

**Személyközlekedési rendszerek és szolgáltatások
informatikai elemzési, fejlesztési és integrálási módszerei**

Dr. Csiszár Csaba

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

aki a Magyar Tudományos Akadémia doktora címére pályázik

A

**Magyar Tudományos Akadémia
Műszaki Tudományok Osztálya (VI.)
Közlekedés- és Járműtudományi Bizottságában**

Budapest

2020

Köszönetnyilvánítás

A rendelkezésemre álló kutatóműhely a BME Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszéke. Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akikkel együtt dolgozhattam és tevékenységükkel elősegítették az általam is művelt tudományterület eredményeinek bővítését. Elsőként *Dr. Westsik György* tanár urat emelem ki, aki a kutatói pályára irányított és bevezetett a Közlekedési informatika és rendszertervezés területek összefüggéseibe, valamint ránevelt a tudományos igényességű munkavégzésre.

Köszönöm a fiatal kutatótársaimnak – korábbi hallgatóimnak – az együtt gondolkodás lehetőségét, az újszerű témák közös felfedezését, valamint folyamatos érdeklődésüket és elkötelezettségüket a kutatás iránt. Mindez pozitívan befolyásolta tevékenységemet. Külön kiemelem *Sándor Zsolt*, *Esztergár-Kiss Domokos*, *Nagy Enikő*, *Csonka Bálint* és *Földes Dávid* fokozatot szerzett doktoranduszaimat, valamint *Havas Márton*, *Nagy Simon*, *Azamat Zarkeshev*, *He Yinying* jelenlegi doktoranduszaimat, akik az eddigi tevékenységük alapján bizonyították az adott terület iránti elkötelezettségüket, valamint az elért eredmények továbbvitelének és bővítésének szándékát. Ezen kívül kiemelem *Pauer Gábor*, *Szigeti Szilárd* és *Karádi Dániel* tehetséges fiatal kutatókat is, akikkel több területen is eredményesen működünk együtt.

Külön köszönet illeti meg *Dr. Tánczos Lászlóné* professzor asszonyt, a BME Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszékének egyetemi tanárát, aki mindvégig támogatta a kutatócsoportunk tevékenységét, a tudományos utánpótlásnevelést és bátorított a dolgozat elkészítésében. Köszönöm *Dr. Török Ádám* és *Dr. Barsi Árpád* kollégáimnak az előkészítésben nyújtott önzetlen segítségét és a tapasztalatok megosztását. Továbbá köszönetem fejezem ki *Dr. Tóth János* tanszékvezető úrnak.

Ezúton is nagyon köszönöm valamennyi tisztelt professzor asszony és professzor úr értékes észrevételeit, akik az értekezést benyújtás előtt átolvasták és hasznos tanácsokkal láttak el a dolgozat véglegesítésére és a további kutatómunkára vonatkozóan. Ezen javaslatok és tanácsok figyelembevételével véglegesítettem az értekezést. Hálás köszönettel tartozom *Kövesné dr. Gilicze Éva* professzor asszonynak, *Dr. Farkas András*, *Dr. Gáspár László*, *Dr. Holló Péter*, *Dr. Lengyel László*, *Dr. Péter Tamás*, *Dr. Tar József*, *Dr. Tímár András* és *Dr. Várlaki Péter* professzor uraknak.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	1
1.1. Motiváció, célkitűzés	1
1.2. Tudományos előzmények	2
1.3. Alkalmazott tudományos kutatási és vizsgálati módszerek.....	8
1.4. Az értekezés szerkezete	8
2. Személyközlekedési rendszerek elemzési módszerei.....	10
2.1. A személyközlekedési rendszer modellje	11
2.2. A személyközlekedési módok csoportosítása, elemzése, átalakulása.....	14
2.3. A személyközlekedési módok összekapcsolása, minőségelemzés.....	19
2.4. Új tudományos eredmények	24
3. Személyközlekedési információs rendszerek integrációja.....	25
3.1. Komplex közlekedésinformatikai rendszerek elemzési és modellezési módszerei.....	26
3.2. Az integrált személyközlekedési információs rendszer modellje	31
3.3. Személyközlekedési alrendszerek integrált információs rendsze-rének modelljei.....	35
3.4. Új tudományos eredmények	40
4. A közúti elektromobilitást támogató informatikai módszerek	41
4.1. Elektromos közúti gépjárművek töltési igény számítási módszere	42
4.2. Az országos átjárhatóságot biztosító elektromos villámtöltő-állomások helyszíneit kijelölő módszer.....	47
4.3. Városi publikus elektromos töltőállomások helyszíneit kijelölő módszer	49
4.4. Az elektromobilitást támogató integrált információs rendszer működésének modellezése – töltési terv optimalizálás	54
4.5. Új tudományos eredmények	59
5. Az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatások informatikai fejlesztése	61
5.1. Mobilitási szolgáltatástípusok.....	62
5.2. Utazói elvárások.....	64
5.3. Szerkezeti modell – automatizálási szintek.....	68
5.4. Működési modell - hatások.....	71
5.5. Új tudományos eredmények	78
6. Az utazóval kapcsolatos információkezelés fejlesztése.....	79
6.1. A multimodális mobilitásszervező és -irányító alrendszer modelljei, eljutási lehetőség választás	80
6.2. Az utazót támogató mobil alkalmazások és az útvonaltervek értékelési módszerei	84
6.3. Az utaskezelési funkciók automatizálása – az utazói képességek változása	90
6.4. Új tudományos eredmények	94
7. Új tudományos eredmények összefoglalása.....	95
7.1. Új tudományos eredmények	95
7.2. Az új tudományos eredmények hasznosíthatósága és hasznosítása.....	95
8. Összefoglalás.....	97
Fogalomtár.....	98
Ábrák jegyzéke	102
Táblázatok jegyzéke	103
Irodalom – tézisek témájában megjelent közlemények.....	103
Fontosabb publikációk jegyzéke	103
Tézispontokhoz kapcsolódó saját közlemények jegyzéke	111
Mellékletek.....	117

Nyilatkozat

Alulírott Csiszár Csaba kijelentem, hogy ezt a doktori értekezést magam készítettem, és abban 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, 2020. 09. 01.

.....
Csiszár Csaba

Készült:

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszékén
(1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.)

1.

Bevezetés

A közlekedési rendszerek tervezése és működtetése a technológiai, szervezési, üzemeltetési, gazdasági és jogi ismeretanyagok mellett információkezeléssel összefüggő ismereteket is igényel. A BME Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszékén folyó intenzív kutatások között meghatározó jelentőségűek a rendszertervezési és az informatikai kutatások.

1.1. Motiváció, célkitűzés

A korszerű közlekedési rendszerek speciális információs rendszereknek tekinthetők. A specialitás abból adódik, hogy az elemek jelentős része mozgási és döntési képességekkel is rendelkezik. Arra kerestem a választ, hogy *hogyan lehet az informatika eszközeivel hatékony és fenntartható működést elérni*, egyre magasabb szolgáltatási minőség mellett. Kutatásaim során kiemeltem vizsgáltam, hogyan lehet *az átalakuló közlekedési rendszerekben a szolgáltatást igénybevevő embert „újrapozicionálni”*.

Az egyik leginkább foglalkoztató kérdéskör *a személyközlekedés átalakulása és a jövőbeli jellemzőinek feltárása* volt. A *rendszer szemléletű és jövőorientált megközelítéssel* elsősorban nem „klasszikus” problémákat azonosítottam, hanem az innovációs lehetőségekben rejlő kutatási potenciál alapján adtam új, átfogó és részletes, tudományosan alátámasztott válaszokat. Kiemelt feladatomban tekintettem a jövőbeli rendszerek és szolgáltatások elméleti és gyakorlati összefüggéseinek megalapozását, feltárását; amely különös kihívást jelent paradigmaváltás során.

A napjainkban megfigyelhető *közlekedési átalakulás* a következő kifejezésekkel jellemezhető: utazási láncok, integráció, klímabarát, digitalizálás, automatizálás, mesterséges intelligencia, kommunikációintenzív rendszerek. A közlekedés egyre szabályozottabbá válik és az utazók egyre tudatosabban viselkednek. A közúti közlekedésben hasonló jellegű üzemeltetési szabályozottság és automatizáltság várható, mint ami az informatikai fejlődésben előbbre járó légi és vasúti közlekedés esetében már részben megvalósult. A járműtulajdonlásról fokozatosan áthelyeződik a hangsúly az információs szolgáltatásba „beágyazott” személyre szabott, automatizált mobilitási szolgáltatásra. Teret nyernek a megosztáson alapuló új mobilitási szolgáltatások, amelyek a jármű és férőhely kihasználtságot fokozzák (pl. autómegosztás, utazásmegosztás). Az autonóm (önvezető) járművek elterjedésével ez a tendencia erősödik. A közlekedési rendszerek összetevői egyre inkább rendelkeznek az adaptív és az öntanuló tulajdonságokkal. Az ember-gépi rendszerekben az információkezelési műveletek egyre nagyobb arányban a gépek felé tolnak, ugyanis a humán képességek korlátozottak. Ugyanakkor egyre nagyobb figyelem irányul az utazó információkezelési és döntési folyamataira is. Mindez kellő motivációt adott arra, hogy a tématerületet – lehetőség szerint – minél szélesebb körben, több oldalról és a részletek kimunkálásával próbáljam meg körüljárni.

A célom *tudományos módszerek alkalmazásával új közlekedésinformatikai modellezési, elemzési, értékelési, valamint rendszertervezési módszerek*

kidolgozása és azok adaptálása a személyközlekedés fejlesztése érdekében. Az elméleti és a gyakorlati témaköröket több, mint két évtizede kutatom; a szakirodalom elemzése és a legújabb alkalmazások megismerése alapján foglaltam össze eredményeimet. Alapvetően közlekedési informatikai kérdéskörökkel foglalkoztam, mivel azonban az informatika a teljes közlekedési rendszert leképezi és annak „szervező és összetartó” eszköze, ezért rendszertervezési, hálózattervezési, technológiai, energetikai, környezeti, gazdasági, társadalmi és emberi döntési aspektusokat is figyelembe vettem. A rendszertípusok meghatározására irányuló tudományos tevékenységemmel, *az értekezés definiáló, rendszerező részeivel a tudományterület legújabb részeit alapoztam meg.* Az átfogó megközelítés egyúttal megfelelő keretet is biztosított az egyes, szűkebb részterületek vizsgálatához. A közlekedés- és járműtudományok szorosan összetartoznak, ezért a járműtechnológiai fejlődésből vezettem le a kutatási feladatokat. Az információkkal kapcsolatos vizsgálataim sokrétűek; kiterjednek a pontosságra, megbízhatóságra, hasznosságra, költségekre, elévülésre stb. Kiemelt hangsúlyt fektettem az adatrögzítés és a fizikai folyamatok jellemzőinek, valamint azok kapcsolatainak feltárására. Jelentős kihívást jelentett a többféle forrásból származó, heterogén adathalmazok együttes felhasználása. Mivel a szolgáltatásokat az utazók elvárásai szerint alakítjuk ki, ezért gyakran alkalmaztam kérdőíves kikérdezést. Az adatok feldolgozásához többféle adatelemzési módszert fejlesztettem.

Kiemelt figyelmet fordítottam az „iskolateremtő” *tevékenységre* és az ezzel összefüggő *tudományos és szakmai utánpótlás nevelésre*, hiszen az innovatív közlekedési rendszerek és mobilitási szolgáltatások tervezése, üzemeltetése a közeljövőben nagyszámban igényli a jól felkészült és önálló feladatmegoldásra képes, az innováció iránt elkötelezett szakembereket. Egy ilyen átfogó témakör kutatása, látva a fejlődés irányát is, az elkövetkezendő időszakban is jelentős feladatokat jelent, amelyek teljesítése a továbbiakban is csak megfelelően irányított kutatóműhelyben lehetséges.

1.2. Tudományos előzmények

A *közlekedéstudomány* alkalmazott tudományág; feladata a közlekedés és környezetének elemzése, kölcsönhatásaik feltárása a teljes közlekedési rendszer komplex módon történő tervezése és társadalmilag hatékony működtetése érdekében (Kövesné, 2017). A *közlekedési informatika* a közlekedési információk rendszerszintű kezelésével összefüggő ismeretek összessége; fogalma és tárgyköre a múlt század második felétől kezdődően alakult ki és azóta is folyamatosan fejlődik (Csiszár és Westsik, 2014). Technikai háttere az infokommunikációs eszköztár. Az ezen a területen közzétett eddigi tudományos eredmények egymásra épülnek, kiegészítik, bővítik egymást; és egyben teret nyitnak a jövőbeli kutatásoknak. A kutatásom során építettem a korábbi tudományos eredményekre, melyek közül a legfontosabbakat foglaltam össze a teljesség igénye nélkül.

A számítógépek közlekedési alkalmazásának kutatása az 1960-as években kezdődött a Közlekedésüzemi Tanszéken. Eleinte a közlekedési üzemszervezés tantárgyból kiindulva kezdtek el foglalkozni az automatika és a számítástechnika felhasználásával. 1965-ben jelent meg Turányi István és Westsik György „Bevezetés a közlekedési kibernetikába” c. egyetemi jegyzete. Az automatizálás elnevezést a kibernetika elnevezés használata követte, mert az szélesebb fogalomkört jelölt meg.

