: Okos város részrendszerei [forrás: online elérhető ábra alapján saját szerkesztés] ... 21
5.3. ábra: Okos közlekedés szerkezeti modellje ... 22
5.4. ábra: Okos megálló szolgáltatásai ... 23
5.5. ábra: Az okos utazó információkezelési folyamata ... 28
6.1. ábra: Autonóm járművekre épülő közlekedési rendszer – kutatási irányok ... 29
6.2. ábra: Automatizálható városi személyközlekedési eszközök főbb jellemzői ... 31
6.3. ábra: A városi mobilitási paletta változása ... 32
6.4. ábra: Autonóm járműves szolgáltatástípusok ... 34
6.5. ábra: Autonóm járműves szolgáltatástípusok jellemzői ... 35
6.6. ábra: Autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás szerkezeti modellje ... 36
6.7. ábra: Az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás működési modellje ... 38
6.8. ábra: Kérdőív szerkezete –autonóm járműves mobilitási szolgáltatással szembeni elvárások ... 40
6.9. ábra: Autonóm közúti járműves mobilitás hatásterületei ... 42
6.10. ábra: Átalakuló utascsoportok ... 43
6.11. ábra: Megosztott autonóm járműves közlekedéssel szembeni elvárt hatások ... 44
6.12. ábra: Átalakuló modal share (jelenlegi modal share adatok forrása: BKK, 2016-os adat) ... 46
7.1. ábra: Tervezési funkciók ... 49
7.2. ábra: Tervezés információs rendszerének modellje ... 51
7.3. ábra: Funkciók bemeneti adatcsoportjai ... 52
7.4. ábra: Tervezési funkciók kapcsolatai ... 53
7.5. ábra: Kérdőív adatcsoportok, mint bemeneti adatok ... 54
7.6. ábra: Üzemeltetési funkciók és kapcsolataik ... 59
7.7. ábra: Egyszerűsített adatmodell ... 60
7.8. ábra: Részletes adatmodell ... 61
8.1. ábra: Automatizálási szintek a gépi támogatás mértéke alapján ... 64
8.2. ábra: Automatizálási fejlesztés jelentőségét meghatározó módszer folyamatábrája ... 69
8.3. ábra: Képességváltozást meghatározó módszer folyamatábrája ... 72
8.4. ábra: Az igényelt emberi képességek változása ... 74
9.1. ábra: Információs szolgáltatások csoportosítása ... 76
9.2. ábra: Kérdőív szerkezete és a személyes preferenciák befolyásoló hatása az útvonalpreferenciákra ... 83
9.3. ábra: Gráfok típusai, egymásra épülése és kapcsolatai (jellegzetes példákkal kiegészítve) ... 87
9.4. ábra: Útvonalértékelő módszer folyamatábrája ... 89
T.1. ábra: Okos utazó információkezelési folyamata ... 94
T.2. ábra: Városi mobilitási paletta változása ... 95
T.3. ábra: Autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás szerkezeti modellje ... 95
T.4. ábra: Útvonalértékelő módszer folyamatábrája ... 98
F.1. ábra: Autonóm járműves mobilitási szolgáltatás típusokok ... 122
F.2 ábra. Szolgáltatástípusok választási aránya motivációnként ... 126
F.3. ábra Szolgáltatástípusok választási aránya jelenlegi mód használat szerint ... 126
F.4. ábra Várakozási idő hajlandóság mód használat szerint ... 126
F.5. ábra Díjszámítási alapok választási aránya szolgáltatástípusonként ... 127
F.6. ábra Díjmértékek választási aránya szolgáltatástípusonként ... 127
F.7. ábra Fizetési módszerek preferenciája ... 127
F.8. ábra Mobilalkalmazás funkciók preferenciája ... 128
F.9. ábra Fedélzeti szolgáltatások preferenciája ... 128
F.10. ábra Utazás közbeni tevékenységek gyakorisága ... 128
F.11 ábra. Modellezett gyalogos hálózat (kiindulási pont környezete) ... 143
F.12 ábra. Modellezett közforgalmú közlekedési hálózat (2015. nyári adatok alapján) ... 144
F.13 ábra. Modellezett kerékpáros hálózat ... 145

Táblázatjegyzék

5.1. táblázat: 5. fejezetben alkalmazott jelöléstechnika ... 21
5.2. táblázat: Okos közlekedés alrendszerei és funkció csoportjai ... 24
5.3. táblázat: Okos közlekedés funkciói ... 24
5.4. táblázat: Okos közlekedés adatcsoportjai ... 25
5.5. táblázat: Alrendszerek által kezelt adatcsoportok ... 25
5.6. táblázat: Alrendszerek és okos utazó funkciók közötti kapcsolatok ... 26
5.7. táblázat: Alrendszerek közötti adatcsoport-szintű kapcsolatok ... 26
6.1. táblázat: 6. fejezetben alkalmazott jelöléstechnika ... 30
6.2. táblázat: Autonóm járműves szolgáltatások összehasonlítása ... 32
6.3. táblázat: Autonóm járműves szolgáltatástípusok jellemzői ... 34
6.4. táblázat: Feleletválasztós kérdés alkérdésekkel - példa ... 40
6.5. táblázat: Értékelőskálás kérdés - példa ... 40
6.6. táblázat: utazási távolság változó értékei ... 46
6.7. táblázat: utazási gyakoriság változó értékei ... 46
6.8. táblázat: váltási hajlandóság változó értékei ... 46
7.1. táblázat: 7. fejezetben alkalmazott jelöléstechnika ... 48
7.2. táblázat: Tervezés adatcsoportjai ... 51
7.3. táblázat: Funkciók be- és kimeneti adatcsoportjai ... 52
7.4. táblázat: Kérdőív feldolgozásából származó adatcsoportok ... 53
7.5. táblázat: Utaskezelési alfunkciók ... 57
7.6. táblázat: Járművezető feladatainak/funkcióinak átvétele ... 59
7.7. táblázat: Üzemeltetési funkció be- és kimeneti adatainak forrása ... 62
8.1. táblázat: 8.1 fejezetben alkalmazott jelöléstechnika ... 63
8.2. táblázat: Szolgáltatástervezési és -szervezési funkciók automatizálási szintjei ... 64
8.3. táblázat: Utaskezelési funkciók automatizálási szintjei ... 65
8.4. táblázat: Korrekciós tényező ... 65
8.5. táblázat: Komplex automatizálási szintek ... 66
8.6. táblázat: Utaskezelési alfunkciók automatizálási szintjei ... 67
8.7. táblázat: 8.2 fejezetben alkalmazott jelöléstechnika ... 68
8.8. táblázat: Biztonságkritikus jelleg változó értékei ... 69
8.9. táblázat: Használati gyakoriság változó értékei ... 69
8.10. táblázat: Utaskezelési alfunkciók jellemzőinek változása (budapesti igényalapú, kiskapacitású autóbuszos mobilitási szolgáltatás) ... 70
8.11. táblázat: 8.3 fejezetben alkalmazott jelöléstechnika ... 71
8.12. táblázat: Utazás során szükséges emberi képességek ... 71
8.13. táblázat: Képesség intenzitás változás értékei ... 72
8.14. táblázat: Szükséges képességek változása (budapesti igényalapú, kiskapacitású autóbuszos mobilitási szolgáltatás példáján) ... 73
9.1. táblázat: 9.1. fejezetben alkalmazott jelöléstechnika ... 77
9.2. táblázat: A vizsgált alkalmazások személyre szabható beállításai és azok csoportosítása ... 78
9.3. táblázat: Minősítőértékek leírása ... 78
9.4. táblázat: Szempontok minősítősítőértékeinek jelöléstechnikája ... 79
9.5. táblázat: Kategória minősítőértékek képzésének jelöléstechnikája ... 79
9.6. táblázat: 9.2 fejezetben alkalmazott jelöléstechnika ... 79
9.7. táblázat: Súlyszámok 3-3 elemű értékelőskálánál ... 81
9.8. táblázat: Súlyszámok 3-5 elemű értékelőskálánál ... 82
9.9. táblázat: Súlyszámok 5-5 elemű értékelőskálánál ... 82
9.10. táblázat: A) típusú kapcsolatok - kivonat ... 84
9.11. táblázat: B) és C) típusú kapcsolatok - kivonat ... 84
9.12. táblázat: 9.3 fejezetben alkalmazott jelöléstechnika ... 86
9.13. táblázat: a 9.4 fejezetben alkalmazott jelöléstechnika ... 88

T.1. táblázat: Komplex automatizálási szintek ... 97
F.1. táblázat: Jelenlegi mobilitási szolgáltatások elemzése - példa ... 130
F.2. táblázat: Igényelt emberi képességek változása ... 131
F.3. táblázat: Útvonaltervező alkalmazások összehasonlítása ... 132
F.4. táblázat: Csúcstípusok ... 138
F.5. táblázat: Éltípusok ... 138
F.6. táblázat: Csúcsok tulajdonságai ... 139
F.7. táblázat: Élek tulajdonságai ... 139
F.8. táblázat: Kódtáblák értékei ... 140
F.9. táblázat: Felhasználói beállítások és a *zavaró* beállítási lehetőség értékei kerékpározásnál ... 141
F.10. táblázat: Felhasználói beállítások és a *zavaró* beállítási lehetőség értékei gyaloglásnál ... 142
F.11. táblázat: Felhasználói beállítások és a *zavaró* beállítási lehetőség értékei közforgalmú közlekedésnél ... 142
F.12. táblázat: Eredmények összehasonlítása – rágyaloglás. közforgalmú közlekedés ... 144
F.13. táblázat: Eredmények összehasonlítása – kerékpározás ... 145

Függelék

1. Függelék: Kérdőív – Elvárások az autonóm járműves mobilitási szolgáltatásokkal szemben

UTAZÁS AUTONÓM KÖZÚTI JÁRMŰVEL

Földes Dávid, doktorandusz hallgató vagyok a BME, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszékén. Témavezetőmmel, Dr. Csiszár Csabával együtt végzett egyetemi kutatásaink során az autonóm (önvezető) járművek üzemeltetési jellemzőivel, az utaskezelési műveletekkel és várható hatásokkal foglalkozunk.

Autonóm járműnek az olyan fejlett hardveres (pl.: kamerák, szenzorok) és szoftveres elemekkel (pl.: képfeldolgozás, mesterséges intelligencia) felszerelt járműveket nevezzük, amelyek vezető nélkül működnek; a forgalmi szituációkban önállóan döntenek és „cselekednek" a gyűjtött nagymennyiségű információ alapján. Az autonóm közúti járművek megjelenése megváltoztatja a ma ismert közlekedési rendszert, az utazási módokat és szokásokat. Várhatóan az egyéni jármű tulajdonlás háttérbe szorul, olyan igényvezérelt, mobil alkalmazással kezelt közösségi járműhasználat terjed el, amely során a kiskapacitású járművet idegenekkel osztjuk meg.

Jelen kutatásban célunk megismerni az autonóm járművel megvalósított mobilitási szolgáltatásokkal szembeni felhasználói elvárásokat. A feltárt összefüggések alapján a jövőbeli szolgáltatások tervezési, üzemeltetési módszerei alakíthatók ki.