Ekkorra vált világossá, hogy a közlekedés irányítási rendszerét és az ahhoz szükséges információellátást is érdemes kutatni (*Westsik, 1967, 1969b, 1970, 1980*). A kezdetben az automatizálás irányában folytatott kutatás a közlekedési informatika felé fordult; bár fogalmilag ez az új tudományterület még csak később határolódott körül. A rendszerelmélet és rendszertechika tovább bővítette a kutatás horizontját (*Westsik, 1969a, 1975, 1983, 1986, 1987, 1988*). A személyközlekedési rendszerek kutatásában *Kövesné Gilicze Éva* ért el kiemelkedő eredményeket. Kutatási területe kiterjedt – többek között – a személyközlekedési rendszerek elemzésére, értékelésére, térbeni-időbeni intézkedési javaslatok megfogalmazására. Továbbfejlesztette a szolgáltatási minőség értékelési módszereit; feltárta a városi, valamint a térségi közforgalmú közlekedés minőségi kapcsolatrendszerét (*Kövesné, 1996a, 1996b, 2000*). *Juhász János* és *Munkácsiné Lengyel Erzsébet* (2008) az útvonalválasztás kérdéskörével foglalkozva az aktuális közlekedési információk jelentőségét elemezte és a felhasználási lehetőségeket foglalta össze. Az integrált közlekedési információs rendszerek kutatási eredményei között alig található a légiközlekedési alágazatra vonatkozó publikáció. A légi informatika hazánkban egészen a 2000-es évekig kevésbé ismert és publikált szakterület volt. A repülőterek információs rendszereinek integrációjával foglalkozó eredmények *Kelemen Zsolt* (2009) publikációjában jelentek meg.

Kiemelkedő eredménnyel végzett kutatásokat a személyközlekedés területén *Monigl János*, aki a közlekedés belső és külső kapcsolatrendszerének feltárásával, tér-idő-költség alapú modellezésével és az egyéni választási modellek fejlesztésével foglalkozott (*Monigl, 2001*). Jelentős eredményeket mutatott fel a Budapesti Közlekedési Szövetség (BKSz) létrehozását megalapozó vizsgálatok során is. *Berki Zsolt* a személyközlekedési adatfelvételeken alapuló modellek fejlesztésében ért el jelentős eredményeket, különös tekintettel a szokásjellemzők vizsgálatára, valamint a közlekedési kínálati és keresleti modellekre.

Lindenbach Ágnes nevéhez köthető a hazai intelligens közlekedési rendszerekkel kapcsolatos kutatások megindítása (*Lindenbach et al., 2004*); kidolgozta a rendszerek hazai bevezetési stratégiáját, meghatározta az elérhető hasznokat; továbbá eredményeket ért el az együttműködő megoldások fejlesztése vonatkozásában is. *Fí István* az útépitési kutatások mellett, elsősorban a közúthálózat rendszerszintű elemzése és fejlesztése, valamint a forgalmi folyamatoknak a vizsgálata terén ért el kimagasló eredményeket. *Orosz Csaba* hálózatfejlesztési kutatásai jelentősek, továbbá a parkolási rendszerekkel és a fenntartható mobilitási tervekkel kapcsolatos eredményei emelendők ki. Kutatásai során az innovatív technológiai és közlekedésszervezési megoldásoknak (elektromobilitás, automatizálás, megosztott mobilitás) az integrálásával is foglalkozik.

Barsi Árpád a közlekedési térinformatika területén végez meghatározó jellegű kutatásokat. A legújabb technológiai megoldásokat alkalmazva, az önvezető járművek irányításához szükséges térinformatikai megoldásokat fejleszt. *Lovas Tamás* a közlekedésben alkalmazható távérzékelési technológiák kutatásával foglalkozik, amelyek segítségével a valóságot pontosabban leképező adatbázisok készíthetők. *Wirth Ervin* az elektromos járművek használatát támogató térinformatikai megoldásokat dolgoz ki; kutatásokat folytat a töltőállomás-helyszínek kijelölése és a teljes elektromobilitási rendszer mesterséges intelligencia alapú modellezése és vizsgálata területeken.

Berényi János a közlekedéstervezési és -szervezési módszerek (pl. gyalogosforgalmi méretezés) kidolgozása, valamint logisztikai és informatikai területeken is jelentős eredményeket ért. Foglalkozott az elektronikus közlekedési adatbázisok felhasználhatósági kérdéseivel és azok integrálásával. *Albert Gábor* a teljes közlekedési rendszerre vonatkozó elemzések, valamint a stratégiaalkotás területeken ért el jelentős eredményeket. *Munkácsy András* az utazási szokások vizsgálata területen (elsősorban a közforgalmi közlekedésre vonatkozóan) mutatott fel jelentős eredményeket. Részletes kutatásokat végzett a közösségi kerékpármegosztó rendszerek felhasználói elfogadása témában. *Fleischer Tamás* az urbanisztika és a fenntartható városi közlekedés területén végez iránymutató kutatásokat. Kutatásai jellemzően az elérhetőség, időfelhasználás, környezetvédelem területekre irányulnak.

Az ezen a területen született nemzetközi tudományos eredményeket egymással összefüggő témakörökbe rendezve tekintetem át. *Bart van Arem* és kutatócsoportjának eredményei kiemelkedőek a közlekedési modellezés és a közlekedési információs rendszerek területén. Kutatásaik a legújabb technológiai megoldásokkal (automatizálással) kapcsolatos tervezési és üzemeltetési kérdésekre fókuszálnak, így jelentős eredményeket mutattak fel a városi mobilitástervezés átalakulása területén (*van Arem et al., 2019*), az elektromos és az autonóm közúti járművekkel kapcsolatos kérdések vizsgálatában, továbbá a közlekedők viselkedésének elemzése vonatkozásában, különös tekintettel a mód- és eszközválasztásra. Hasonlóan kiemelkedőek *Hani S. Mahmassani* és kutatócsoportjának eredményei, akik a hálózatmodellezés, operációkutatás, utazói viselkedés (*Mahmassani et al., 2013*) területeken végzik tevékenységüket. Legújabban az autonóm járművekre épülő rendszerek, a multimodális hálózati modellek, a ráterhelési eljárások és a forgalmi becslések kerültek a kutatásuk középpontjába. Mindezt kiegészítik hatékonysági és gazdasági elemzésekkel és értékelésekkel is. Az új mobilitási szolgáltatások jellemzőit *Maria Kamargianni* és szerzőtársai (2016) foglalták össze, akik több szempont szerinti értékelést végeztek, és az integrálási megoldásokra tettek javaslatot, különös tekintettel az infokommunikációs integrációra. Kutatásaikat a mobilitás, mint szolgáltatás (MaaS) koncepcióval összefüggésben, annak gyakorlati megvalósítására fókuszálva végzik.

A parkolásnak a megelőző és a követő mozgási műveletekkel való kapcsolatával, továbbá a dinamikus (valós idejű adatok szerinti) információk parkolóhely-kereső forgalomra gyakorolt hatásával többen foglalkoztak; közülük *Felix Caicedo (2010)* eredményei emelkednek ki. A parkolóhely-foglalás bevezetésére és a változó díjtételek, mint szabályozó eszköz hatásaira vonatkozó eredményeket *Caroline J. Rodier* és *Susan A. Shaheen (2010)*, valamint *Dusan Teodorovic* és *Panta Lucic (2006)* közölték publikációikban. A személyre szabott parkolást támogató információs szolgáltatások fejlesztésére, valamint az elérhető utazási idő csökkenésre és energiamegtakarításra vonatkozó kutatási eredményeket *Jong-Ho Shin* és *Hong-Bae Jun (2014)* tett közzé publikációjában. A parkolóhely-választási viselkedést *Michele Ottomanelli* és szerzőtársai (2011) modellezték. A parkolási alkalmazások többnyire nem támogatják az utazási láncok tervezését és a navigációt, továbbá a parkolóhely előfoglalására is csak kevés esetben van lehetőség; mindez növeli a teljes utazási lánc bizonytalanságát. A parkolási információs rendszerek integrációjának és a személyre szabott tájékoztatásnak a tudományos megalapozása ezidáig hiányzott.

Az elektromos közúti járművek töltőtelepítési vizsgálatainál jellemzően közlekedési vagy elektromos hálózati (hozzáférhetőség, szabad kapacitás) megközelítést alkalmaznak. A töltési igények meghatározásánál szociodemográfiai és makrogazdasági adatokat, forgalmi adatokat és a forgalomvonzó létesítmények jellemzőit veszik általában figyelembe. Rendszerszemléletű, többlépéses, töltési igény számító módszer ezidáig nem állt rendelkezésre. A tudományos kutatásoknál utazás-orientált (flow-based), pont-orientált (node-based) vagy szakasz-orientált (arc-based) megközelítési módokat alkalmaznak. A hosszútávú utazások során felmerülő töltési igény modellezésekor utazás-orientált megközelítést alkalmaztak *Kai Huang* és szerzőtársai (2016); az igényeket egy-egy útvonalhoz rendelték. *Christopher Upchurch* és *Michael Kuby* (2010) a töltőállomások telepítésénél alkalmazható matematikai modelleket hasonlította össze. A helyszíneket az utazások honnan-hová adatainak és a jellemző útvonalaknak az ismeretében határozták meg, miközben a kiszolgált utazások számának maximalizálására, az útvonalak töltőállomással való minél nagyobb lefedettségére törekedtek. Olyan, pont- és szakasz-orientált kombinált módszer, amely azokban az esetekben is használható, amikor nem állnak rendelkezésre részletes adatok a közlekedési áramlatokról (pl. honnan-hová utazások), továbbá amely figyelembe veszi a potenciális helyszínek szolgáltatási színvonalát is, ezidáig nem állt rendelkezésre. A rövidtávú utazások befejezésekor felmerülő töltési igények modellezése és a töltőpontok kijelölési módszere területeken *T. Donna Chen* és szerzőtársai (2013), továbbá *Abdolmatin Shirmohammadli* és *Dirk Heinrich Vallée* (2017) értek el jelentős tudományos eredményeket. A töltési igények és a parkolási igények, valamint a területhasználati jellemzők összefüggéseit tárták fel. A telepítési helyszínek kijelöléséhez az utazások célállomásai szerinti klaszteranalízist alkalmaztak *Nastascia Andrenacci* és szerzőtársai (2016), akik figyelembe vették a parkolási időtartamokat is. A nagyobb területegységeknek a városi publikus töltési igény nagysága alapján történő makró szintű értékelő eljárása ezidáig nem állt rendelkezésre. Továbbá, egy olyan mezo szintű értékelő eljárás is hiányzott, ami a parkolási jellemzők alapján rendeli a töltési igényeket a helyszíntípusokhoz, majd ez alapján értékeli a kisebb területegységeket. Kétszintű értékelésen alapuló töltőállomáshelyszín-kijelölő módszereket sem alkalmaztak korábban.

Az elektromos jármű a villamosenergia rendszer szempontjából egy mozgó energiatároló, amivel a terhelés ingadozás mérsékelhető. Az energia kereslet és kínálat közötti különbség csökkentésével, a töltési folyamat időbeli optimalizálásával foglalkozó tanulmányok jellemzően a centralizált és a decentralizált irányítási csoportokba sorolhatók. A töltési terv optimalizálást támogató, a villamosenergia-hálózat és a jármű közötti két irányú energiaáramot figyelembe vevő eljárást dolgoztak ki *Monica Alonso* és szerzőtársai (2014), akik a technológiai háttér, a változó díjtételek és a szabályozási háttér jellemzőit is vizsgálták. A töltési terv optimalizáló módszerek a járművek töltési igényét, a közlekedési igények sajátosságait és a felhasználói elvárásokat vagy elnagyolva, vagy csak részben vagy egyáltalán nem veszik figyelembe.

A közlekedés automatizálási kutatások és fejlesztések elsősorban a járművekre és a forgalmi folyamatokra, különösen a járműirányításra és a kommunikációra fókuszálnak. Mindeközben a járműnek a közlekedési rendszerbe való illesztésére és a felhasználói elvárásokra kevesebb hangsúlyt fektettek. A legtöbb eredmény az

autonóm személygépjárművekre és a kis befogadóképességű buszokra vonatkozóan jelent meg. A flottatervezés és -üzemeltetés témakörben *T. Donna Chen* és szerzőtársai (2016), továbbá *Joschka Bischoff* és *Michal Maciejewski* (2016) szimulációs eredményei kiemelkedők. Az autonóm járművek üzemeltetésének hosszútávú hatásait (pl. módváltás) *Wolfgang Gruel* és *Joseph M. Stanford* (2016) határozták meg. *Kevin Spieser* és szerzőtársai (2014) az automatizált, megosztott, kereslet vezérelt mobilitási szolgáltatások tervezési alapelveit és módszereit dolgozták ki, figyelembe véve a befektetés megtérülési mutatóit. Megállapították, hogy a jelenleginél lényegesen kevesebb járművel is kiszolgálhatók az individuális mobilitási igények. Az autonóm járművekre épülő közforgalmú szolgáltatások jellemzőit *Lukasz Owczarzak* és *Jacek Zak* (2015) foglalta össze publikációjában és azokat a hagyományos személyközlekedési módokkal hasonlították össze.

A közlekedési módok és a mobilitási szokások várható átalakulását, a megosztott autonóm járműves mobilitási szolgáltatások jellemzőit, az utazói preferenciákat és a szabályozási kérdésköröket kutatta *Daniel J. Fagnant* és *Kara M. Kockelman* (2014, 2015) ágens alapú modellekkel és különböző forgatókönyvek szerint, illetve hasonló kérdésekkel foglalkoztak *Rico Krueger* és szerzőtársai (2016) is kinyilvánított preferencia vizsgálatokkal és Logit modell alkalmazásával. A kutatások megállapították, hogy a járműtulajdonlás helyett a mobilitási szolgáltatásokhoz való hozzáférés kerül előtérbe, illetve, hogy a változatos és kombinált szolgáltatások az eddiginél összetettebb rendszertervezési és üzemeltetési módszereket, valamint információkezelést igényelnek. *Raphael Lamotte* és szerzőtársai (2017) megállapították, hogy a helyfoglalások bevezetésének következtében az utazási igények valamennyi jellemzője ismert, ezért azokhoz a kapacitások pontosabban illeszthetők; továbbá, a dinamikus tarifarendszer az aktuális keresleti-kínálati jellemzők összerendezésének hatékony eszköze. A felhasználói elvárásokkal számos kutató foglalkozik; a legjelentősebb eredményeket *Adriano Alessandrini* és szerzőtársai (2014), *William Payre* és szerzőtársai (2014), *Kara M. Kockelman* és szerzőtársai (2016), továbbá *Prateek Bansal* és szerzőtársai (2016) mutatták fel. Megállapították, hogy a keresleti jellemzők (pl. preferált szolgáltatástípus, gyaloglási hajlandóság, elfogadott díjak mértéke) jelentősen megváltoznak az új utazói csoportok és az új mobilitási lehetőségek hatására, ami kihat a forgalmi paraméterekre és az infrastruktúrára is. A parkolásgazdálkodás és a városi térhasználat átalakulására vonatkozóan közöltek eredményeket *Adriano Alessandrini* és szerzőtársai (2015), valamint *Wenwen Zhang* és szerzőtársai (2015) publikációikban.

Az autonóm járművek társadalmi elfogadottságára vonatkozó tudományos megállapításokat *Sina Nordhoff* és szerzőtársai (2016, 2018) tették közzé. A személyes jellemzők hatásának vizsgálata során megállapították, hogy a technológiailag nyitott, fiatal utazók nagyobb arányban fogadják el az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatásokat; továbbá kedvezően fogadják a kis kapacitású járművekkel megvalósított ráhordó funkciót a nagy kapacitású közösségi közlekedési eszközökre. Az utazói viselkedés vizsgálata során *Ruth Madigan* és szerzőtársai (2016) az érzékelt hasznosságot és a használat egyszerűségét találták a módváltást befolyásoló legfontosabb tényezőknek. Az utazói felmérések általában csak egy-egy részterületre vonatkoznak, nem terjednek ki a mobilitási szolgáltatással összefüggő valamennyi területre. Az autonóm járművek hatására

bekövetkező modal-share változást vizsgáló tanulmányok két csoportra bonthatók. A szakértői becsléssel meghatározott változatok forgalomszimulációja megközelítés alkalmazók közül *Dimitris Milakis* és szerzőtársai (2017), *Rita Cyganski* és szerzőtársai (2018), továbbá *Yu Shen* és szerzőtársai (2018) által elért eredmények emelkednek ki. A felhasználói elvárások elemzése terén *Luis M. Martinez* és *José Manuel Viegas* (2017), *Ana T. Moreno* és szerzőtársai (2018), továbbá *Joseph Kamel* és szerzőtársai (2019) értek el jelentős eredményeket.

Számos kutatás foglalkozik a multimodális és a személyre szabott útvonaltervezés fejlesztésével. Ezek közül kiemelendők az újszerűség, a számos figyelembe vett személyre szabási és értékelési szempont, valamint a kidolgozott megoldások kiterjedt funkcionalitása miatt *Vassilis Spitidakis* és *Maria Fostieri* (2012), valamint *Saeed Nadi* és *Mahmoud Reza Delavar* (2011) publikációi. A példaértékű multimodális alkalmazások már az egyéb közlekedési funkciókra és a foglalásokra is kiterjednek, azonban a többségüknél kevés a személyre szabható beállítás. *Hooi Ling Khoo* és *K. S. Asitha* (2016) a mobil alkalmazások fejlesztésére vonatkozó utazói elvárásokkal és a közölt információknak az utazói viselkedésre gyakorolt hatásával kapcsolatos kutatási eredményeiket foglalták össze. Számos publikációban foglalkoztak az utasforgalmi létesítmények (pl. metró-, vasútállomás) belső kialakításának adatmodellezésével. Ezek közül *Jean-Claude Thill* és szerzőtársainak (2011) háromdimenziós modellezési eredményei emelendők ki. Mégis, a jelenlegi utazástervezőknél többnyire hiányzik a belső kialakítás figyelembevétele, ami nélkül az útvonaltervek kevésbé pontosak.

Az utazók személyes elvárásainak, a döntéseiknek, valamint az (előrejelzett) információk utazói szokásokra és a módválasztásra gyakorolt hatásának kutatása is kiterjedt. Ezen a területen *Jan-Willem Grotenhuis* és szerzőtársai (2007), továbbá *Susan Kenyon* és *Glenn Lyons* (2003) értek el kiemelkedő eredményeket. Az utazástervező alkalmazások, valamint az útvonaltervek értékelése és összehasonlítása a legtöbb tudományos munkában leíró jellegű. Ezidáig hiányoztak a kvantitatív értékelési módszerek és az ehhez szükséges szempontrendszer.

A nagy méretű rendszerekkel kapcsolatos fogalmakat *Brian Wilson* definiálta könyvében (1984), aki összefoglalta a rendszerek elemzésével és tervezésével összefüggő módszereket és ismertette az alkalmazási területeket. A személyközlekedési rendszer összetett, mely részrendszerekre és alrendszerekre bontható. A rendszerelméleti ismeretek már elérték azt a fejlettségi szintet, hogy az egész személyközlekedés hatékonyságát és az utazói elégedettséget tegyék a rendszertervezés központi feladatává. Azonban a tudásbázis bővítése csak mérsékelten képes lépést tartani a gyors technológiai fejlődéssel. A közlekedési információs rendszerek összetett szempontok szerinti elemzésével és az integrációval foglalkozó tudományos publikációk száma viszonylag alacsony. Ennek oka, hogy a rendszerfejlesztő cégek többnyire csak egy-egy gyakorlati fejlesztésre fókuszálnak és a kezelt adatok többcélú felhasználásával csak mérsékelten foglalkoznak. A keletkező dokumentációk, amelyek jelentős része nem tudományos igényességű, gyakran üzleti titoknak minősül. A kiadott kézikönyvek, specifikációk, műszaki leírások sok esetben „ipari” alkalmazásra készülnek vagy marketing célból jelennek meg. *Általában hiányoznak a teljes közlekedési rendszert egy egészként kezelő rendszerszemléletű kutatási eredmények.*

1.3. Alkalmazott tudományos kutatási és vizsgálati módszerek

A kutatási módszerek széles körét alkalmaztam, melyek közül a legfontosabbak a következők:

Alkalmazott informatikai módszerek

adatmodell készítés és elemzés,
adattányászati módszerek,
algoritmus elemzés, fejlesztés,
térinformatikai eljárások,
térbeli elemzések,

Kvalitatív elemzési módszerek

utazói kérdőíves elemzések,
interjú-készítés,
utazói viselkedés elemzése,

Matematikai statisztikai módszerek

halmazelmélet, kombinatorika,
korrelációelemzés, regresszióelemzés,
klaszterezési eljárások,
sorbanállási modellek,
előrejelzési módszerek,

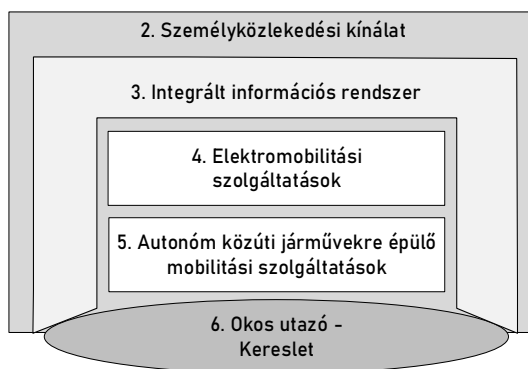
Analitikus matematikai módszerek

gráfelméleti módszerek,
lineáris algebra, pontozásos módszerek,
többkritériumos elemzések.

Az információkezelési folyamatok elemzését és modellezését a helyváltoztatási folyamatok elemzésével összefüggésben végeztem el.

1.4. Az értekezés szerkezete

Az értekezést a Magyar Tudományos Akadémiának nyújtottam be a "Magyar Tudományos Akadémia Doktora" címére történő pályázatom részeként. Az értekezés összefoglalja a Ph.D. cím megszerzése óta a személyközlekedési rendszertervezés és közlekedési informatika területen végzett kutatási eredményeimet. A következő *kutatási kérdéseket* fogalmaztam meg, amelyek illeszkednek a 2-6. fejezetekhez (1.1 ábra):



1.1 ábra: Az értekezés szerkezete

2. Hogyan modellezhetők és értékelhetők a személyközlekedési rendszerek és szolgáltatások, különös tekintettel az összekapcsolásukra?
3. Milyen elemzési módszerekkel segíthető elő a személyközlekedési információs rendszerek integrációja? Hogyan modellezhető az informatikailag integrált személyközlekedési rendszer?
4. Milyen rendszerfejlesztési módszerekkel segíthető elő a közúti elektromobilitás terjedése és üzemeltetése?
5. Miben térnek el az autonóm közúti járművekre épülő mobilitási szolgáltatások a hagyományos járművekre épültől? Hogyan modellezhetők az autonóm közúti járművekre épülő közlekedési rendszerek és mobilitási szolgáltatások? Hogyan határozható meg az automatizáltsági szint?
6. Milyen fejlesztésekkel illeszthető egymáshoz az utazó és az átalakuló

személyközlekedési rendszer? Milyen módszerekkel elemezhetők és fejleszthetők az utazói információs szolgáltatások? Hogyan változik meg az emberi képességek igénybevétele?

A 2. fejezetben a személyközlekedési rendszerek és szolgáltatások informatikai megközelítésű modelljeit, az elemzési módszerek szempontrendszerét és a módszerek alkalmazásának eredményeit foglalom össze. A 3. fejezetben ismertetem a komplex közlekedési információs rendszerekhez kidolgozott modellezési és elemzési módszereket és azok alkalmazási lehetőségeit, különös tekintettel az integrációra. Bemutatom a közúti parkolási műveleteket támogató, és a légi közlekedési integrált információs rendszer fejlesztésére vonatkozó eredményeket. A 4. fejezetben a közúti elektromobilitási rendszer és szolgáltatások fejlesztését támogató módszereket és azok alkalmazását foglalom össze; különös tekintettel a töltőpontok helyszínét kijelölő módszerekre és az elektromobilitást támogató integrált információs rendszerre. Az 5. fejezetben az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatásokat támogató rendszerértékelési, és -fejlesztési módszereket foglalom össze. Ismertetem a kereslet alapú mobilitási szolgáltatás információs rendszerének szerkezeti és működési modelljeit. Komplex automatizálási szinteket vezetek be és összefoglalom az átalakulás várható hatásait. A 6. fejezetben az utazóval kapcsolatos modelleket és az új információkezelési módszereket ismertetem. Bevezetem az információs alkalmazások elemzési szempontrendszerét (különös tekintettel a személyre szabási beállításokra), továbbá bemutatom az útvonaltervezők által előállított útvonalak többkritériumos értékelő módszerét. Végül az utaskezelési funkciók automatizálási jelentőségét meghatározó és az utazói képességek változását leíró új módszereket foglalom össze.