A kérdőív kitöltése kb. 15 percet vesz igénybe.

Amennyiben ideje engedi, kérjük segítse munkákat kitöltéssel és megosztással.

Köszönettel:
Földes Dávid, doktorandusz hallgató és Dr. Csiszár Csaba, egyetemi docens
BME, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék

Kérdés/javaslat esetén állunk rendelkezésükre az alábbi e-mail címen: foldes.david@mail.bme.hu vagy telefonszámon: 06-1-463-1977

I. SZEMÉLYES JELLEMZŐK

I.1. Születési ideje

- 2008- (α generáció)
- 1996-2007 (Z generáció)
- 1980-1995 (Y generáció)
- 1960-1979 (X generáció)
- 1940-1959 (Baby boom korszak)
- 1920-1939 (veteránok)

I.2. Neme

- nő
- férfi

I.3. Végzettsége

- alapfokú (pl.: 8 általános, szakmunkás)
- középfokú (pl.: érettségi, szakképesítés)
- felsőfokú (pl.: egyetemi/főiskolai diploma, tudományos fokozat)

I.4. Foglalkozása/beosztása

- tanuló
- alkalmazott
- vezető
- munkanélküli
- nyugdíjas

I.5. Jövedelme

- átlagon aluli
- átlagos
- átlagon felüli
- nincs önálló keresetem

I.6. Mozgásában, látásában korlátozott?

- igen, mozgásomban korlátozott vagyok (pl.: nehézkes járás, kerekesszékkel közlekedés)
- igen, látássérült vagyok
- nem

I.7. Lakóhelyének nagysága

- metropolisz (lakosszám > 1.500.000; pl.: Budapest)
- metropolisz agglomerációja
- nagyváros (lakosszám 100.000-1.500.000)
- kisváros (lakosszám 10.000-100.000)
- kisebb település (lakosszám < 10.000)

I.8. Lakóhely beépítettségi övezet típusa

- belvárosi sűrűbeépítésű övezet
- lakótelep
- társasházakból álló övezet
- kertesházas övezet

I.9. A technológiai újdonságokra nyitott személynek tartja magát?

- teljesen nyitott
- részben nyitott
- nem

II. JELENLEGI MOBILITÁSI SZOKÁSOK

II.1. A következő tevékenységeket milyen közlekedési móddal közelíti meg **leggyakrabban**? *(Tevékenységenként - soronként - egyet jelöljön meg)*

		a	b	c	d	e	f
		gyalog	kerékpár	autó sofőrként	autó utasként	közforgalmú közlekedés	kombinált közlekedés (pl.: autó + közforgalmú közlekedés)
P	munka/tanulás						
Q	bevásárlás/ügyintézés						
R	szabadidős tevékenység						

II.2. A következő tevékenységek eléréséhez **általában** milyen távolságra utazik (ténylegesen megtett távolság)? *(Tevékenységenként - soronként - egyet jelöljön meg)*

		a	b	c	d	e
		< 1 km	1-3 km	3-5 km	5-10 km	> 10 km
P	munka/tanulás					
Q	bevásárlás/ügyintézés					
R	szabadidős tevékenység					

II.3. Milyen gyakoriséggal végzi a következő tevékenységeket? *(Tevékenységenként - soronként - egyet jelöljön meg)*

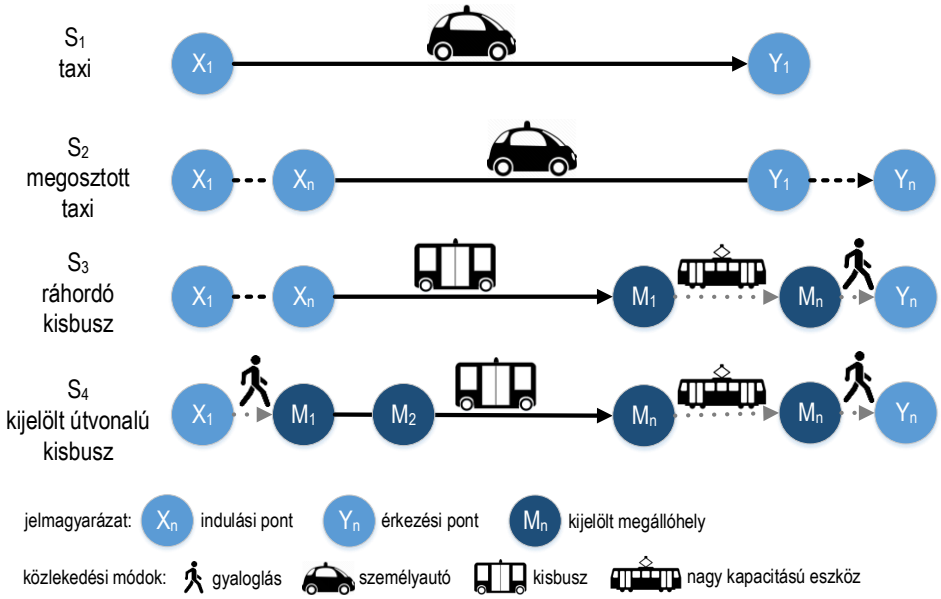
		a	b	c	d
		szinte mindennap (5-6 alkalom/hét)	hetente többször (3-4 alkalom)	hetente néhány alkalommal (1-2 alkalom)	havonta néhány alkalommal vagy ritkábban
P	munka/tanulás				
Q	bevásárlás/ügyintézés				
R	szabadidős tevékenység				

III. VÁLTOZÓ MOBILITÁSI SZOLGÁLTATÁSOK

Várhatóan a jövőben a nagy kapacitású közösségi közlekedési módok (pl. metró, autóbusz) a továbbiakban is megmaradnak az egyidejű nagy volumenű igények kiszolgálása érdekében. A kiskapacitású autonóm járművek vagy közvetlen, vagy nagy kapacitású közlekedési eszközre történő ráhordó/elhordó szállítási feladatot látnak majd el. A szolgáltatási díjat befolyásolja majd a szolgáltatás jellege és a kereslet-kínálat aktuális jellemzői. Minél személyre szabottabb jellegű egy szolgáltatás (pl.: férőhely megosztás nélkül, tetszőleges pontok között), a szolgáltatási díj annál magasabb.

Várhatóan a következő autonóm járműves kiskapacitású, igényvezérelt szolgáltatástípusok jelennek meg (F.1. ábra):

- S_1 **taxi**: egyéni háztól-házig szolgáltatás tetszőleges pontok között, a jármű férőhelyeinek megosztása nélkül.
- S_2 **megosztott taxi**: háztól-házig szolgáltatás tetszőleges pontok között, a jármű férőhelyeinek megosztásával, az utasok eltérő be- és kiszállási pontjait érintve.
- S_3 **ráhordó kisbusz**: ráhordó szolgáltatás egy zónán belüli tetszőleges pontról nagy kapacitású eszköz megállóhelyéig az átszállást garantáló részben-kötött menetrenddel. A szolgáltatás ellenirányú, elhordó funkciója szimmetrikus (nagy kapacitású eszköz megállóhelyétől a zónán belüli tetszőleges pontig).
- S_4 **kijelölt útvonalú kisbusz**: többnyire ráhordó szolgáltatás kijelölt útvonalon, kijelölt megállók kiszolgálásával, kötött alapmentrenddel, ugyanakkor igény esetén kisebb követési idővel.



F.1. ábra: Autonóm járműves mobilitási szolgáltatás típusokok

III.1. Utazna autonóm járművel? *(Egyet jelöljön meg!)*

- igen, habozás nélkül
- igen, miután megbízható ismerősöm elégedetten próbálta ki
- igen, miután szélesebb körben elterjedtek
- nem (<u>ebben az esetben a kérdőív további részének kitöltése nem szükséges</u>)

III.2. A következő motivációk esetében melyik autonóm járműves szolgáltatástípust használná leginkább a jelenleg használt mód helyett? *(Motivációnként - soronként - egyet jelöljön meg!)*

		S_1	S_2	S_3	S_4
		taxi	megosztott taxi	ráhordó kisbusz	kijelölt útvonalú kisbusz
P	munka/tanulás				
Q	bevásárlás/ügyintézés				
R	szabadidős tevékenység				

III.3. A következő motivációk esetében milyen arányban váltaná le jelenleg használt közlekedési módját a kiválasztott autonóm járműves szolgáltatástípusra? (*Válassza ki az Önnek megfelelő lehetőséget: 1: soha, 2: néha, 3: gyakran)*

		1	2	3
		soha	néha	gyakran
P	munka/tanulás			
Q	bevásárlás/ügyintézés			
R	szabadidős tevékenység			

III.4. Mekkora **gyaloglási időt** tart elfogadhatónak kijelölt megállóhelyeknél igénybe vehető autonóm járműves szolgáltatásnál? - pl.: D) kijelölt útvonalú kisbusz esetén *(Egyet jelöljön meg!)*

- < 2 perc (<150 m)
- 2-5 perc (150-400 m)
- > 5 perc (>400 m)

III.5. Legfeljebb mekkora **várakozási időt** tart elfogadhatónak **tetszőleges pontnál** igénybe vehető autonóm járműves szolgáltatásnál? A várakozási idő az igénybejelentéstől a jármű érkezéséig eltelt időtartam. - pl.: A) taxi, B) megosztott taxi, vagy C) ráhordó/elhordó kisbusz esetén *(Egyet jelöljön meg!)*

- < 5 perc
- 5-10 perc
- 10-15 perc

III.6. Legfeljebb mekkora **várakozási időt** tart elfogadhatónak **kijelölt megállóhelyeknél** igénybe vehető autonóm járműves szolgáltatásnál? A várakozási idő a megállóba érkezéstől a jármű érkezéséig eltelt időtartam. - pl.: C) ráhordó/elhordó kisbusz, vagy D) kijelölt útvonalú kisbusz esetén *(Egyet jelöljön meg!)*

- < 5 perc
- 5-10 perc
- 10-15 perc

III.7. **Összesen mekkora maximális kitérési** időt tart elfogadhatónak utasok felvételéhez/leadásához megosztott autonóm járműves szolgáltatás típusoknál? - pl.: B) megosztott taxi, vagy C) ráhordó/elhordó kisbusz esetén *(Egyet jelöljön meg!)*

- < 5 perc
- 5-10 perc
- 10-15 perc

III.8. A tarifarendszer kialakítása során milyen alapvető szempontot tart elfogadhatónak az egyes autonóm járműves szolgáltatás típusok esetében? *(Minden sorban egyet jelöljön meg!)*

		a	b	c	d
		távolság alapú tarifa	időtartam alapú tarifa	távolság + időtartam alapú tarifa	egy utazáshoz tartozó (távolságtól, idő-tartamtól független)
S_1	taxi				
S_2	megosztott taxi				
S_3	ráhordó kisbusz				
S_4	kijelölt útvonalú kisbusz				

III.9. Mekkora díjat tart elfogadhatónak az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások esetében? *(Minden sorban egyet jelöljön meg!)*

		a	b	c	d	e
		közforgalmú közlekedésnél olcsóbb	közforgalmú közlekedéssel megegyező	közforgalmú közlekedésnél drágább, de a jelenlegi taxinál olcsóbb	jelenlegi taxival megegyező	jelenlegi taxinál drágább
S_1	taxi					
S_2	megosztott taxi					
S_3	ráhordó kisbusz					
S_4	kijelölt útvonalú kisbusz					

III.10. A fizetendő díj mértéke számos tényező hatására dinamikusan változhat. Adja meg az elfogadható **százalékos** változás mértékét a következő esetekben!

a. Csúcsidőszakokban, kapacitáshiány esetén nagyobb díj fizetendő. Ilyen esetekben, legfeljebb mennyivel nagyobb díjat tart elfogadhatónak?
b. Mennyivel kisebb díjat tart indokoltnak, ha utazási igényét legalább 30 perccel utazás előtt bejelenti?
c. Mennyivel kisebb díjat tart indokoltnak abban az esetben, ha rendszeres használója a szolgáltatásnak (hetente legalább 5 alkalommal)?
d. Legfeljebb mennyivel nagyobb díjat tart elfogadhatónak, ha lehetősége van, hogy a taxit csak az Ön által előzetesen kiválasztott (profilkép alapján, korábbi értékelések alapján), Önnek szimpatikus személlyel ossza meg?