A fejezetek és a tézisek egymásra épülését a következő logika mentén határoztam meg: a személyközlekedési rendszert a keresleti és a kínálati jellemzők, és azok rendkívül összetett kapcsolatai alakítják. A kínálat elemzése a 2. fejezet tárgya. A kínálatot leképező és megjelenítő integrált információs rendszereket a 3. fejezet tárgyalja. Ezen fejezetekben bevezetett megközelítési módokat és a kidolgozott módszereket alkalmaztam a további fejezeteknél. A közúti közlekedés nagymértékű átalakulása leginkább a meghajtás módja és az automatizálás területeken figyelhető meg. Ezért a 4. fejezetben az elektromobilitási szolgáltatások, míg az 5. fejezetben az autonóm közúti járművekre épülő mobilitási szolgáltatások területeken elért eredmények jelennek meg. A mobilitási szolgáltatások az utazói kereslet alapján fejleszthetők. A 6. fejezetben az utazó a kutatás tárgya. A 2. és a 6. fejezet, azaz a kínálat és a kereslet között kialakított kapcsolat egyfajta „keretet” ad a dolgozatnak. Az integráció részben a háttérrendszerben (szervezeteknél), részben pedig a felhasználói (utazói) eszközöknél, alkalmazásokban jelenik meg. A 3. fejezet elsősorban a háttérrendszerre (szervezetekre), míg a 6. fejezet az utazókra fókuszál. A 7. fejezetben az új tudományos eredményeket foglalom össze, bemutatva azok hasznosíthatóságát is. Fejezetenként egy-egy tézist fogalmaztam meg.

Különös figyelmet fordítottam a kidolgozott módszerek alkalmazhatóságára. A módszerek többségét úgy alakítottam ki, hogy rendelkezésre álló, vagy könnyen hozzáférhető adatforrásokból származzanak a bemeneti adatok. Az eredmények bemutatásakor gyakran alkalmaztam eltérő összetettségű ábrákat, amelyek lehetővé tették az összetett rendszerek modellezését; továbbá, az oktatásban is hatékonyan bizonyultak, segítve a vizuális információátadást.

2.

Személyközlekedési rendszerek elemzési módszerei

A személyközlekedés az emberi kapcsolatok térben-időbeni vetülete. A személyközlekedési rendszerek bonyolult, dinamikus, nyílt, sztochasztikus rendszerek, melyek célja a közlekedési igények magas színvonalú kiszolgálása az emberi életminőség megőrzése, illetve javítása céljából (Kövesné et al., 2015). A rendszer elemei azok a személyek és tárgyak, akik, illetve amelyek a rendszer céljának elérésében szerepet kapnak. A rendszer elemei meghatározott tulajdonságokkal és funkcióval rendelkeznek (Westsik, 1982). Az alrendszer kifejezés utal a működési hierarchiára. Bonyolult rendszereknek általában több céljuk is van, azok célrendszerbe illeszthetők. A rendszer környezete a működésre ható tényezők összessége. A körülhatárolás az elemzés céljától és mélységétől is függ. A rendszer állapota azoknak a tulajdonságoknak a halmaza, amellyel a rendszer az adott időpontban rendelkezik. A rendszer az összetevőknél magasabb szintű funkciókra képes, és minőségileg is új tulajdonságai vannak. A közlekedési részrendszereket az összetevők, azok állapotai és állapotváltozásai, valamint a szervezési forma szerint csoportosítottam (2.1 ábra). A közlekedési rendszer működtetéséhez, elsősorban a járművek meghajtásához, sokféle energiaforrás felhasználható; melyek megkülönböztetésének elsősorban környezetvédelmi és járműgépészeti vonatkozásai vannak.



2.1 ábra: A közlekedési részrendszerek csoportosításai

A személyközlekedést meghatározó rendszerkapcsolatok egymással kölcsönhatásban alakítják a keresleti és a kínálati viszonyokat; bármelyik térbeni-időbeni változása a rendszer stabilitását befolyásolja. A mobilitási igényeket a népesség és a gazdasági struktúrából levezethető tevékenységek határozzák meg, melyeknek térbeli jellemzői összefüggenek a területhasználattal. A személyközlekedés, az elérhetőség, a területhasználat és a tevékenységek spirálszerűen hatnak egymásra (*Kövesné, 2007*). Egyfelől a személyközlekedési rendszer biztosítja az emberek szabad áramlásának feltételeit, másfelől negatívan hat a környezetre a közlekedési balesetek, az energiafogyasztás, a környezetterhelés, valamint a területfoglalás következtében. A fenntartható mobilitás tartós, kiegyensúlyozott viszonyt jelent a környezet, a társadalom, a gazdaság és a közlekedési rendszer között. Ennek elérése olyan innovatív megoldások bevezetésével segíthető elő, amelyek biztosítják a rendszer alkalmazkodóképességét. A *személyközlekedési rendszerek elemzésének céljai* a disszertáció témájában:

- a személyközlekedési és az informatikai rendszerek típusainak meghatározása és azok összekapcsolása,
- az alapfolyamati és az információkezelési műveletek logikai és időbeli kapcsolatainak feltárása, továbbá
- a mobilitási szolgáltatások jellemzőinek azonosítása és az összefüggések feltárása a személyre szabott utazási láncok és a mobilitási szolgáltatáscsomagok képzése érdekében.

Az új tudományos eredmények eléréséhez a következő *kutatási kérdéseket* fogalmaztam meg, melyekhez illeszkednek az alfejezetek:

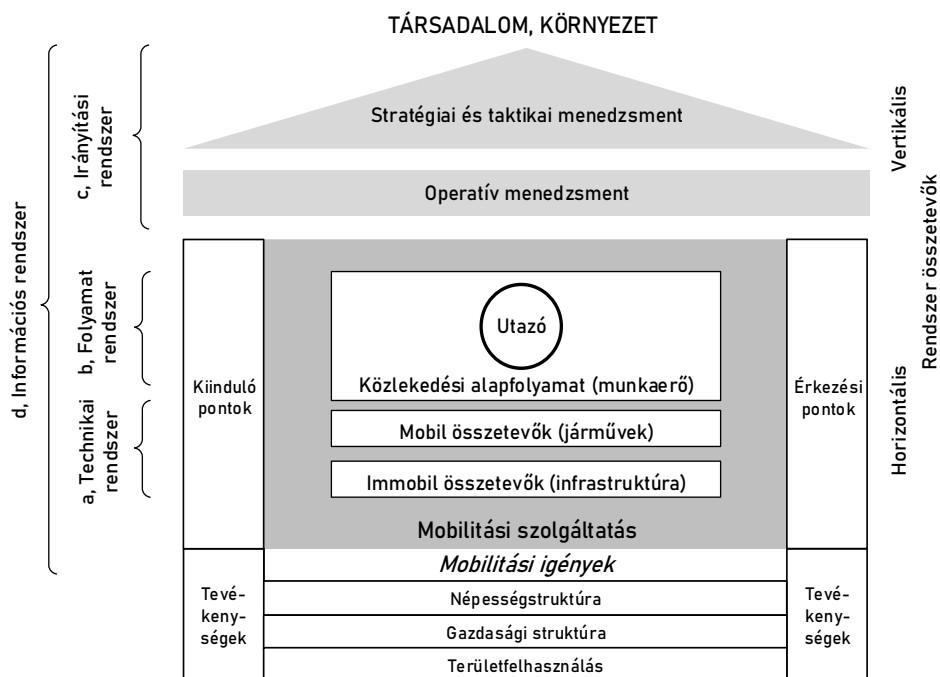
1. Milyen modellekkel írható le a személyközlekedési rendszer?
2. Milyen szempontrendszer szerint jellemezhetők, elemezhetők, értékelhetők és hasonlíthatók össze a személyközlekedési módok és szolgáltatások? Melyek az átalakulás legfontosabb jellemzői és következményei?
3. Milyen informatikai módszerek bevezetésével elemezhetők a mobilitási szolgáltatások minősége, tekintettel a MaaS koncepcióra és az utazási láncokra?

A nagy méretű, komplex személyközlekedési rendszerek átfogó modellezésekor ún. "lágymodellek" formájában adtam meg a kvalitatív összefüggéseket.

2.1. A személyközlekedési rendszer modellje

A *személyközlekedési rendszerek* elemzési és tervezési feladataihoz *szerkezeti és működési modell típusokat* vezettem be. A szerkezeti modell a rendszerösszetevőket és azok összefüggéseit képezi le (2.2 ábra). Az alrendszerek a következők:

- a. technikai: infrastruktúra (pálya, telepített objektumok, energiaellátó rendszer), járművek (és egyéb mozgató berendezések),
- b. folyamat: közlekedési alapfolyamat (pl. utazók és járművek mozgása),
- c. irányítási: közlekedési folyamat irányítása, közlekedési szervezet irányítása,
- d. információs: információ- és adatrendszer, információkezelő rendszer.



2.2 ábra: A személyközlekedési rendszer szerkezetének modellje

A technikai és a folyamat alrendszerek alkotják a közlekedési alrendszert. Az ide tartozó elemek, a teljes rendszer hierarchiáját tekintve, ugyanazon a szinten működnek; azaz horizontális együttműködés valósul meg közöttük. Az irányítási alrendszer az alrendszer működéséért felelős, arra mintegy „ráépül”. Az irányítási alrendszer elemei, a teljes rendszer hierarchiáját tekintve, magasabb szinten működnek; az alrendszerrel vertikális együttműködés valósul meg. Az információs folyamatokat a közlekedési alapfolyamat határozza meg. A közlekedési rendszer „hagyományos” összetevői (pálya, jármű, ember) mellett egyre inkább meghatározóvá válik az információ (2.1 táblázat).

2.1 táblázat: A személyközlekedési rendszer összetevőinek csoportosítása

Szerkezet	Működés	
információ, adat, adatbázis	felvétel, átvitel, tárolás,	információs rendszer gépi összetevői
információkezelő összetevők (hw, sw)	feldolgozás, felhasználás	
közlekedési infrastruktúra, járművek	fő funkció (személyszállítás)	közlekedési alrendszer összetevői
munkaerő, utazók	kiegészítő funkciók (pl.	
energiaellátó infrastruktúra	energiavételezés, karbantartás)	

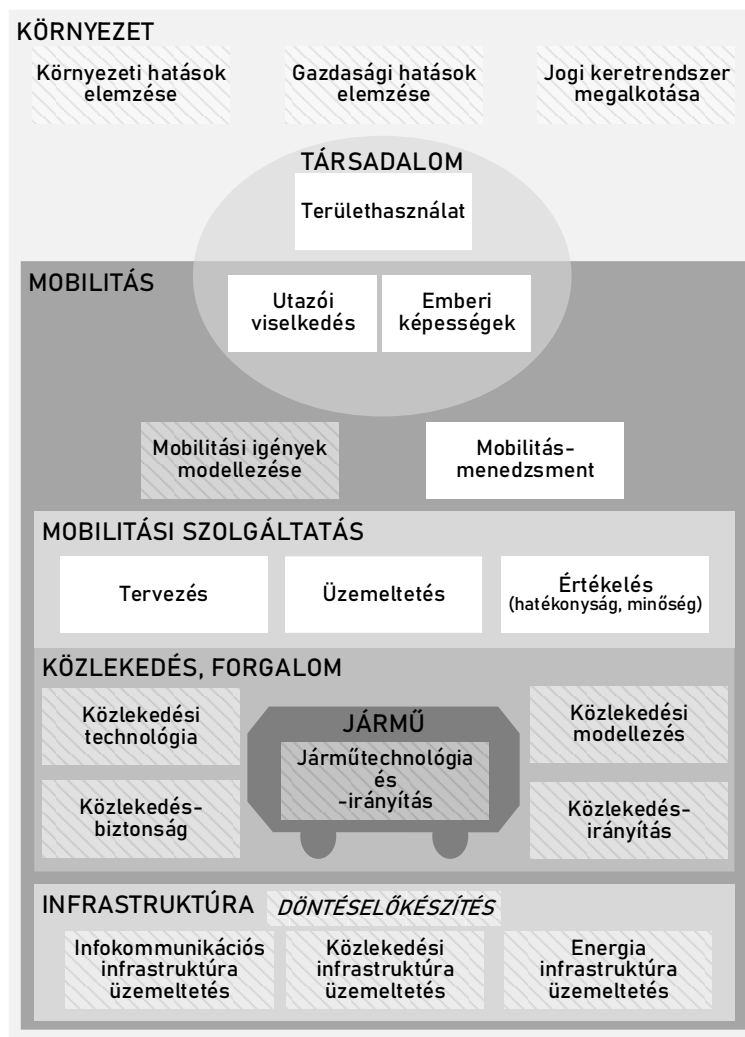
A működési modell a rendszer működési folyamatait képezi le; gyakran illeszkedik a szerkezethez, hiszen a működési folyamatok az elemekhez, alrendszerekhez rendelhetők. Működés közben a következő összetevők „áramlásait” irányítjuk a megfelelő hálózatokon:

- járművek és utazók áramlása a közlekedési hálózaton,
- energia áramlása az energiaellátó hálózaton,
- adatok áramlása az infokommunikációs hálózaton.