III.11. Milyen gyakran használná a következő **fizetési módok**at?
(Válassza ki az Önnek megfelelő lehetőséget: 1: soha, 2: néha 3: gyakran)

		1	2	3
		soha	néha	gyakran
a	automatikus fizetés (a személy mozgásainak követése alapján előre regisztrált bankkártyáról vagy bankszámláról)			
b	alkalmazáson keresztüli fizetés (előre regisztrált bankkártyáról)			
c	fizetés feltölthető kártyával vagy bankkártyával			
d	készpénzes fizetés (automatán keresztül)			

III.12. Mennyire tartja fontosnak autonóm járműves mobilitási szolgáltatáshoz tartozó okostelefonos alkalmazásnál a következő funkciókat? *(Válassza ki az Önnek megfelelő lehetőséget: 1: nem fontos, 2: kevésbé fontos, 3: nagyon fontos)*

		1	2	3
		nem fontos	kevésbé fontos	nagyon fontos
a	várható érkezési és utazási idő kijelzése, jármű térképes nyomon követése			
b	utazási jogosultság kezelése (pl. e-jegy)			
c	díjszámítás			
d	utastársak megválogatása (pl.: a többi utastárs értékelése és a profil alapján)			
e	mobilitási szolgáltatás utólagos értékelése			
f	utastárs utólagos értékelése			

III.13. Mennyire tartja fontosnak a következő járműfedélzeti szolgáltatásokat egy autonóm járműves utazás során? *(Válassza ki az Önnek megfelelő lehetőséget: 1: nem fontos, 2: kevésbé fontos, 3: nagyon fontos)*

		1	2	3
		nem fontos	kevésbé fontos	nagyon fontos
a	WiFi a járművön			
b	beépített okoseszközök (pl.: tablet), szórakoztatás (pl.: zenék, filmek)			
c	elektronikus eszközök töltési lehetősége			
d	étel/ital automaták			
e	általános információ kijelzése (következő megálló, átszállási kapcsolatok)			
f	személyzet jelenléte (biztonságérzet, információ nyújtás)			

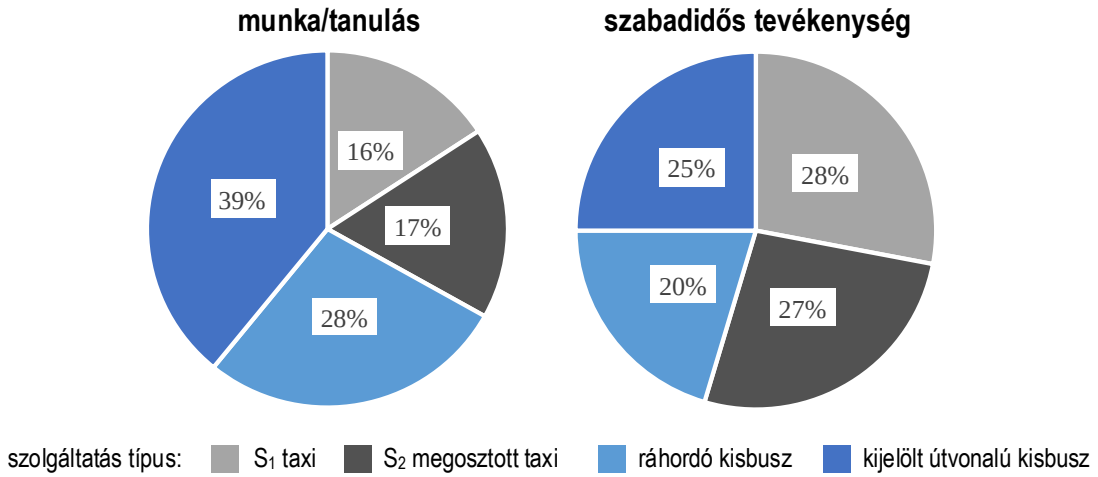
III.14. Milyen gyakran végezné a következő tevékenységeket autonóm járműves szolgáltatások használatakor? *(Válassza ki az Önnek megfelelő lehetőséget: 1: soha, 2: néha, 3: gyakran)*

		1	2	3
		soha	néha	gyakran
a	munkavégzés/tanulás			
b	beszélgetés			
c	internetezés/chatelés			
d	filmnézés			
e	zene/rádió hallgatás			
f	nézelődés (környezet/táj)			
g	pihenés/alvás			

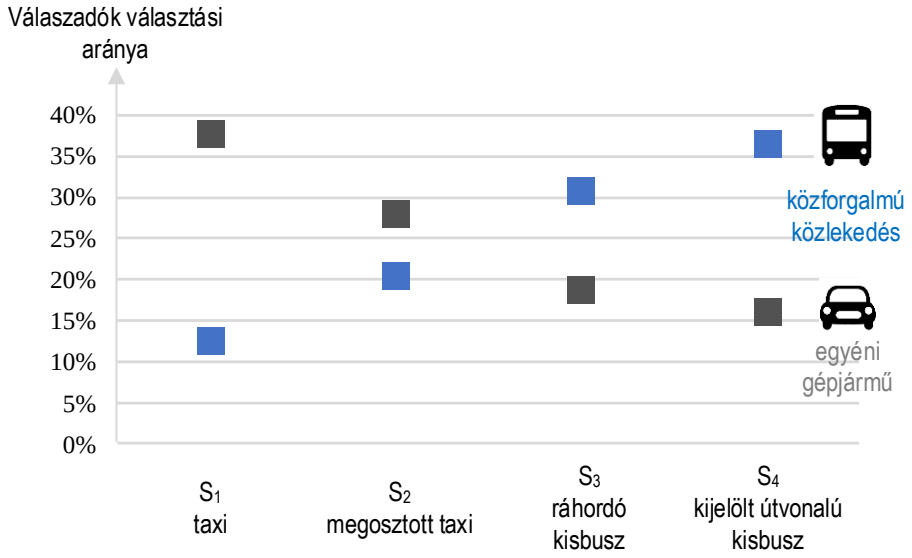
III.15. Mennyire ért egyet az autonóm járművek elterjedésével összefüggő hatásokra vonatkozó állításokkal? *(Válassza ki az Önnek megfelelő lehetőséget: 1: nem értek egyet, 2: nem tudom megítélni, 3: egyetértek)*

		1	2	3
		nem értek egyet	nem tudom megítélni	egyet-értek
a	nem szükséges saját járművet fenntartani (közösségi járműhasználat elterjedése)			
b	csökken a balesetek száma (gyorsabb reagálású, egymással is kommunikáló járművek)			
c	kevesebb az energiafelhasználás és a károsanyag kibocsátás (gazdaságosabb vezetési stílus)			
d	a jogosítvánnyal, vezetési képességekkel nem rendelkező személyek (fiatalok, idősek, fogyatékkal élők, stb.) részére is elérhető a személyre szabott mobilitás			
e	csökken az utazási idő (gyorsabb járművek)			
f	növekszik az utazás teljes hasznossága (a vezetési idő más tevékenységgel tölthető el)			
g	kevesebb parkolóhely elegendő (a megosztott járműhasználat miatt), javul a városi térgazdálkodás hatékonysága			

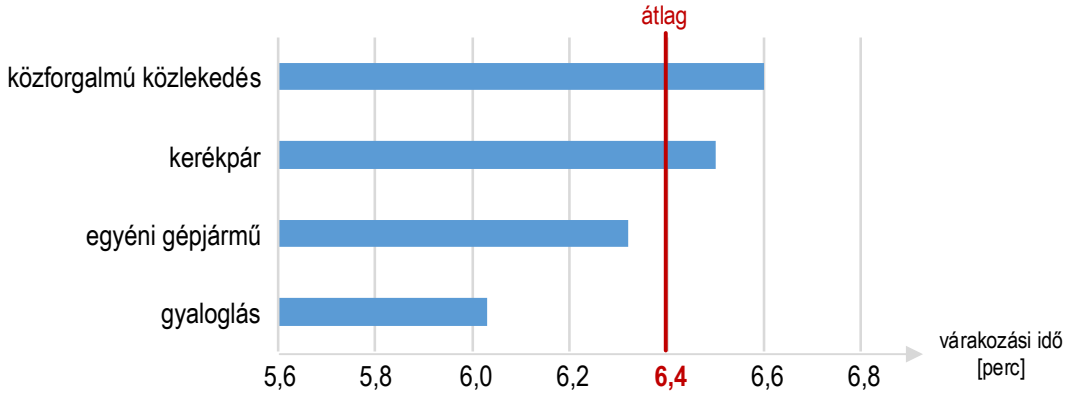
2. Függelék: Eredmény - Elvárások az autonóm járműves mobilitási szolgáltatásokkal szemben



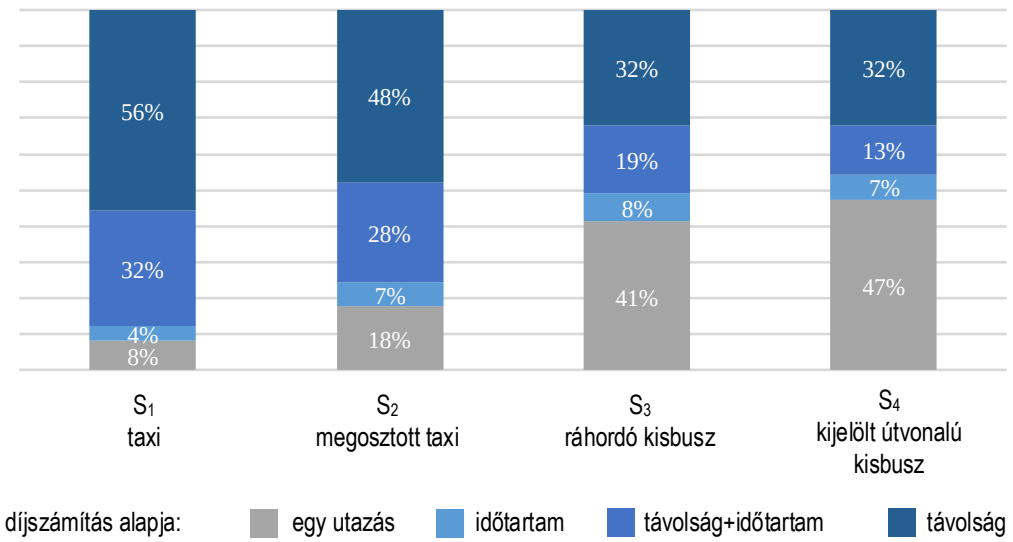
F.2 ábra. Szolgáltatástípusok választási aránya motivációnként



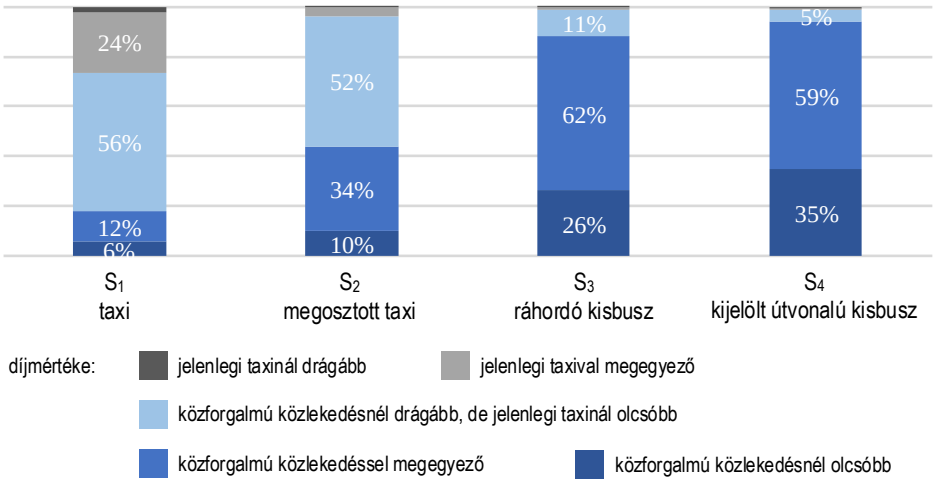
F.3. ábra Szolgáltatástípusok választási aránya jelenlegi mód használat szerint



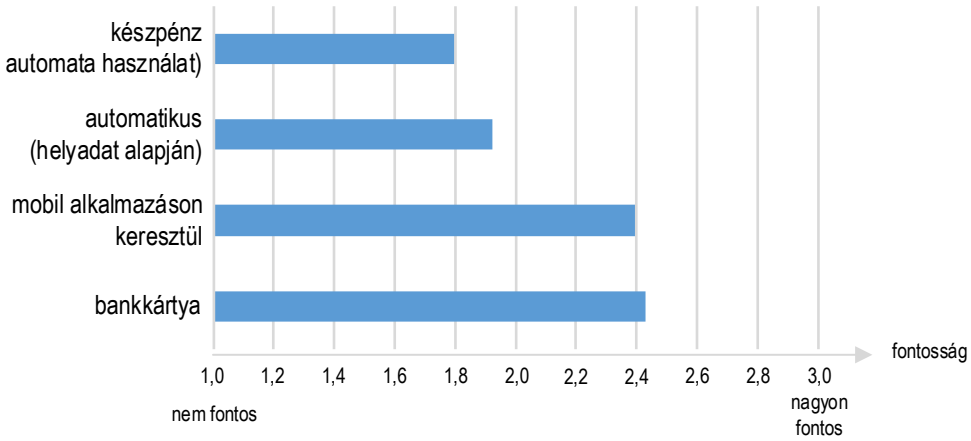
F.4. ábra Várakozási idő hajlandóság mód használat szerint



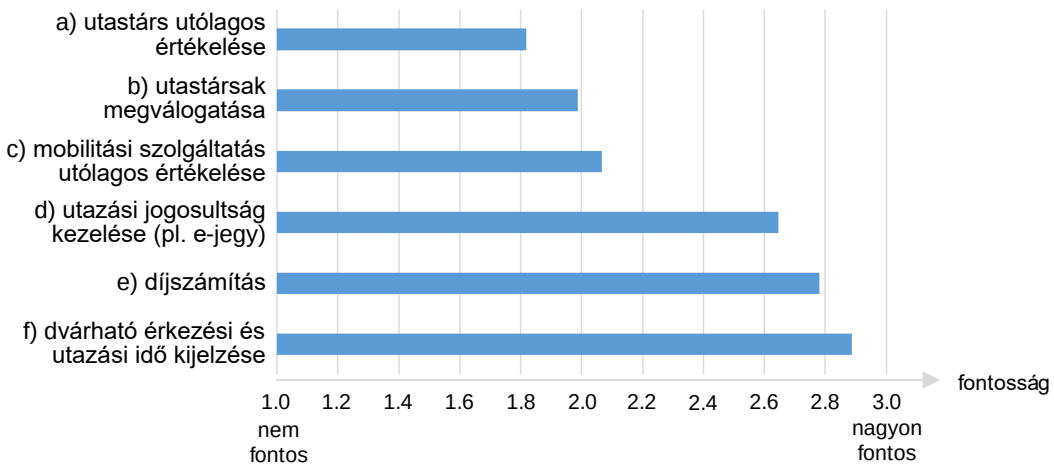
F.5. ábra Díjszámítási alapok választási aránya szolgáltatástípusonként



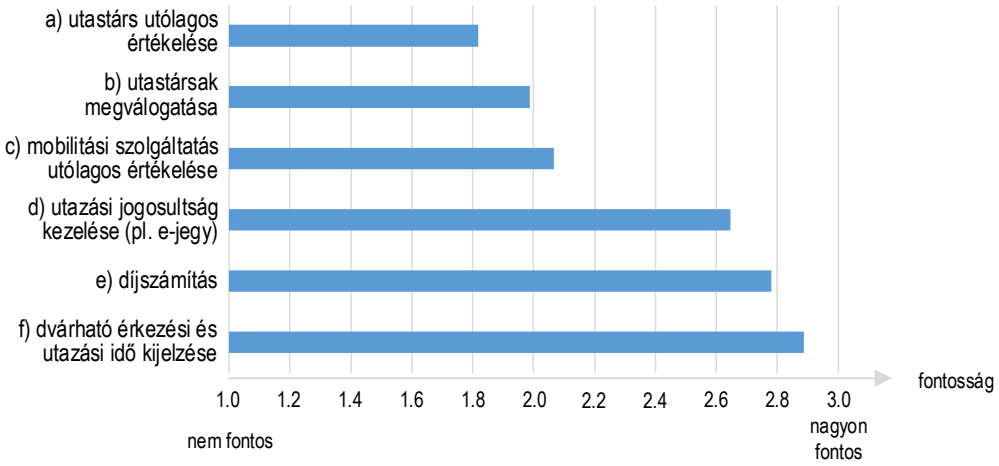
F.6. ábra Díjmértékek választási aránya szolgáltatástípusonként



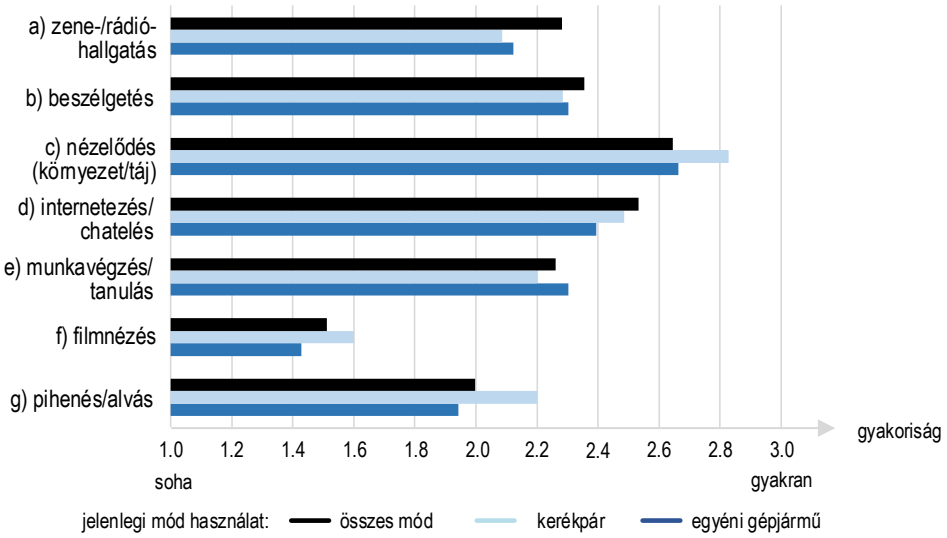
F.7. ábra Fizetési módszerek preferenciája



F.8. ábra Mobilalkalmazás funkciók preferenciája



F.9. ábra Fedélzeti szolgáltatások preferenciája



F.10. ábra Utazás közbeni tevékenységek gyakorisága

3. Függelék: Eredmény - Mobilitási szolgáltatások komplex automatizálási szintjei

A következő mobilitási szolgáltatásokat vizsgáltam:

- telebusz (BKK TeleBusz, Budapest): igényalapú, kis kapacitású autóbuszos szolgáltatás alacsony beépítésű, ritkán lakott területen. Az előzetes rendelés kötelező (pl. telefon).
- taxi (Főtaxi, Budapest): előzetes rendelés lehetséges telefonon vagy mobil alkalmazáson keresztül; diszpécserek kezelik a rendeléseket szoftveres támogatással.
- ride-sourcing (Uber, San Francisco): autonóm jármű alapú teszt szolgáltatás; a rendelés előzetesen mobil alkalmazáson keresztül történik. A kereslet-kínálat összerendelés automatikus.
- car-sharing (MOL Limo, Budapest): mobil alkalmazás alapú „free-floating" (bárhol felvehető, otthagyható jármű) elvű autómegosztó szolgáltatás; az autó „bérlése" nem igényel személyzeti jelenlétet.

A szolgáltatások elemzésének eredményét a F.1. táblázat tartalmazza. A funkciók automatizálási szintjeit világosszürke, míg a kategóriák automatizálási szintjeit középszürke háttér jelöli. Az utaskezelési funkciók esetében az alfunkciókat is vizsgáltam, így utaskezelési funkciók automatizálási szintjeit a (8.3) egyenlet alapján, az alfunkciók automatizálási szintjeinek súlyozott összegével kaptam. Az alfunkciók és funkciók súlyát (*w*) szintén feltüntettem a táblázat oszlopaiban.

A következő korrekciós tényezőket definiáltam a szintek pontosabb meghatározásához:

- $\mu_{3,1,3} = 0{,}25$, így $a'_{3,1,3} = 3{,}25$ MOL Limo esetében, mivel az információs szolgáltatás a 3. szinthez képest kismértékben fejlettebb; például a szabad és lefoglalt járműhöz való navigáció,
- $\mu_{3,2,3} = 0{,}5$, így $a'_{3,1,3} = 3{,}5$ Uber esetében, mivel bár a díjhordozó nem virtuális (díjhordozó az okoskészülék), de a díjszámítás dinamikus változókat is figyelembe vesz,
- $\mu_{3,3,1} = 0{,}5$, így $a'_{3,3,1} = 2{,}75$ Főtaxi és MOL Limo esetében, mivel már számos biztonsági funkció elérhető a járművekben.