A járművek, az utazók és az energia áramlása az alapfolyamat, míg az adatok áramlása az információkezelési folyamat része. Az információk egyrészt leképezik az alrendszert; másrészt befolyásolják az alrendszer működését. A közlekedéstervezés és -üzemeltetés feladata az áramló elemeknek a térbeli-időbeli összerendezése. Mindeközben, számos optimalizálási feladat definiálható az egyes

hálózatokon és azok között, tekintettel arra is, hogy a hálózatok és az elemek jellemzői is változnak az időben. A fizikai áramlások szervezésének az eszköze az információ, miközben az információk áramlásának szervezése is egy megoldandó feladat. A fizikai áramlásokhoz értékáramlás is tartozik; az ezzel összefüggő pénzügyi folyamatok információkezelési folyamatoknak tekinthetők. Az utazók a közlekedési infrastruktúra használatáért (az álló- és mozgóforgalomra vonatkozóan) és a nyújtott mobilitási szolgáltatásért fizetnek díjat. A feladatok összetettségét fokozza, hogy a hálózatok általában nem egységesek, hanem több, eltérő érdekelttségű szervezet működteti azokat. Az optimalizálási feladatoknál a személyközlekedési rendszer egyes szereplőinek gyakran eltérő célkitűzései vannak. Mindemellett az utazók sem tekinthetők homogén csoportnak, ezért nemcsak az utazói csoportokról, hanem az egyes személyek jellemzőiről, elvárásairól is szükséges adatokat gyűjteni. A szerkezeti és a működési modell típusokat az autómegosztási információs rendszerekre vonatkozóan mutatom be (2.1 és 2.2 mellékletek).

Kidolgoztam a személyközlekedési szakterületek rendszerszemléletű modelljét (2.3 ábra). A közlekedési informatika valamennyi szakterülethez kapcsolódik. A kutatásom során elsődlegesen művelt területeket fehér dobozokkal jelöltem.



jelmagyarázat: elsődlegesen művelt szakterületek

2.3 ábra: A személyközlekedési rendszer szakterületeinek modellje

A személyközlekedési rendszer környezete, céljai, szerkezete (elemei és kapcsolatai), valamint működése folyamatosan változik. A fejlődést befolyásoló legfontosabb tényezők

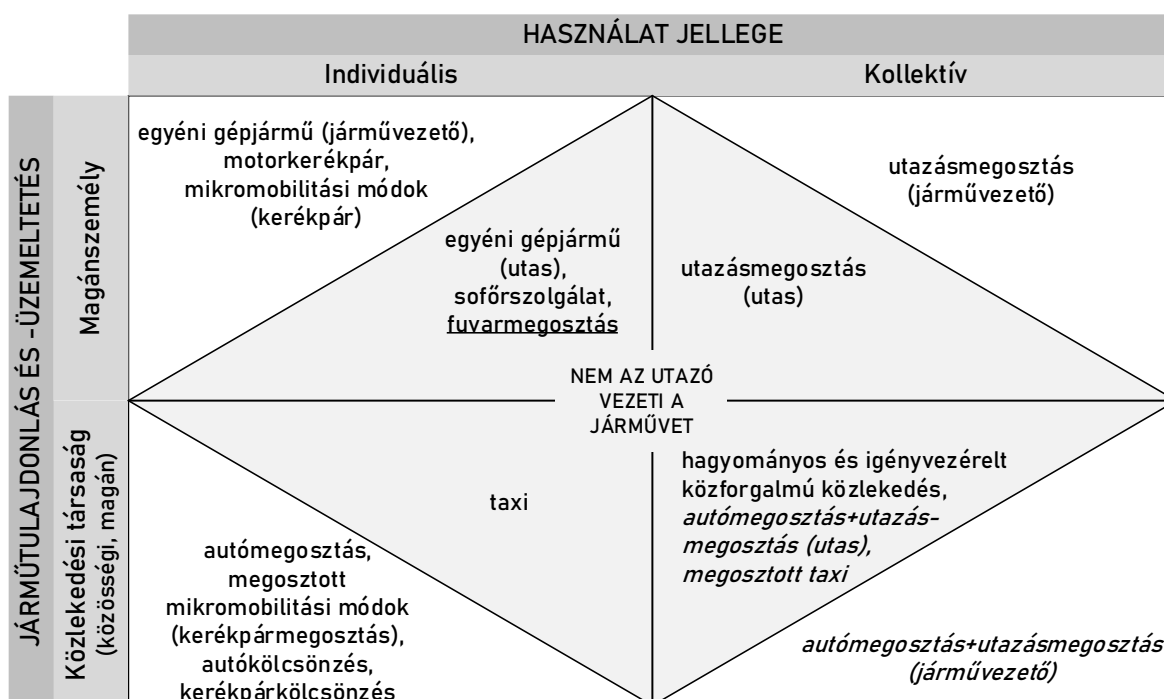
- a technológia,
- a társadalom, és
- az épített környezet

eltérő dinamikával fejlődnek. A technológia fejlődik a leggyorsabban, míg az épített környezet esetében a leglassabb az átalakulás.

2.2. A személyközlekedési módok csoportosítása, elemzése, átalakulása

A személyközlekedési módok számos szempont szerint jellemezhetők és csoportosíthatók. A jellemzők a módválasztást és az utazási láncok (Farkas, 2014) képzését befolyásolják; figyelembevételük egyre nagyobb jelentőségű az utazói elvárásokhoz illeszkedő szolgáltatások és azok kombinált használata során (pl. MaaS). Az átmeneti módok újszerűsége miatt elsősorban a közúti közlekedésre fókuszáltam, miközben a többi alágazat is megjelenik a közforgalmú közlekedés kategóriában. A járműves személyközlekedési módokat csoportosítottam (2.4 ábra):

- a használat jellege (individuális vagy kollektív),
- a járműtulajdonlás és -üzemeltetés (szolgáltató társaság, magánszemély),
- és a járművezetési művelet (az utazó vezeti a járművet vagy sem) szerint.

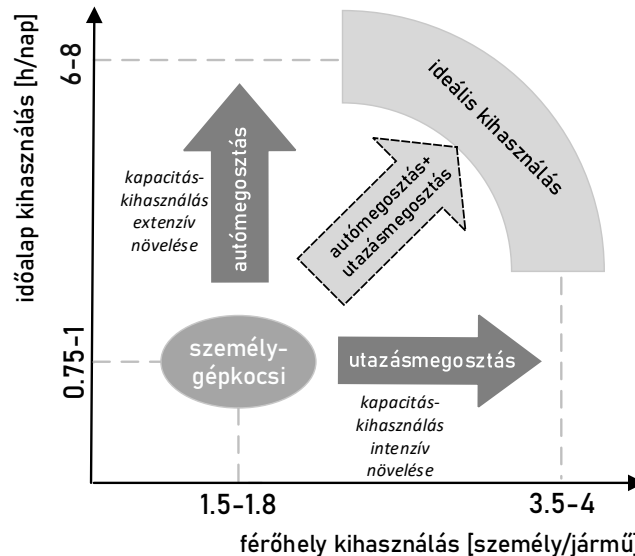


2.4 ábra: A jelenlegi személyközlekedési módok csoportosítása

Az ábrán aláhúzással emeltem ki az újszerű fuvarmegosztás szolgáltatást, amely fejlett fuvarszervezési információkezelésre épül; egy olyan szervezet működteti, amely nem végez szállítást. Ez a megoldás alapjaiban eltér a hagyományos személyközlekedési szolgáltatástól, azonban jól mutatja a személyközlekedés átalakulásának az irányát. *Megállapítottam, hogy a jelenlegi közlekedési módokkal nyújtott kínálat illeszthető a keresleti jellemzőkhöz.*

A *dőlttel* jelzett módok jelenleg még kevésbé terjedtek el. Az autómegosztás és az utazásmegosztás egyidejű alkalmazásával a kapacitáskihasználás extenzív is intenzív módon egyszerre növelhető. Ez a megoldás jelentős fejlesztési potenciállal

rendelkezik, különösen az önvezető közúti járművek elterjedése következtében. A személygépkocsik jelenlegi átlagos kihasználtsága alacsony (2.5 ábra). A férőhelykihasználtság az utazásmegosztás, míg az időalap kihasználtság az autómegosztás szolgáltatással növelhető. Az elméleti maximális kapacitáskihasználás azt jelentené, hogy valamennyi jármű, a teljes időalapban maximális férőhelykihasználtsággal közlekedik. Ez az „ideális” állapot a szervezés informatikai támogatásával közelíthető. *A kapacitáskihasználás gyakorlati felső határa a közlekedési igények jellemzőitől és az utazók személyes jellemzőitől, elvárásaitól függenek*, ezért a kihasználás növelését célzó intézkedések elsősorban erre a két tényezőre hatnak.



2.5 ábra: A kapacitáskihasználás növelése személygépkocsiknál

Egy-egy alágazat, közlekedési mód vagy mobilitási szolgáltatás elemzéséhez, értékeléséhez többféle módszert fejlesztettek; különösen a közforgalmú közlekedésre vonatkozóan hozzáférhető részletes eredmények (*Kövesné és Debreczeni, 2010; Fáskertý et al., 2012; dell’Olio et al., 2011; Redman et al., 2013; Chica-Olmo et al., 2018*), illetve szabványok (*Európai Szabványügyi Bizottság, 2006*). Azonban valamennyi mobilitási szolgáltatáshoz alkalmazható, a legújabb technológiai jellemzőkre is kiterjedő általános elemzési szempontrendszer nem áll rendelkezésre.

Bevezettem a személyközlekedési módok és a mobilitási szolgáltatások elemzésének általános szempontrendszerét. A szempontokat többszintű csoportképzéssel főcsoportokba és csoportokba soroltam a közlekedési rendszer jellemzői alapján (2.2 táblázat). A fehér háttérű szempontok alapján a közlekedési módok általánosan, míg a fehér és a szürke háttérű szempontok együttes figyelembevételével egy-egy mobilitási szolgáltatás elemezhető és értékelhető. Dölt szedéssel jelöltem az újonnan bevezetett szempontokat. A szempontokhoz tartozó értelmezési tartományt az alsó és a felső határ definiálásával adtam meg (2.3 melléklet). A felső határ a kedvező, általában fejlettebb tulajdonságot képezi le. A szempontokhoz tartozó értékek egy része térben és időben változik. Ilyen jellemzők esetében (pl. 212, 213, 223 szempontok), az összehasonlíthatóság érdekében aggregált mutatószámok képezhetők a térbeli objektumokra (pl. pont, területegység) vagy az időintervallumokra vonatkoztatva.

2.2 táblázat: Személyközlekedési módok, szolgáltatások elemzési szempontrendszere

főcsoport	csoport	szempontok
1. kiszolgálási minőség (rugalmasság)	11. térbeli rendelkezésre állás	111. közlekedés (utazás) kezdő- és végpontja, lefedettség- megközelíthetőség, megállóhelyek sűrűsége (rágyaloglási távolság)
		112. közlekedési távolság típusok
		113. utazási láncban való alkalmazás (közvetlenség)
	12. időbeli rendelkezésre állás	121. üzemidő
		122. menetrendi kötöttség - aktuális igényekhez illesztett kapacitás
		123. indulási gyakoriság (várakozási idő, „kiállási” időtartam)
	13. hozzáférés	131. regisztráció (igénybevevők köre)
		132. előzetes igénybejelentés (férőhely/infrastruktúra foglalás)
		133. kiegészítő műveletek (járművel kapcsolatosan)
	14. személyre szabhatóság	141. <i>mobilitási szolgáltatás személyre szabhatósága</i>
		142. férőhelymegosztás
		143. utazótárs/szolgáltatás értékelése
		144. <i>információs szolgáltatás személyre szabhatósága</i>
2. szállítási minőség	21. utazás előtt (megállóhelyen)	211. akadálymentes megközelíthetőség/megállók (fizikai segítségnyújtás)
		212. (megállóhelyi) információs szolgáltatások köre, színvonala
		213. (megállóhelyi) várakozás körülményeinek színvonala (szolgáltatások köre)
	22. utazás közben (járművön)	221. utazási sebesség
		222. forgalombiztonság
		223. biztonságérzet (személyes védelem megítélése)
		224. éberség (a többi utazó viselkedésének információtartalma)
		225. igényelt kognitív képesség
		226. akadálymentes járművek
		227. fedélzeti/útmenti információs szolgáltatások köre, színvonala
		228. utazás kényelme (jármű menettulajdonságai, ergonómia, tisztaság)
	23. megbízhatóság, pontosság (menetrendszerűség)	231. természeti környezeti hatásoknak kitettség
		232. infrastruktúra hatásainak való kitettség
233. forgalmi hatásoknak/parkolásnak való kitettség		
3. integráltság	31. infrastruktúra	311. térbeli (hálózati) kiterjedtség
		312. pálya
	32. szolgáltatás	321. módok szerinti kiterjedtség
		322. üzemeltetési integráció (interoperabilitás)
	33. szervezet	331. szervezetek száma
		332. szervezetek feladatainak hierarchiája
		333. <i>a működés jogi szabályozottságának mértéke</i>
	34. informatika	341. <i>tájékoztató rendszer</i>
		342. <i>tarifa rendszer</i>
		343. <i>díjbeszedő rendszer</i>
		344. <i>forgalomirányító rendszer</i>
		345. <i>informatikai biztonság</i>
	4. automatizáltság	41. szolgáltatói műveletek
412. <i>szolgáltatásirányítás</i>		
413. <i>járműirányítás</i>		
42. utazói műveletek		421. <i>utaskezelés</i>
		422. <i>díjfizetés</i>
5. költség	51. utazó	511. utazó használatlalt összefüggő költségei
		512. <i>díj mértékének személyre szabottsága</i>
		513. utazó egyéb kiegészítő költségei (pl. járművásárlás, adók, biztosítások)
	52. társadalom	521. környezetterhelés
		522. területfoglalás
		523. <i>energiaellátás fenntarthatósága</i>