A TeleBusz szolgáltatásnál minden funkció-kategóriánál jelentős az emberi beavatkozás; azaz ez a legkevésbé automatizált szolgáltatás. Egyúttal ez azt is jelenti, hogy jelentős az automatizálási potenciál. Bizonyos utastájékoztatási funkciók fejlettek, köszönhetően annak, hogy a TeleBusz szolgáltatás része a teljes városi közforgalmú közlekedésnek, így a BKK Futár forgalomirányító és utastájékoztató rendszer útvonaltervező és egyéb információ szolgáltatásai is elérhetők.

A Főtaxi jelentősebb funkciói (amelyekhez magasabb súlyokat is rendeltünk) kevésbe automatizáltak, különösen a szolgáltatás tervezési és a flottairányítás funkciók. Az emberi közreműködés (diszpécser és sofőr egyaránt) mértéke jelentős.

Az Uber szolgáltatás esetén minden funkció-kategória magasan automatizált. Mindazonáltal bizonyos funkciók még rendelkeznek fejlesztési potenciállal (pl.: szórakoztatás alfunkció, biztonság/védelem funkció).

A MOL Limo szolgáltatás utaskezelési funkciói fejlettek, magasan automatizáltak, ugyanakkor az irányítási és a tervezési funkciók még fejleszthetők.

A közúti forgalomirányítási funkció fejlettsége független a szolgáltatástól, hiszen az „adottságnak" tekinthető a szolgáltatás oldaláról. Bár működik a közforgalmú közlekedési eszközöket előnyben részesítő irányítás Budapesten, azonban a TeleBusz szolgáltatás ilyen csomópontokat nem érint. Az autonóm járművek elterjedése várhatóan a forgalomirányítás változását is előidézik; azonban a jelenlegi autonóm járművek - így az Uber is - egyelőre csak a forgalomirányítás jelzéseit követik.

F.1. táblázat: Jelenlegi mobilitási szolgáltatások elemzése - példa

c,f,s	*sub-functions* functions **categories**	telebusz (BKK TeleBusz)		taxi (Főtaxi)		ride-sourcing (Uber)		car-sharing (MOL Limo)	
		a' *a*	w	a' *a*	w	a' *a*	w	a' *a*	w
1,1	igény	3	0,25	2	0,4	4	0,5	3	0,3
1,2	infrastruktúra	2	0,25	2	0,15	3	0,1	2	0,15
1,3	járműmozgás	2	0,25	2	0,15	4	0,1	2	0,25
1,4	díjbeszedés	1	0,05	1	0,2	4	0,2	3	0,1
1,5	karbantartás	2	0,20	3	0,1	3	0,1	3	0,2
1	**szolgáltatástervezés és szervezés**	***2,2***		***1,9***		***3,8***		***2,6***	
2,1	járműirányítás	2	0,4	2	0,5	4	0,7	2	0,6
2,2	flottairányítás	2	0,3	2	0,25	4	0,2	2	0,3
2,3	forgalomirányítás	3	0,2	3	0,25	3	0,1	3	0,1
2	**irányítás**	***2,3***		***2,25***		***3,7***		***2,1***	
3,1,1	*tájékoztatás általános utazási feltételekről és kiegészítő szolgáltatásokról*	4	0,2	4	0,15	4	0,1	4	0,1
3,1,2	*tájékoztatás és információ kérés jelenlegi forgalmi helyzetről*	3	0,2	4	0,2	4	0,2	4	0,15
3,1,3	*személyre szabott utazástervezés, tevékenységi lánc tervezés és navigáció*	3	0,25	3	0,1	3	0,15	3.25	0,15
3,1,4	*jármű-utas kommunikáció*	1	0,1	3	0,2	3	0,1	4	0,25
3,1,5	*szórakoztatás*	1	0,1	1	0,2	2	0,1	2	0,05
3,1,6	*panaszkezelés*	3	0,05	3	0,05	4	0,1	4	0,05
3,1,7	*talált tárgyak kezelése*	1	0,05	1	0,05	3	0,05	1	0,05
3,1,8	*adatgyűjtés az utazótól - crowdsourcing*	2	0.05	3	0,05	4	0,2	4	0,2
3,1	infotainment	*2,6*	0,25	*2.85*	0,35	*3,5*	0,35	*3.64*	0,25
3,2,1	*rendelés*	2	0,25	3	0,2	4	0,35	3	0,3
3,2,2	*fizetés*	2	0,2	3	0,4	3	0,3	4	0,3
3,2,3	*jogosultság vásárlás*	2	0,2	3	0,2	3.5	0,15	4	0,1
3,2,4	*jogosultság érvényesítés*	1	0,2	1	0,2	4	0,2	3	0,3
3,2,5	*jogosultság ellenőrzés*	1	0,1	1	0	4	0	4	0
3,2	jogosultságkezelés	*1.7*	0,25	*2.6*	0,25	*3,6*	0,25	*3.4*	0,4
3,3,1	*baleset elkerülése jármű-utas között*	2	0,2	2.75	0,25	4	0,25	2.75	0,15
3,3,2	*fel- és leszállás kezelése*	1	0,25	1	0,2	1	0,2	1	0,2
3,3,3	*váratlan események kezelése*	1	0,2	1	0,15	3	0,25	1	0,3
3,3,4	*tulajdon- és életvédelem*	2	0,2	1	0,15	3	0,1	1	0,05
3,4,5	*vészhívás*	2	0,15	2	0,25	3	0,2	1	0,3
3,4	biztonság/védelem	*1,55*	0,4	*1.69*	0,25	*2,65*	0,25	*1,26*	0,15
3,5,1	*utazási komfort beállítása*	1	1	2	1	4	1	4	1
3,5	utazási körülmények kezelése	*1*	0,1	2	0,15	*4*	0,15	*4*	0,2
3	**utaskezelés**	***1,8***		***2,37***		***3,39***		***3,26***	
	KOMPLEX AUTOMATIZÁLÁSI SZINT	**⌊2.1⌋=2**		**⌊2.17⌋=2**		**⌊3.63⌋=3**		**⌊2.65⌋=2**	

Készült 2018.11.20-i adatok alapján.

4. Függelék: Eredmény – Igényelt emberi képességek változása

F.2. táblázat: Igényelt emberi képességek változása

	f,s	tájékoztatás általá-nos feltételekről ... 1,1	tájékoztatás jelenlegi forgalmi helyzetről 1,2	személyre szabott utazástervezés, ... 1,3	jármű-utas kommunikáció 1,4	szórakoztatás 1,5	panaszkezelés 1,6	talált tárgyak kezelése 1,7	adatgyűjtés az utazótól 1,8	rendelés 2,1	fizetés 2,2	jogosultság vásárlás 2,3	jogosultság érvényesítés 2,4	jogosultság ellenőrzés 2,5	balesetek elkerülése jármű-utas között 3,1	fel- és leszállás kezelése 3,2	váratlan események kezelése 3,3	tulajdon- és életvédelem 3,4	vészhívás 3,5	utazási komfort beállítása 4,1	n_i n_i^*	N_i
látás	$h_{s,1}$	4	5	4	2	3	2	3	1	3	3	3	4	4	3	4	5	4	2	1		
	$h^*_{s,1}$	4	4	3	4	4	2	3	1	3	3	2	2	2	5	4	5	4	2	1		
	$m_{s,1}$	16	25	16	10	12	4	6	5	12	12	12	20	12	15	20	10	20	4	5	3,15	
	$m^*_{s,1}$	16	20	12	20	16	4	6	5	12	12	8	10	6	25	20	10	20	4	5	3,08	-0,07
hallás	$h_{s,2}$	2	2	2	2	2	4	3	0	2	4	3	1	3	1	4	2	0	5	0		
	$h^*_{s,2}$	1	3	4	4	4	3	3	0	2	1	1	1	2	3	4	4	0	5	0		
	$m_{s,2}$	8	10	8	10	8	8	6	0	8	16	12	5	9	5	20	4	0	10	0	1,96	
	$m^*_{s,2}$	4	15	16	20	16	6	6	0	8	4	4	5	6	15	20	8	0	10	0	2,17	+0,21
rezgésérz.	$h_{s,3}$	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	$h^*_{s,3}$	0	3	4	2	0	0	0	0	0	1	2	0	0	4	0	0	0	0	0		
	$m_{s,3}$	0	5	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,17	
	$m^*_{s,3}$	0	15	16	0	0	0	0	0	0	4	8	0	0	20	0	0	0	0	0	0,97	+0,8
érintés	$h_{s,4}$	1	1	1	0	1	0	1	0	0	2	1	3	0	0	2	0	0	0	1		
	$h^*_{s,4}$	1	1	1	0	3	0	3	0	2	4	2	2	0	0	2	0	0	0	2		
	$m_{s,4}$	4	5	4	0	4	0	1	0	0	8	4	15	0	0	10	0	0	0	5	0,81	
	$m^*_{s,4}$	4	5	4	0	12	0	6	0	8	16	8	10	0	0	10	0	0	0	10	1,24	+0,43
gépelés	$h_{s,5}$	3	4	4	0	3	0	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0		
	$h^*_{s,5}$	2	3	3	0	4	4	4	3	5	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0		
	$m_{s,5}$	12	20	16	0	12	0	2	10	8	8	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1,23	
	$m^*_{s,5}$	8	15	12	0	16	8	8	15	20	16	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1,63	+0,4
mozdulatok	$h_{s,6}$	4	3	4	0	3	1	0	0	3	5	5	5	5	0	2	0	0	3	2		
	$h^*_{s,6}$	3	3	2	0	4	2	0	0	2	2	2	2	3	0	1	0	0	2	3		
	$m_{s,6}$	16	15	16	0	12	2	0	0	12	20	20	25	15	0	10	0	0	6	10	2,39	
	$m^*_{s,6}$	12	15	8	0	16	4	0	0	8	8	8	10	9	0	5	0	0	4	15	1,65	-0,76
beszéd	$h_{s,7}$	1	2	1	1	0	4	2	3	2	2	1	0	2	0	0	0	0	5	0		
	$h^*_{s,7}$	3	2	2	2	2	2	2	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0		
	$m_{s,7}$	4	10	4	5	0	8	4	15	8	8	4	0	6	0	0	0	0	10	0	1,15	
	$m^*_{s,7}$	12	10	8	10	8	4	4	5	8	0	0	0	3	0	0	0	0	8	0	1,07	-0,08
olvasás	$h_{s,8}$	4	4	3	3	3	2	0	0	2	3	0	2	2	0	0	2	0	3	0		
	$h^*_{s,8}$	4	4	2	4	4	2	0	0	3	3	0	2	2	0	0	3	0	3	0		
	$m_{s,8}$	16	20	12	15	12	4	0	0	8	12	0	10	6	0	0	4	0	6	0	1,67	
	$m^*_{s,8}$	16	20	8	20	16	4	0	0	12	12	0	10	6	0	0	6	0	6	0	1,81	+0,15
kognitív k.	$h_{s,9}$	3	3	4	2	2	3	3	3	3	2	3	2	4	3	5	3	3	4	2		
	$h^*_{s,9}$	2	2	3	5	4	3	3	1	2	3	2	2	2	3	2	4	2	3	1		
	$m_{s,9}$	12	15	16	10	8	6	6	15	12	12	12	20	9	25	15	6	15	8	10	3,09	
	$m^*_{s,9}$	8	10	12	25	16	6	6	5	8	8	8	10	6	15	10	8	10	6	5	2,43	-0,67