jelmagyarázat: fehér háttér:

fehér háttér + szürke háttér:

dőlt betűk:

közlekedési módok elemzési szempontjai

mobilitási szolgáltatások elemzési szempontjai

új elemzési szempontok

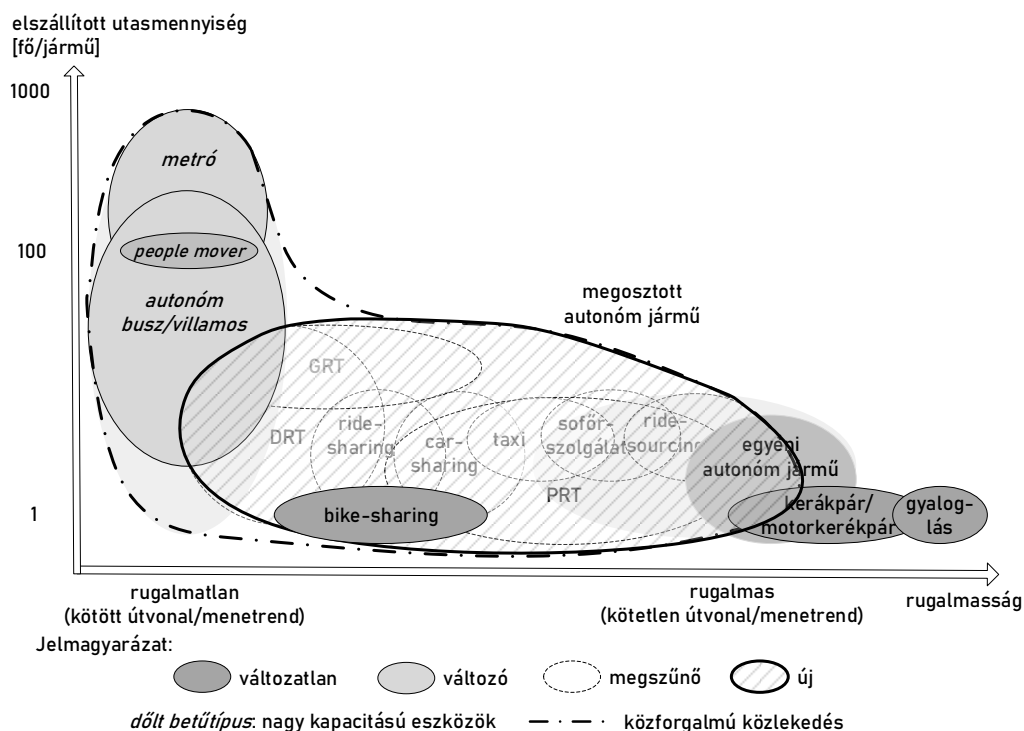
Az üzemidő a figyelembe veendő időintervallumokat befolyásolja. A szempontrendszer alkalmazását a közlekedési módok kiszolgálási minőségének

(rugalmasságának) összehasonlítására vonatkozóan mutatom be (2.4 melléklet). A jellemző alkalmazási területek:

- közlekedési rendszer- és szolgáltatásfejlesztési tervek kidolgozása,
- üzemeltetői elemzések (pl. a piaci rések azonosítása érdekében),
- az utazói közlekedési mód és a mobilitáiszolgáltatás-választás támogatása egy adott utazáshoz vagy egy adott időszak közlekedési igényeihez.

Az általánosan alkalmazható értékelő eljárásokkal nem írhatók le teljeskörűen az egyes speciális (pl. az átmeneti vagy mikromobilitási) módok jellemzői; így az adott közlekedési mód határozza meg az értékelés kritériumait (*Carrillat et al., 2007*). Autómegosztás szolgáltatások minőségértékelésére alkalmas módszert még nem dolgoztak ki, ezért az általános elemzési szempontrendszer adaptálását az autómegosztás szolgáltatásra vonatkozóan végeztem el (2.5 melléklet). Speciális értékelési szempontokat az elektromos mikromobilitási módok (Light Electric Vehicles=LEV) összehasonlítására vezettem be (2.6 melléklet).

Elemeztem a városi közlekedési módokat az automatizálás hatására bekövetkező változások feltárása érdekében. A járművenkénti elszállított utasmennyiség és a közlekedési módok rugalmassága alapján szemléltettem a közlekedési eszközöket és a változásokat (2.6 ábra). A rugalmasság egy összetett jellemző, számos térbeli, időbeli, kényelmi stb. tényező együttesen befolyásolja.



2.6 ábra: A városi személyközlekedési módok változása

Megállapítottam, hogy a közlekedési igények a megosztott és a ráhordó jellegű szolgáltatások, valamint a nagy kapacitású közforgalmú eszközök (pl. vonat, metró, villamos, autóbusz) együttes alkalmazásával szolgálhatók ki a közúti kapacitások korlátozott jellege miatt. A közlekedési módok egy részét kiváltja az új, jellemzően kereslet alapú, infokommunikációs bázisú, mobil alkalmazáson előzetes rendeléssel igénybe vehető, megosztott, kis kapacitású autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás.

A jövőbeli személyközlekedési módokat is csoportosítottam (2.7 ábra), figyelembe véve a gépjárművek várható nagyarányú és jelentős mértékű automatizálását. Összevetve a jelenlegi módokra vonatkozó csoportosítással megállapítottam, hogy:

- A járművezetői tevékenység csak az individuális közlekedési módok egy részénél marad meg (1-es síkrész).
- A mobilitási szolgáltatói szerepkör felerősödik. A szolgáltatásba a magánszemélyek és a közlekedési társaságok járművei egyaránt bevonhatók. A kis kapacitású, magántulajdonban lévő járművekkel végzett mozgások egy részére nincs befolyással a mobilitási szolgáltató (2-es síkrész).
- A nagy kapacitású, automata és autonóm járművek várhatóan továbbra is a közlekedési társaságok tulajdonában és üzemeltetésében maradnak. A kis kapacitású járművek számos üzemeltetési modell szerint működtethetők. A mobilitási szolgáltató tevékenysége kiterjedhet a megosztott mikromobilitási módokra és a kerékpárkölcsonzésre is (3-as síkrész).

		HASZNÁLAT JELLEGE	
		Individuális	Kollektív
JÁRMŰTULAJDONLÁS ÉS -ÜZEMELTETÉS	Magánszemély	motorkerékpár, mikromobilitási módok (kerékpár) (1)	igényvezérelt és igényalapú megosztott mobilitási szolgáltatás kis kapacitású járművekkel
	Mobilitási szolgáltató (fuvarszervező)	egyéni gépjármű (utas) (2)	
		NEM AZ UTAZÓ VEZETI A JÁRMŰVET	
JÁRMŰTULAJDONLÁS ÉS -ÜZEMELTETÉS	Közlekedési társaság (közösségi, magán)	taxi	mobilitási szolgáltatás nagy kapacitású járművekkel
		megosztott mikromobilitási módok (bike-sharing), kerékpárkölcsonzés (3)	

2.7 ábra: A jövőbeli személyközlekedési módok csoportosítása

Elsősorban a nagyvárosokban az egyéni gépjármű tulajdonlás és használat visszaszorul; a tulajdonlás alapú gondolkodást felváltja a szolgáltatás alapú gondolkodás és a megosztott járműhasználat. Megállapítottam, hogy a nagy mértékben automatizált jövőbeli közlekedési módokkal nyújtott kínálat is illeszthető a keresleti jellemzőkhöz.

A területfelhasználás is átalakul. Az autonómjármű-alapú mobilitási szolgáltatásoknál az utazási idő hasznosabban és/vagy kellemesebben tölthető el, így a nagyobb távolságú napi ingázások a településszerkezet átalakulását is előidézik (*van Arem et al., 2019*). Mivel a megosztott használat miatt várhatóan kevesebb jármű lesz és azok több időt töltenek forgalomban, ezért kevesebb parkolóhely, illetve garázs is elegendő. Az időben megosztott funkciójú parkoló létesítményeknél például éjszaka, a helyi lakosok járművei parkolnak, nappal a hivatás, ügyintéző stb. forgalom, a városi logisztikai forgalom, az autonóm járművek be- és kiszállítási műveletei, vagy az elektromos járművek töltési műveletei között lehet a szabad helyeket elosztani. Egészen újszerű eljárásokat igényel a járműmegosztások logikájához hasonlóan a

parkolóhely megosztás, amikor a saját parkolóhelyek szabad kapacitását kínálják fel rövid időtartamú városi parkolásra. A szabályozó információs szolgáltatások kiterjednek a változó díjtételekre és a jogosultságok kezelésére is.

A kisméretű autonóm járművek behajthatnak az épületekbe is (pl. bevásárlás esetén). Ezen járművek az épületek „térbeli kiterjesztései”. Míg a liftek vertikálisan, addig az épületbe behajtó járművek horizontálisan kapcsolják össze a tevékenységi helyszíneket (pl. elszállítják az utasokat a legközelebbi közforgalmú közlekedési megállóhoz) (Lu et al., 2017; Cao and Ceder, 2019). *A közlekedési folyamat (forgalom) menedzsment funkció a mobilitás menedzsment és (köz)terület menedzsment funkciók irányába bővül.*

A jövőben nem csupán a tervezett és a tényleges jellemzők alapján történik a működtetés, hanem a rövidtávon előrejelzett jellemzők ismeretében fokozható az utazói elégedettség. Ez különösen a kereslet vezérelt és a kereslet alapú szolgáltatásoknál szükséges, ahol a rövid kiállási idő (az igénybejelentés és a jármű érkezése közötti időtartam) a járműveknek a várható utazási igények valószínűsége szerinti, térbeli újra osztásával biztosítható. A legjelentősebb tendencia az alaprendszer tekintetében a *személyközlekedési módok és azok arányainak (modal share) megváltozása*, az információs rendszer tekintetében pedig az *integráció*.

2.3. A személyközlekedési módok összekapcsolása, minőségelemzés

Az utazások különböző személyközlekedési alrendszerekben, eltérő eszközökkel stb. valósulnak meg. Az alrendszeri elkülönülés hátrányos az utazó számára, ezért a teljes személyközlekedési rendszer a multimodális összetevők egységében vizsgálendő és fejlesztendő. Az integrált mobilitási szolgáltatás jellemzői:

- a közlekedési módok hálózati és forgalmi jellemzőihez, valamint az utasáramlatokhoz illeszkedő csomópontok,
- integrált menetrend és forgalomirányítás a csatlakozások optimalizálásával,
- integrált tarifa- és díjbeszedő rendszer,
- multimodális utasinformációs-szolgáltatások.

A személyközlekedési módok összerendezése vonatkozhat egy időszakra vagy egy utazásra. Ennek megfelelően *mobilitási szolgáltatáscsomagokat*, vagy *utazási láncokat* képzünk. A mobilitás, mint szolgáltatás (MaaS) az egyéni autóközlekedés háttól-házig terjedő, részben közforgalmú közlekedést is tartalmazó alternatívája. A szereplők között kétszintű a szerződéskötés (2.8 ábra).



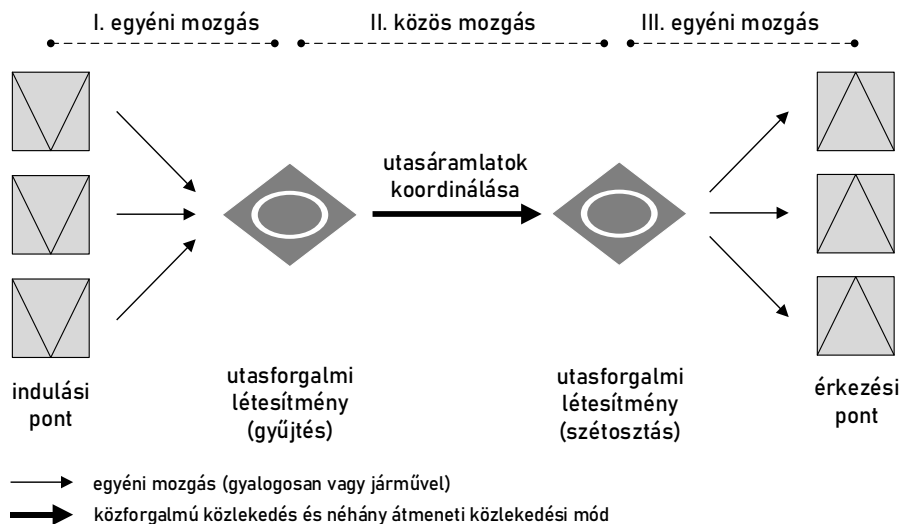
2.8 ábra: A mobilitás, mint szolgáltatás (MaaS) modellje

Egyrészt, az utazók és a MaaS operátor között jön létre szerződés a mobilitási csomag megvásárlásakor. Másrészt a MaaS operátor vásárolja meg a szolgáltatást a közlekedési operátoroktól, amit tovább értékesít az utazóknak. A minőségi szempontokat és azok teljesítési feltételeit a MaaS operátor és a közlekedési társaságok közötti szerződések szabályozzák (bonus-malus rendszerben). A MaaS operátor a teljes helyváltoztatási láncért „felelős” az ún. mobilitási szolgáltatási feltételek (pl. minőségi szempontok, utazói kártérítés feltételei) szerint. A MaaS operátori feladatokhoz többféle szervezeti forma tartozhat (pl. közlekedésszervező-társaság, közlekedési szövetség, egy vagy több közforgalmú közlekedési társaság, közösségi-magán együttműködésben létrehozott társaság, magántársaság).