5. Függelék: Eredmény – Útvonaltervező alkalmazások összehasonlítása

F.3. táblázat: Útvonaltervező alkalmazások összehasonlítása

	Magyar			Külföldi					
	Város	Régió		Város				Régió	
	futar.bkk.hu	maps.google.com	utvonalterv.hu	bvg.de	tfl.gov.uk	new.mta.info	ratp.com	511.org	anachb.at
pq \ r	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	**1,5**	**0**	**0**	**2**	**2**	**1**	**0**	**2,5**	**1**
11	0	0	0	2	2	0	0	2	1
12	3	0	0	2	2	2	0	3	1
2	**2,8**	**3,6**	**2**	**2**	**2,6**	**1,8**	**1,2**	**1,6**	**2,2**
21	3	4	3	3	4	2	2	2	2
22	3	4	0	3	2	2	2	2	2
23	4	3	0	2	3	3	2	2	4
24	0	3	4	0	2	2	0	0	0
25	4	4	3	2	2	0	0	2	3
3	**1**	**0**	**0**	**1,75**	**1**	**2**	**0**	**0**	**0,5**
31	0	0	0	3	2	4	0	0	0
32	4	0	0	3	2	4	0	0	2
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4	**0,5**	**0**	**0**	**0,5**	**1,25**	**0**	**0**	**0**	**1,5**
41	0	0	0	0	1	0	0	0	0
42	1	0	0	0	1	0	0	0	2
43	0	0	0	1	1	0	0	0	2
44	0	0	0	1	2	0	0	0	2
5	**0**	**0**	**0**	**0,5**	**2**	**0**	**0**	**0**	**1**
51	0	0	0	0	2	0	0	0	1
52	0	0	0	1	2	0	0	0	1
6	**1,8**	**0,6**	**0,6**	**0**	**1,2**	**1,6**	**1,2**	**2,2**	**1**
61	3	1	1	0	2	2	2	3	1
62	3	1	1	0	2	2	2	3	1
63	0	1	1	0	2	2	2	3	1
64	3	0	0	0	0	0	0	0	1
65	0	0	0	0	0	2	0	2	1
7	**4**	**1**	**2**	**4**	**3**	**4**	**2**	**3**	**4**
71	4	1	4	4	3	4	2	3	4
72	4	1	0	4	3	4	2	3	4
8	**3**	**2**	**0**	**2**	**2**	**4**	1	**2**	**2**
81	3	2	0	2	2	4	1	2	2
u_r	***13,6***	***7,2***	***4,6***	***12,75***	***15,05***	***14,4***	***5,4***	***11,3***	***13,2***

Készült 2018.11.26-i adatok alapján.

6. Függelék: Kérdőív – Elvárások a kerékpáros információs szolgáltatásokkal szemben

Korszerű kerékpáros információs rendszer fejlesztése

Kedves Kitöltő!

Földes Dávid vagyok, közlekedésmérnök hallgató a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Karának, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszékén. Korszerű kerékpáros információs rendszer fejlesztése témában végzek kutatásokat. Jelen kérdőív kitöltésével nagyban segítené munkámat.

A kérdőív kitöltése 10-15 percet vesz igénybe. A kérdőív kérdései kerékpározási szokásokra, elvárásokra vonatkoznak. A kérdőív kérdéseit négy témakörre bontottam. A kérdések egy részénél egy válasz lehetőséget adjon meg, egy esetben több választ is megadhat, egy esetben pedig rangsorolni szükséges az állításokat. Számos kérdésnél skálán szükséges kiválasztania az Önhöz legközelebb álló értéket.

Válaszadását előre is köszönöm.

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 használok
   - ☐ többségében közösségi kerékpárt használok
   - ☐ fele-fele arányban használok közösségi kerékpárt és saját kerékpárt
   - ☐ többségében saját kerékpárt használok
   - ☐ soha nem használok 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) Többnyire 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) A következő 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 gyalog-, kerékpárút					
Közös gyalogos, kerékpáros zóna					
Kerékpársáv					
Kerékpárnyom					
Egyirányú utca kerékpárosoknak ellenkező irányú behajtással					
Közös kerékpáros és autóbuszsáv					
Főútvonal					
Főút, szélen vezetett önálló buszsávval (kerékpározás a buszsáv melletti, szélső forgalmi sávon megengedett)					

12) Mennyire rettenti el Önt az adott útszakasz használatától az útszakasz következő 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, 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 rettenti 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, beállás orral előre			
ferde parkolás, beállás tolatva			

14) Jogszabályi irányítású (jelzőlámpa nélküli) kereszteződéshez érkezik kerékpárral. A következő 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 (elsőbbséget 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 a következő 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 információ
- ☐ egyéb, és pedig: .....

17) **Kerékpáros utazásai** előkészítésére használ útvonaltervező alkalmazást? Több választ is megjelölhet!
- ☐ Google Maps
- ☐ BKK Futár útvonaltervező
- ☐ merretekerjek.hu
- ☐ geologika.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 információt			
kerékpár tárolási információ 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 választt 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 információ például: eljutási idő, időjárási információ, 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):

- ☐ metropolisz (pl. Budapest)
- ☐ nagyváros (pl. Debrecen)
- ☐ kisváros
- ☐ község vagy kisebb település

7. Függelék: Hálózati elemek típusai és tulajdonságaik

Az F.4. táblázat a csúcstípusokat, míg az F.5. táblázat az éltípusokat és azok gráftípusokon való előfordulását mutatják be.

F.4. táblázat: Csúcstípusok ($^{k}V_{i}$)

Csúcs-típus k	Megnevezés	Milyen szintű és típusú gráfon jelenik meg? A	B	C	D	E	F
1	Be/kilépési pontok (pl.: házak kapuja)			✖			
2	Gyalogos/kerékpáros átadási pont			✖	✖		
3	Jelölő (pl.: emelkedő/ lépcső/ mozgólépcső/ lift/ eltérő éltípus/ keresztező szakasz kezdete)	✖	✖	✖	✖		✖
4	Kereszteződés (irányváltást lehetővé tevő pont)	✖	✖	✖	✖		✖
5	Kerékpártároló	✖		✖	✖		
6	Utascsere helyszínek (okos megálló, virtuális megálló, taxi droszt, car-sharing állomás, bike-sharing állomás, vasútállomás)	✖		✖		✖	
7	Parkolóhely	✖		✖			✖
8	POI	✖	✖	✖	✖		✖
9	Utasforgalmi létesítmény bejárata	✖	✖	✖			✖

F.5. táblázat: Éltípusok ($^{l}E_{i,i+1}$)

Éltípus l	Megnevezés	Milyen szintű és típusú gráfon jelenik meg? A	B	C	D	E	F
1	Egyirányú utca				✖		✖
2	Egyirányú utca kerékpárosoknak ellenkező irányú behajtással				✖		
3	Főút				✖		✖
4	Főút, szélen vezetett önálló buszsávval				✖		
5	Gyalogátkelőhely lámpa nélkül	✖		✖			
6	Gyalogátkelőhely lámpával	✖		✖			
7	Gyalogátkelőhely nélküli átkelés	✖		✖			
8	Kerékpárnyom				✖		
9	Kerékpáros és autóbuszsáv				✖		
10	Kerékpársáv				✖		
11	Kerékpárút (önálló)				✖		
12	Kerékpárút, járdától sávval elválasztva	✖		✖	✖		
13	Kerékpárút, járdától sávelválasztás nélkül közös	✖		✖	✖		
14	Közösségi közlekedési útvonal					✖	
15	Lépcső	✖	✖	✖			
16	Lift		✖				
17	Mellékutca				✖		✖
18	Mindkét oldalról behajtani tilos kivéve kerékpárosoknak				✖		
19	Mozgólépcső/mozgójárda		✖				
20	Önálló járda	✖	✖	✖			

Az élek és csúcsok tulajdonságokkal rendelkeznek. A csúcsokhoz tartozó tulajdonságokat az F.6. táblázatban, míg az élekhez tartozó tulajdonságokat a F.7. táblázatban foglalom össze. Nem minden tulajdonság értelmezhető minden csúcs és él esetében, ekkor adott hálózati elemnél a tulajdonság üresen marad (NULL értékű mező). Például az aláhúzott tulajdonságok csak gyalogátkelőhely éltípusok, míg a félkövérrel jelölt tulajdonságok csak közösségi közlekedési útvonal éltípus esetében relevánsak. Az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások esetében a virtuális megállóhelyek ID, koordináta és leírás attribútumai vannak kitöltve; míg okos megállóknál a POI ID, információs berendezés és utaskényelem? attribútumok rendelkeznek értékkel. A dinamikus tulajdonságokat pirossal emeltem ki. Dőlttel jelöltem az idegen kulcsokat, azaz azokat a tulajdonságokat, amelyek értéke egy ún. kódtáblából nyerhető. A kódtáblákat az F.8. táblázatban foglalom össze.

F.6. táblázat: Csúcsok tulajdonságai

Mezőnév	Adattípus	Leírás
ID	Számláló	*i = i..I*
típus ID	Szöveg	Típus azonosító
koordináta	Szöveg	Földrajzi hely
leírás	Szöveg	Földrajzi elnevezés, hivatalos név
elérhető POI ID	Szöveg	Elérhető szolgáltatás azonosítója
információs berendezés?	Igen/nem	Elérhető-e valós idejű tájékoztatás a megállóban
utaskényelem?	Igen/nem	Fedett-e, ülőhely van-e a megállóban?
szabad kapacitás	Szám	Parkoló/tároló aktuális szabad kapacitása [db]
közösségi kerékpártároló?	Igen/nem	Adott csúcs közösségi kerékpár tároló?
díj	Szöveg	Tájékoztatás a díjszabásról
orzott?	Igen/nem	Emberi vagy gépi erővel őrzött?