Az utazó vagy előre összeállított *mobilitási szolgáltatáscsomag*okat vásárol, vagy meg tudja határozni, hogy milyen szolgáltatástípusokat (pl. közforgalmú közlekedés, kerékpármegosztás, autómegosztás stb.) és milyen arányban kíván használni. Egyes megoldásoknál a díj a tényleges használattól függ és utólag számítják. Ebben az esetben az utazó jogokat vásárol az adott módok használatához a konkrét utazásszám vagy távolság megadása nélkül. A MaaS-ban változó díjtételek, mint szabályozóeszközök, alkalmazhatók a kereslet és a kínálat összehangolására. Az előzetes ülőhely-foglalás (változatos feltételekkel és időintervallumokkal) egy újabb műveletet jelent(het) az utazó számára, különösen városi környezetben. A MaaS operátor a gyűjtött adatok alapján elemzi az utazási szokásokat és ennek megfelelően rendeli meg a szükséges kapacitásokat.

Az *utazási láncok* (2.9 ábra) képzésének célja:

- a személyközlekedési választék (eljutási alternatívák) bővítése, és
- a közlekedési módok parciális előnyeinek egyesítése.



2.9 ábra: Az utazási láncok modellje

A közlekedési módok összerendelésekor az egyéni közlekedéshez hasonló lehetőség és minőség biztosított, minél nagyobb arányban közforgalmú eszközöket is igénybe véve, törekedve a közlekedési rendszerben eltöltött idő és a költségek (fizetendő díj) csökkentésére az érzékelt szolgáltatási minőség fokozása mellett. Mivel az egyes módok jellemzői az időben változnak, ezért a javasolt utazási láncok is eltérhetnek az egyes időszakokban. Azok a helyszínek kiemelt fontosságúak, ahol az utazók a közlekedési rendszerbe lépnek vagy közlekedési eszközt váltanak. A

mobilitási szolgáltatás minőségét, az egyes közlekedési módok minőségi jellemzői mellett, befolyásolja az átszállási helyek kialakítása (pl. gyaloglási távolság) és az ottani szolgáltatási minőség (pl. tájékoztatás). A mód- és eszközváltási pontokhoz (pl. intermodális csomópontok) gyakran parkoló (állóforgalmi) létesítmények is tartoznak. A parkolás érzékelt minőségének fokozásával az utazási lánc megítélése jelentősen javítható. A parkolólétesítmények kapacitáskezelési feladatai összefüggenek a közúti közlekedési hálózatok hasonló feladataival.

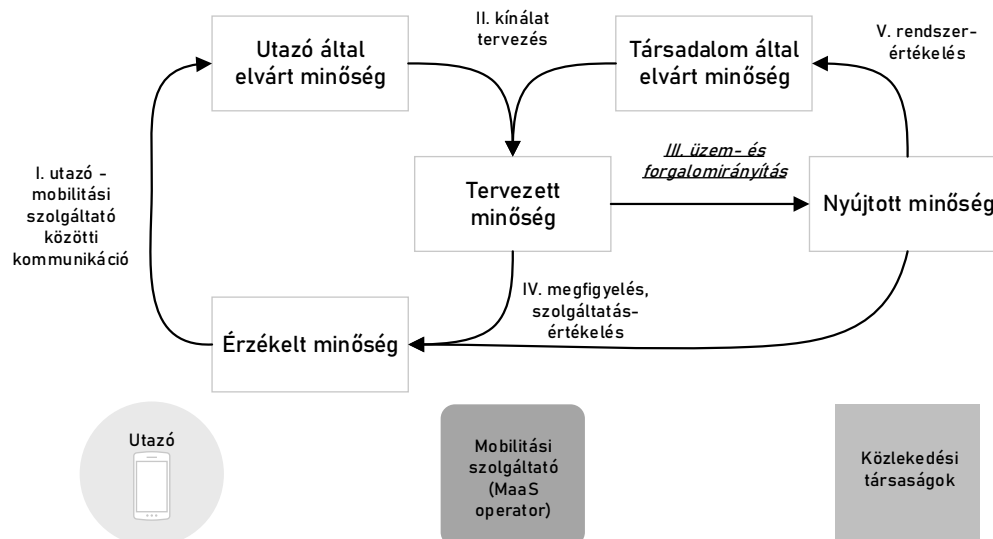
Az utasáramok több forrás- és több nyelőpont között haladnak és mindeközben vannak (lehetnek) olyan szakaszok, amelyeken kisebb-nagyobb mértékben „összefogjuk” az áramlást, azaz egy járműben egynél több személy utazik egyszerre. Ez utóbbi a közforgalmú közlekedésre és néhány átmeneti közlekedési módra (pl. utazásmegosztás) jellemző. Az utasforgalmi létesítményeknél történik az utasáramok összefogása; ezek a kollektív szakaszok kezdő- és végpontjai. A „közös” utazással elérhető az erőforrásokkal való hatékony gazdálkodás. Ennek következménye, hogy az utazói költség csökken. Ugyanakkor, mivel mozgási folyamatok térbeli-időbeli összerendezését végezzük, az egyes személyeknél idővesztés jelentkezik és az utazás individuális jellege (a kényelmi paraméter) is háttérbe szorulhat. Az utazók befolyásolásához, útbaigazításához individuális és kollektív tájékoztatás tartozik. Az alapfolyamathoz illeszkedően az I. és a III. mozgási szakaszon nagyobb arányban individuális, míg a II. szakaszon inkább kollektív tájékoztatás a jellemző. Az utazási lánc megszervezésének és működtetésének alapfeltétele, a mobilitási és az infrastruktúra szolgáltatók, valamint azok irányító központjainak (üzemirányítás, forgalomirányítás) együttműködése.

A személyközlekedési rendszerrel szembeni elvárások három – egymással nem mindig azonos érdekkü – szinten fogalmazódnak meg, melyek a következők: a felhasználó (utazó), az üzemeltető (társaság) és a társadalom képviselőjéért felelős szervezet (önkormányzat, állam) (Kövesné et al., 2015). Vizsgálataimnál az utazóra fókuszáltam; az utazó oldaláról mindenekelőtt az utazási folyamat minőségére vonatkoznak az elvárások. A *mobilitási szolgáltatások minőségének elemzéséhez* alkalmazott módszereket (Grönroos, 1988; Parasuraman et al., 1985, 1988; Brown and Swartz, 1989; Mándoki, 2005) kiegészítettem az átszállóhelyekre vonatkozó elemzésekkel (pl. a várakozás körülményei) (Ma et al., 2014). Az egyes módokhoz tartozó elemzések eredményei az idő vagy a távolság szerint súlyozva aggregálhatók. Az utazási láncok képzésével az egyéni személygépjárműves közlekedést megközelítő minőségű mobilitási szolgáltatás nyújtható alacsonyabb erőforrás ráfordítás mellett. Míg a közlekedési rendszerek elemzése elsősorban a városok szempontjából, addig az utazási láncok elemzése az utazó(k) szemszögéből végezhető el. Az utóbbi esetben a mobilitási szolgáltatás objektív paraméterei és az utazói szubjektív preferenciák veendő figyelembe. Az utazói preferencia függ az utazás jellemzőitől (pl. motiváció), a környezet jellemzőitől (pl. időjárás) és a személyes jellemzőktől (pl. jövedelem). Így a minőség utazónként vagy utazói csoportokra külön-külön is értékelhető. A minőségértékelés eredményei a módválasztást leíró modelleknél (pl. Logit modell) alkalmazhatók. Grönroos (1984) bevezette a technikai minőség („milyen szolgáltatást kap a felhasználó”) és a funkcionális minőség („hogyan kapja meg a felhasználó a szolgáltatást”) fogalmakat, amelyek az érzékelt minőséget befolyásolják. Az EN 13816:2002 formalizált minőségmenedzsment rendszer alapján a személyszállítási szolgáltatók számára

előírt szabvány szerint létrehozott minőségi hurok (Denke, 2003) továbbfejlesztésével *dolgoztam ki a kibővített minőségi hurok modellt* (2.10 ábra), amely a mobilitás, mint szolgáltatás (MaaS) modelljére épül, és szemlélteti a minőségi fogalmakat továbbá a minőséggel összefüggő tevékenységeket.

A minőségi rések a minőségi fogalmakhoz (Gummesson, 1991) tartozó értékek közötti eltérésként definiálhatók. A minőségi résekhez rendeltem hozzá a tevékenységeket:

- I. az utazó és a mobilitási szolgáltató közötti kommunikáció: a visszajelzések gyűjtése és az igények befolyásolása,
- II. a feltárt utazói minőség és a társadalmi elvárt minőség szerinti kínálattervezés,
- III. az üzem- és a forgalomirányítás részeként a rövidtávon előrejelzett helyzetinformációk (mint „új tervezett minőség”) közlése,
- IV. a közlekedési folyamat aktív szereplőinek (utazó, mobilitási szolgáltató, közlekedési szolgáltató társaság) megfigyelései, a szolgáltatás értékelése,
- V. a társadalmi elvárások szerinti rendszerértékelés.



2.10 ábra: A kibővített minőségi hurok modell

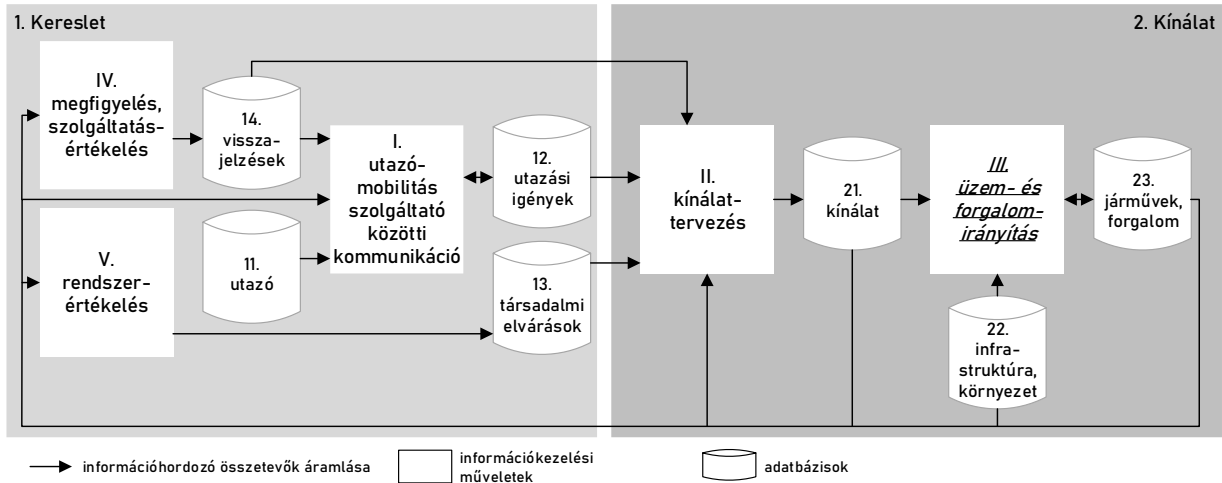
Bevezettem a mobilitási szolgáltatás minőség elemzéséhez alkalmazható informatikai modellt (2.11 ábra), amelyben a minőséggel összefüggő tevékenységekhez (mint információkezelési műveletekhez) tartozó adatbázisokat és az adatkapcsolatokat szemléltettem. A *minőség fogalmakhoz tartozó értékek* a következő adatbázisok alapján határozhatók meg:

utazó által elvárt:	11, 12,	nyújtott (tényleges):	22, 23,
társadalom által elvárt:	13,	érezkelt:	14, 22, 23,
tervezett:	21,		

ahol az utazói adatbázisok (11) a személyes jellemzőkre, a pozíciókra, valamint a termékek, szolgáltatások iránti igényekre vonatkozóan is tartalmaznak adatokat, míg a járművekre, forgalomra vonatkozó adatbázisok (23) az előrejelzett forgalmi helyzet, a pozíció és az állapot adatokat is tartalmazzák.

A kínálattervezés egyre inkább figyelembe veszi az aktuális és a rövidtávon előrejelzett forgalmi jellemzőket. Az okos eszközök a mobilitási szolgáltató és az

utazók közötti „kommunikáció”, valamint az érzékelt és az elvárt minőség értékelésének eszközei. Ezeken keresztül a *minőséget befolyásoló intézkedések* hatásai is mérhetők. A *kereslet-kínálat egyensúlyi pontja a tervezett és a nyújtott minőséggel szabályozható*. A megbízható rövidtávú forgalmi előrejelzés és a személyre szabott, valós idejű információs szolgáltatások „megnyugtatók” az utazót és növelik az elégedettségüket.