dinamikus tulajdonság, *idegen kulcs*

F.7. táblázat: Élek tulajdonságai

Mezőnév	Adattípus	Leírás
ID	Számláló	*j=1..J*
kezdő csúcs ID	Szám	Kezdő csúcs azonosítója (i)
befejező csúcs ID	Szám	Befejező csúcs azonosítója (i+1)
típus ID	Szöveg	Típus azonosító
hossz	Szám	Él hossza
emelkedés	Szám	Emelkedés százalékban megadva %
fizikai állapot ID	Szöveg	Útfelület fizikai állapotának azonosítója
időjáras okozta ID	Szöveg	Útfelület időjárás okozta állapotának azonosítója
csapadék ID	Szöveg	Csapadék helyzet azonosítója
hőmérséklet	Szám	Aktuális hőmérséklet Celsius fokban
szél ID	Szöveg	Szél viszonyok azonosítója
közúti forgalom ID	Szöveg	Közúti forgalomnagyság azonosítója
kerékpáros forgalom ID	Szöveg	Kerékpáros forgalomnagyság azonosítója
gyalogos forgalom ID	Szöveg	Gyalogos forgalomnagyság azonosítója
parkolási gyak ID	Szöveg	Gépjárműves parkolási műveletek gyakoriságának azonosítója
parkolóhely kialakítás ID	Szöveg	Közúti parkolóhely kialakítás azonosítója
süllyesztett útpadka?	Igen/nem	Keresztezés süllyesztett útpadkában végződik-e?
keresztezendő sav	Szám	Keresztezendő közúti forgalmi sávok száma
keresztezendő vágány	Igen/nem	Keresztezendő vágányok száma
forgalomirányítás ID	Szöveg	Forgalomirányítás azonosítója
keresztezési időveszteség	Szám	Jelzőlámpás irányítású keresztező élen értelmezett átlagos várakozási idő a zöld jelzésre (tilos idő fele) [s]
keresztezendő forgalom ID	Szöveg	Keresztezendő közúti forgalomnagyság azonosítója
levegőminőség ID	Szöveg	Levegőminőség azonosítója
alacsonypadlós?	Igen/nem	Használt jármű alacsonypadlós-e
WiFi?	Igen/nem	Használt járművön elérhető-e wifi
légkondicionált?	Igen/nem	Használt jármű légkondicionált-e
megosztás?	Igen/nem	A járművet megosztva használják-e?
kitérés?	Igen/nem	Az él az utazónak kitérő szakasz-e?
alapdíj ID	Szám	Adott élhez tartozó szolgáltatási alapdíj
forgalmi díjtényező ID	Szám	Közúti forgalomnagyság változását kifejező díjtényező
megosztási díjtényező ID	Szám	Jármű megosztott jellegét kifejező díjtényező
kereslet díjtényező	Szám	Szolgáltatás iránti kereslet függvényében változó díjtényező
szolgáltatástípus ID	Szám	(pl. jelenlegi szolgáltatások vagy jövőbeli autonóm járműves szolgáltatás típusok)

dinamikus tulajdonság, *idegen kulcs,*
csak gyalogátkelőhely éltípusok esetében, **csak közösségi közlekedési útvonal éltípus**

F.8. táblázat: Kódtáblák értékei

Tábla	ID	Állapot Megnevezés
Fizikai állapot	I	Jó
	II	Rossz
	III	Rendkívül rossz
Időjárás okozta állapot	I	Száraz
	II	Vizes
	III	Havas
	IV	Jeges
Csapadék	I	Száraz
	II	Csapadékos
Szél	a	Szeles
	b	Szélcsend
Közúti forgalomnagyság	I	Kis (< 800 E/h)
	II	Közepes (800 – 1800 E/h)
	III	Nagy (> 1800 E/h)
Kerékpáros forgalomnagyság	I	Kis (< 60 kerékpár/h)
	II	Közepes (60 – 250 kerékpár/h)
	III	Nagy (> 250 kerékpár/h)
Gyalogos forgalomnagyság	I	Kis (<400 fő/h)
	II	Közepes (400 – 1200 fő/h)
	III	Nagy (> 1200 fő/h)
Parkolási művelet gyakoriság	I	Ritka (várakozási idő >4 óra)
	II	Átlagos (várakozási idő 1-4 óra)
	III	Gyakori (várakozási idő <1 óra
Parkolóhely kialakítása	A	Párhuzamos
	B	Ferde (30, 45, 60°-os) menetirány szerinti beállással
	C	Ferde menetiránnyal ellenkező beállással
	D	Merőleges
Forgalomirányítás	A	Jobbkéz
	B1	Jelzőtábla (alárendelt)
	B2	Jelzőtábla (fölérendelt)
	C	Jelzőlámpa
Keresztezendő forgalomnagyság	I	Kis (< 800 E/h)
	II	Közepes (800 – 1800 E/h)
	III	Nagy (> 1800 E/h)
Levegőminőség	I	Jó
	II	Rossz (vagy nagy közúti forgalmú szakasz)

8. Függelék: Hálózati elemek személyre szabható tulajdonságai

F.9. táblázat: Felhasználói beállítások és a *zavaró* beállítási lehetőség értékei kerékpározásnál

Kategória	Jel	Beállítások Megnevezés	*Zavaró* számérték
Úttípus	$x_{1,1}$	Kerékpárút (önálló)	1,09
	$x_{1,2}$	Kerékpárút, járdától sávval elválasztva	1,35
	$x_{1,3}$	Kerékpárút, járdától sávelválasztás nélkül	1,55
	$x_{1,4}$	Kerékpársáv	1,22
	$x_{1,5}$	Kerékpárnyom	1,38
	$x_{1,6}$	Kerékpáros és autóbuszsáv	1,44
	$x_{1,7}$	Egyirányú utca kerékpárosoknak ellenkező irányú behajtással	1,35
	$x_{1,8}$	Főút	1,53
	$x_{1,9}$	Főút, szélen vezetett önálló buszsávval	1,54
Domborzat	$x_{2,1}$	Meredek emelkedő	1,54
	$x_{2,2}$	Közepesen meredek emelkedő	1,39
	$x_{2,3}$	Meredek lejtő	1,43
Útállapot	$x_{3,1}$	Rossz fizikai útállapot	1,66
	$x_{3,2}$	Rendkívül rossz fizikai útállapot	1,7*
	$x_{3,3}$	Vizes	1,48
	$x_{3,4}$	Havas	1,73
	$x_{3,5}$	Jeges	1,88
Időjárás	$x_{4,1}$	Alacsony hőmérséklet	1,58
	$x_{4,2}$	Magas hőmérséklet	1,51
	$x_{4,3}$	Eső	1,76
	$x_{4,4}$	Erős szél	1,68
	$x_{4,5}$	Rossz levegőminőség	1,4*
Forgalom	$x_{5,1}$	Nagy közúti forgalom	1,65
	$x_{5,2}$	Nagy kerékpáros forgalom	1,52
	$x_{5,3}$	Nagy gyalogos forgalom	1,78
Közúti parkoló helyek kialakítása	$x_{6,1}$	Párhuzamosan parkoló autók	1,43
	$x_{6,2}$	Ferdén előre parkoló autók	1,50
	$x_{6,3}$	Ferdén tolatva parkoló autók	1,40
	$x_{6,4}$	Merőlegesen parkoló autók	1,45
Kereszte-zés	$x_{7,1}$	Nagyforgalmú út keresztezése	1,73
	$x_{7,2}$	Jobbkezes keresztezés	1,46
	$x_{7,3}$	Jelzőtáblával irányított keresztezés	1,38
	$x_{7,4}$	2 sáv keresztezése	1,49
	$x_{7,5}$	3 sáv keresztezése	1,64
	$x_{7,6}$	3-nál több sáv keresztezése	1,73
	$x_{7,7}$	Vágány keresztezése	1,44
Tároló	$x_{8,1}$	Közösségi kerékpártároló szükségessége	0,8*
	$x_{8,2}$	Szabad kerékpártároló szükségessége	
POI	$x_{9,1}$	Ivókút szükségessége	
	$x_{9,2}$	Kerékfelfújás lehetőség szükségessége	
	$x_{9,3}$	Szerviz lehetőség szükségessége	

* a kérdőív alapján nem alátámasztható, becsült érték

F.10. táblázat: Felhasználói beállítások és a *zavaró* beállítási lehetőség értékei gyaloglásnál

Kategória	Jel	Beállítások Megnevezés	*Zavaró* számérték
Akadályok leküzdése	$x_{10,1}$	Emelkedő/lejtő	1,1
	$x_{10,2}$	Lépcső	1,15
	$x_{10,3}$	Mozgólépcső	1,14
	$x_{10,4}$	Lift	1,05
Úttest keresztezése	$x_{11,1}$	Gyalogátkelőhely lámpával	1,03
	$x_{11,2}$	Gyalogátkelőhely nélküli átkelés	1,05
	$x_{11,3}$	Süllyesztett padka hiánya	1,06

F.11. táblázat: Felhasználói beállítások és a *zavaró* beállítási lehetőség értékei közforgalmú közlekedésnél

Kategória	Jel	Beállítások Megnevezés	*Zavaró* számérték
Megálló	$x_{12,1}$	Utasinformációs rendszerek hiánya az állomáson	1,08
	$x_{12,3}$	Utaskényelmi berendezések hiánya az állomáson	1,11
Utazás	$x_{13,1}$	Alacsonypadlós jármű hiánya	1,05
	$x_{13,2}$	Légkondicionáló hiánya a járművön	1,03
	$x_{13,3}$	WiFi hiánya a járművön	1,02
	$x_{13,4}$	Közvetlen utazás hiánya	1,4

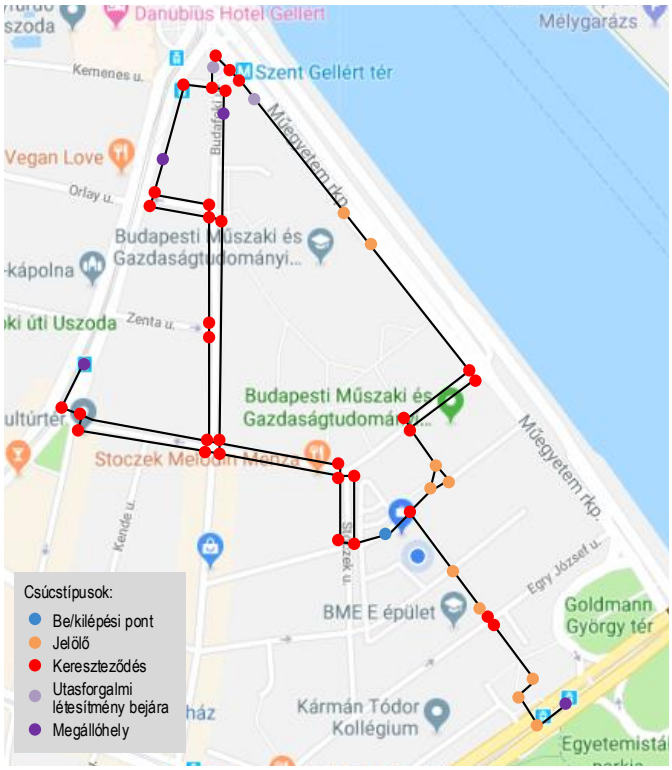
9. Függelék: Útvonalértékelő módszer validálása

Az összehasonlítás érdekében Budapest, BME St. épület és Budapest Keleti pályaudvar közötti kerékpáros, valamint közforgalmú közlekedési útvonalakat vizsgáltam, mely utóbbihoz rá- és elgyaloglási fázist is részletesen figyelembe vettem.

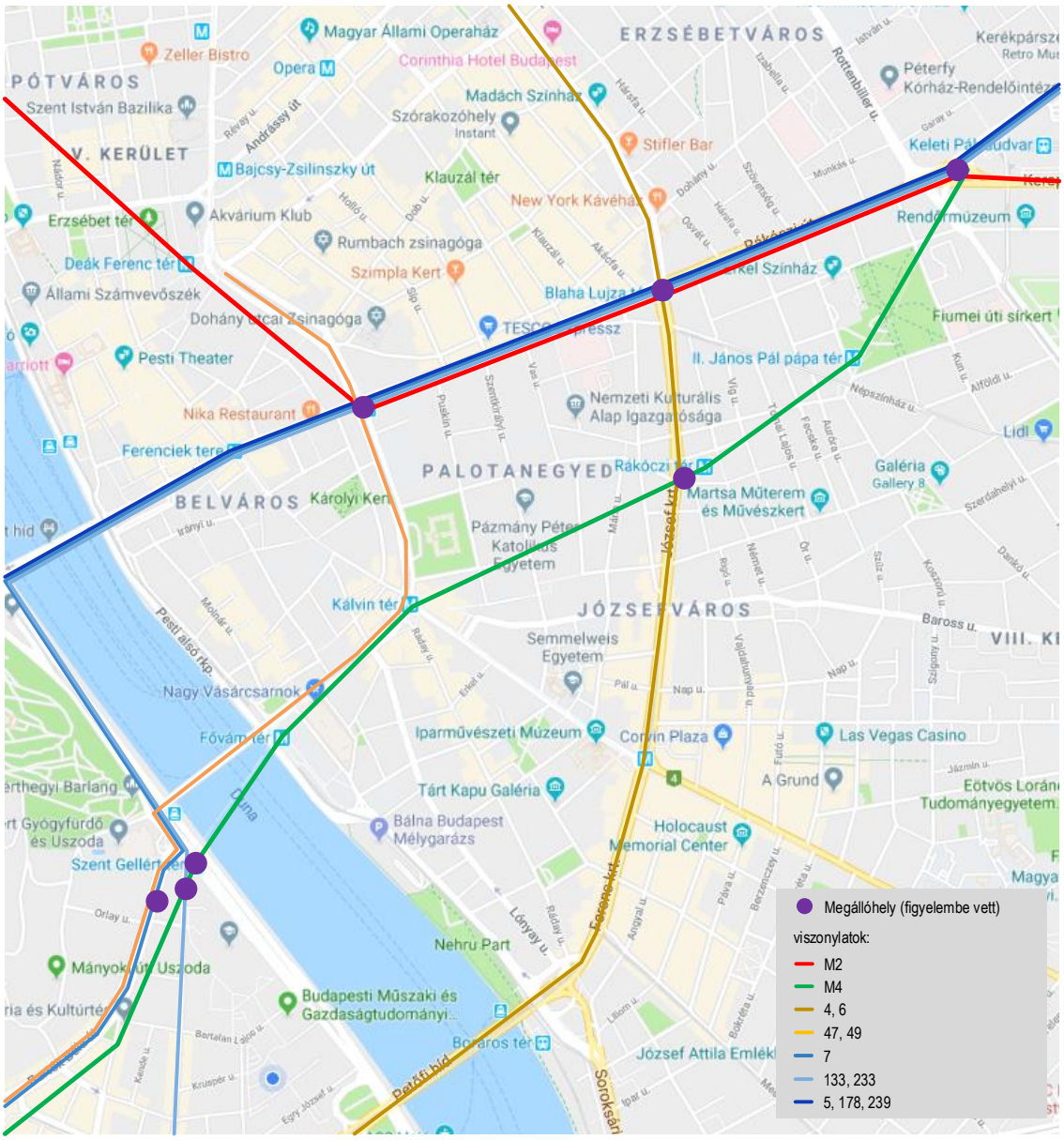
Az útvonalak definiálásához a hálózatot makró gráfokkal képeztem le. A gráfokat gyaloglás esetén az F.11. ábrán (az induló pont környéke), közforgalmú közlekedés esetén az F.12. ábrán, míg kerékpár esetén az F.13. ábrán szemléltetem. Gyaloglás esetén leképeztem a Blaha Lujza teret és a Keleti pályaudvart, mint mezo gráf, illetve a Szent Gellért tér, Blaha Lujza tér, Keleti pályaudvar metróállomásokat, valamint a Keleti pályaudvart, mint mikro gráf is.

A hálózati elemek részletes tulajdonságait területbejárásokkal, valamint mérésekkel határoztam meg (pl.: lépcsők hossza, süllyesztett útpadka, kereszteződések típusa, metróállomások belső területe). A hálózati elemeket a kidolgozott módszerrel értékeltem; ehhez Excel adatbázist használtam.

Az értékelést közforgalmú közlekedési útvonalakra 2015. évi nyári adatok alapján végeztem. Az értékelés során pontos indulásnak közforgalmú közlekedés esetén 2015.08.24. 16:00-át, míg kerékpáros utazás esetén 2016.10.01. 16:00-át alkalmaztam. Ezen időpontokat állítottam be a BKK Futár utazástervező alkalmazásban is. Az így kapott eredményeket (utazási idő) hasonlítottam össze a Futár által szolgáltatott eredményekkel. Az összehasonlítás eredményét közforgalmú közlekedésre (kiinduló pont körül gyaloglás) vonatkozóan az F.12. táblázatban, míg kerékpáros útvonalra vonatkozóan az F.13. táblázatban mutatom be. A cellákban a teljes utazási idő, a viszonylat és a felszállóhely neve szerepel. Kerékpározás esetében az értékelés eredményét referencia mérések eredményével is összehasonlítottam. A vizsgálathoz hétköznap délutáni, nagyobb forgalmú, száraz, 15 fok feletti időjárási körülményt választottam. Az értékelő módszer által szolgáltatott időértékek és a referenciamérés (az útvonalon végrehajtott három referenciamérés eredményeinek átlaga) eredményét is tartalmazza az F.13. táblázat tartalmazza. Az összehasonlítást a Stoczek utca – Bertalan Lajos utca – Budafoki út – Szent Gellért tér – Szabadság híd – Vámház körút – Múzeum körút – Astoria – Dohány utca – István utca – Bethlen Gábor utca – Keleti pályaudvar útvonalon végeztem.



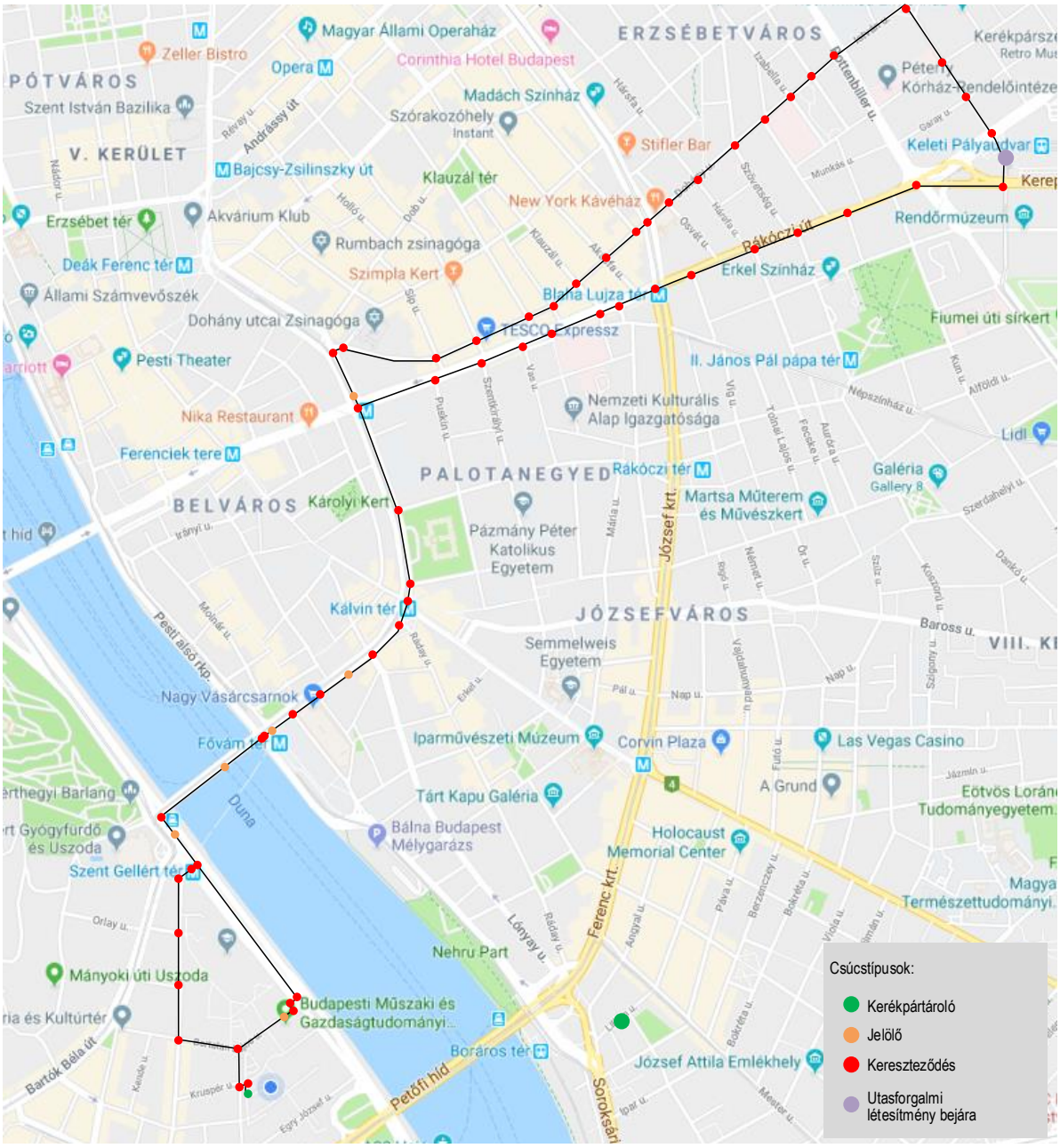
F.11 ábra. Modellezett gyalogos hálózat (kiindulási pont környezete)



F.12 ábra. Modellezett közforgalmú közlekedési hálózat (2015. nyári adatok alapján)

F.12. táblázat: Eredmények összehasonlítása – rágyaloglás. közforgalmú közlekedés

	értékelő módszer	**BKK Futár**
leggyorsabb (alapértelmezett)	22,5 perc M4 metró (Szent Gellért tér lift)	24 perc 133 busz (Szent Gellért tér)
legkevesebb gyaloglás	24 perc 6 villamos (Petőfi híd, budai hídfő) + 133 busz (Blaha Lujza tér)	28 perc 6 villamos (Petőfi híd, budai hídfő) + 233 busz (Blaha Lujza tér)
autóbusz kizárása	22,5 perc M4 metró (Szent Gellért tér lift)	24 perc M4 metró (Szent Gellért tér lift)
metró kizárása	24 perc 133 busz (Szent Gellért tér)	24 perc 133 busz (Szent Gellért tér)
akadálymentes jármű	22,5 perc M4 metró (Szent Gellért tér lift)	24 perc 133 busz (Szent Gellért tér)



F.13 ábra. Modellezett kerékpáros hálózat

F.13. táblázat: Eredmények összehasonlítása – kerékpározás

	értékelő módszer	**BKK Futár**	**referencia mérés**
a. útvonal Stoczek utca – Bertalan Lajos utca – Budafoki út – Szent Gellért tér – Szabadság híd – Vámház körút – Múzeum körút – Astoria – Dohány utca – István utca – Bethlen Gábor utca – Keleti pu.	19,8 perc	17 perc	18,1 perc
b. útvonal Stoczek utca – Bertalan Lajos utca – Budafoki út – Szent Gellért tér – Szabadság híd – Vámház körút – Múzeum körút – Astoria – Rákóczi út – Keleti pályaudvar	18,7 perc	16 perc	-