2.11 ábra: A mobilitási szolgáltatás minőség elemzésének informatikai modellje

A modell részleges alkalmazását a nyújtott és a tervezett minőség közötti rés meghatározásán keresztül (*III. üzem- és forgalomirányítási tevékenység*) mutatom be. A *közforgalmú közlekedési menetrendszerűség elemzéséhez és előrejelzéséhez adatbázis-kezelésen alapuló módszert fejlesztettem*, amely a forgalmi folyamatok kezelésekor és az üzemirányításnál képződő adatokat használja fel. Az alkalmazáshoz szükségesek a flottakövető rendszerből származó dinamikus adatok (23), a közforgalmú közlekedési alaprendszer statikus (infrastruktúra, tervezett menetrendi és jármű) „alap” adatai és egyéb külső forrásból származó (pl. időjárás) adatok is (22), továbbá a kínálatot leíró menetrendi adatok (21). A módszert a városi közforgalmú autóbusz-közlekedésre, és azon belül a megállóhelyi tartózkodási időre vonatkozóan dolgoztam ki. Az elemzési lépései:

1. a fizikai folyamatok azonosítása, a megállóhelyi tartózkodási és a mozgási fázisok különválasztása,
2. utascsere kezdetének és végének azonosítása, a késésekkel együtt,
3. menetrendi eltérést okozó markáns befolyásoló tényezők azonosítása,
4. járművek menetrendi eltérései jellemzőinek feltárása.

Az elemzés alapján azonosítottam a menetrendi eltéréseket okozó legfontosabb tényezőket, melyek a következők: a megállóhely utasforgalma, az időszak, az időjárás és a jármű padlómagassága. Megállapítottam, hogy a járművek menetdinamikai tulajdonságai nem befolyásolják a menetrendszerűséget. A markáns befolyásoló tényezők azonosítását követően kidolgoztam a megállóhelyi tartózkodási idők előrejelzésének módszereit. A módszerek helyességét mintaszámítással igazoltam (a győri helyi autóbusz-közlekedésre vonatkozóan). Az előrejelzési módszer felhasználható forgalombecslési modellekhez, illetve forgalomszervezési és -irányítási intézkedésekhez. A módszer alkalmazható olyan esetekre is, melyekhez a historikus adatbázis nem tartalmaz adatokat.

2.4. Új tudományos eredmények

Hiányosságok tapasztalhatók a mobilitási szolgáltatások összekapcsolása és a módválasztást segítő, személyre szabott információs szolgáltatások területén. Ezért a közlekedési kereslet kiszolgálása gyakran nem a legmegfelelőbb módokkal történik. Ennek következtében az egyéni és a társadalmi hasznosság, valamint az utazói elégedettség is alacsonyabb. Általában hiányoznak a teljes közlekedési rendszert egy egésként kezelő rendszerszemléletű kutatási eredmények.

1. Tézis. *Bevezettem a személyközlekedési rendszer szerkezeti és működési modell típusait. Kidolgoztam a személyközlekedési rendszerek és a mobilitási szolgáltatások elemzésének általános szempontrendszerét. Megállapítottam, hogy a jelenlegi, és a jövőbeli közlekedési módokkal nyújtott kínálat is illeszthető a keresleti jellemzőkhöz. Ezért a kereslet és a kínálat összerendezésének egyre fontosabb eszköze az integrált információkezelés.*

1. Modelleztem a személyközlekedési rendszert. Kidolgoztam a szakterületek rendszerszemléletű modelljét.
2. Megállapítottam, hogy az átmeneti közlekedési módok a kiszolgálási minőség (rugalmasság) jellemzőket tekintve közel folytonos átmenetet képeznek az egyéni személygépkocsi használat és a hagyományos közforgalmú közlekedés között. Rámutattam, hogy az átmeneti közlekedési módok alkalmazásával a személyközlekedési rendszer kapacitáskihasználása jelentősen növelhető. A jövőben a közlekedési módok egy részét kiváltja az új, jellemzően kereslet alapú, infokommunikációs bázisú, mobil alkalmazáson előzetes rendeléssel igénybe vehető, megosztott, kis kapacitású autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás. Az információkezelés fejlődésének következtében a személyközlekedés egyre inkább adaptív és dinamikus rendszerré alakul át.
3. Bevezettem a mobilitás, mint szolgáltatás (MaaS) kibővített minőségi hurok modelljét. Kidolgoztam a minőségelemzési informatikai modellt, amely az elemzési feladatokhoz használandó adatbázisokat és azok kapcsolatát mutatja meg. A közforgalmú közlekedési menetrendszerűség elemzéséhez és előrejelzéséhez adatbázis-kezelésen alapuló módszert fejlesztettem.

A fejezet eredményeihez és a tézishoz kapcsolódó publikációk: *(Ágoston és Csiszár, 2010), (Csiszár 2004b, 2004c, 2006a, 2006b, 2006c, 2008, 2009a, 2009b, 2019), (Csiszár és Nagy, 2019), (Csiszár és Sándor, 2017), (Csiszár et al., 2019d), (Csonka és Csiszár, 2015a, 2015b, 2016a, 2016c), (Földes és Csiszár, 2016a), (Gyürüs et al., 2008a, 2008b), (He and Csiszár, 2018b, 2020b), (Nagy et al., 2013), (Németh és Csiszár, 2009), (Sándor és Csiszár, 2013), (Válóczi és Csiszár, 2011a, 2011b).*

3.

Személyközlekedési információs rendszerek integrációja

A közlekedési információs rendszerek a közlekedési alapfolyamat célirányos működését szolgálják. Az elemek és a tevékenységek kapcsolatai információs kapcsolatokat is eredményeznek. Az informatika egyrészt a hálózat síkjában hozza kapcsolatba az összetevőket (horizontális integráció), másrészt a közlekedési szervezetekben biztosítja az egyes vezetési szintek információellátását és ezáltal az összehangolt működést (vertikális integráció) (*Westsik, 1988*).

Elsősorban a városi (*Schlingensiepen et al., 2016*) és a légi (*Lindeis, 2010*) közlekedésben alkalmaznak olyan integrált rendszereket, amelyek számos közlekedési funkciót (pl. üzemirányítás, tájékoztatás) lefednek. Mivel nincs olyan szervezet, aminek a tevékenysége a teljes közlekedésre kiterjedne térbeli korlátok nélkül, ezért az integrációs folyamatok „szabályozása” és a kutatások-fejlesztések ösztönzése nehezen oldható meg. Egy-egy „szigetszerű” fejlesztésnél gyakran nem veszik figyelembe a rendszer külső kapcsolatait és így az adott megoldás előnyei nem hasznosulnak teljeskörűen. Az integrációs vizsgálatok célja meghatározni, hogy mely összetevők (alrendszerek) működésének összekapcsolásával milyen „hasznok” érhetők el, azok hogyan számszerűsíthetők, és hogyan rendelhetők hozzá az érintett szereplőkhöz (*Lom, 2019*). Az integrált rendszerfejlesztés összetett és hosszú folyamat, a megvalósítás évtizedeket is igénybe vehet. Az integrációnak jogi, gazdasági és műszaki síkon együttesen szükséges megvalósulnia.

A nagyszámú alkalmazási terület, továbbá az információs rendszerek sokfélesége és számossága miatt az integrációs feladatoknál a csoportosítási szempontok azonosítása és a többszintű csoportosítás, valamint az időtálló absztrakciós szintek alkalmazása jelenti a legnagyobb kihívást (*Meier et al., 2005*). Az alágazatok, módok, eszköztípusok eltérő sajátosságai, informatikai fejlettségi színvonala és összetettsége részben eltérő megközelítési módokat is igényel (*Lom, 2019*). A legfontosabb összefüggések feltárása modellek bevezetésével lehetséges. Modellezéskor a megfelelő „felbontás” mellett határozható meg, hogy mely összetevők, mely tulajdonságai kerülnek figyelembevételre. Mindezek alapján, *a személyközlekedés információs integrációjának logikai megalapozását tűztem ki célul. Az új tudományos eredmények eléréséhez a következő kutatási kérdéseket fogalmaztam meg, melyekhez illeszkednek az alfejezetek:*

1. Milyen közlekedésinformatikai elemzési és modellezési szempontok és módszerek vezethetők be? Az összetevők és a kapcsolatok milyen felbontási szintek mellett vizsgálhatók? A módszerek hogyan csoportosíthatók és alkalmazhatók?
2. Melyek az informatika alkalmazási területei a személyközlekedésben? Milyen modellekkel írható le a személyközlekedési integrált információs rendszer?
3. Milyen modellekkel írható le egy-egy alrendszer, konkrétan az integrált parkolási információs rendszer és a légi személyszállítási integrált információs rendszer?

3.1. Komplex közlekedésinformatikai rendszerek elemzési és modellezési módszerei

Az integrált rendszer és szolgáltatási modellek kidolgozását többféle elemzés előzte meg, amelyekhez új módszereket vezettem be az alkalmazási céloknak megfelelően. A téma összetettsége és specialitása miatt mérsékelten állnak rendelkezésre módszerek (*Chapman et al., 1992; Merlo and Girard, 2004; Sieniutycz, 2020*). A módszerek kidolgozásához és az elemzések elvégzéséhez zö rendszer- és folyamatszémleletű megközelítést alkalmaztam. A bemutatott módszereket folyamatosan bővíttem, továbbfejleszttem és adaptálom.

Az információs rendszerek legfontosabb *összetevő típusai*:

- információ (adatbázis),
- információkezelő alrendszerek vagy elemek (ideértve az emberi és a gépi összetevőket is),
- információkezelési funkciók.

A gépi összetevők többnyire kapcsolódnak az emberi összetevőkhöz. Az információval összefüggő fogalmak hierarchiája (fentről-lefelé): ismeretanyag – információ – adat – jel. Az információkezelési műveletek szabályozóköre rendezhető, melynek részfolyamatai: információgyűjtés, -átvitel, -tárolás, -feldolgozás, -felhasználás. Az információkezelési ciklusidőt a műveletek időtartama és a műveletközi időtartamok befolyásolják. A ciklusidő a támogatott tevékenység jellegétől függően eltérő; például a tervezésnél viszonylag hosszú, míg az operatív irányítás során lényegesen rövidebb.

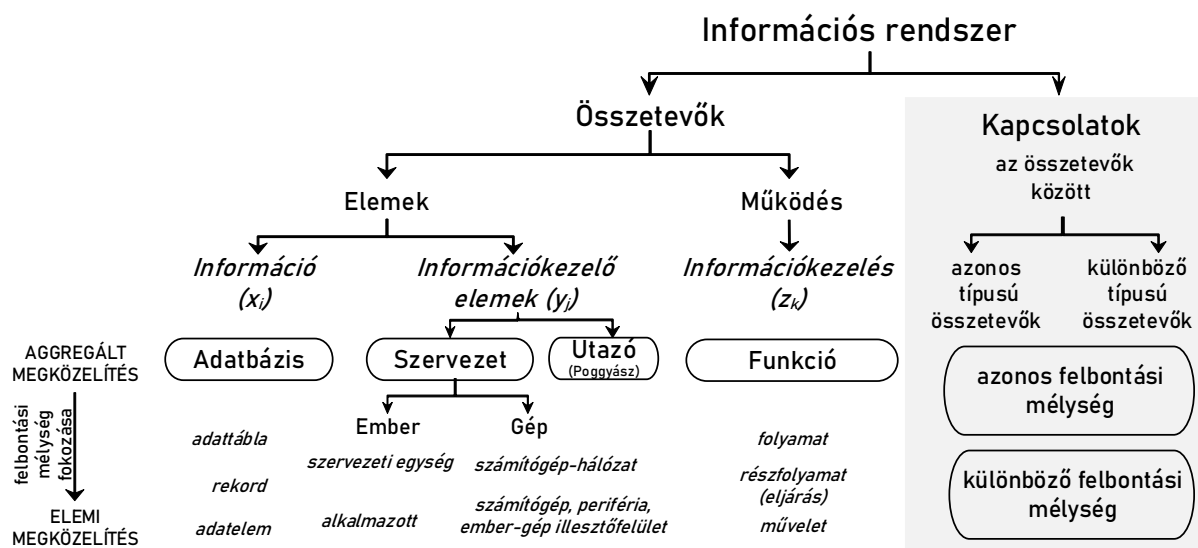
Az információkezelést az időbeli jellemzői mellett a „kiterjedtsége” is jellemzi. Vonatkozhat a közlekedési rendszer egy-egy elemére, alrendszerére, vagy a teljes rendszerre, illetve azon túl is mutathat (pl. a közlekedés beillesztése az okos város kapcsolatrendszerébe). A kiterjedtség az elérendő céloktól és azok hierarchiájától függ. A kiterjedtség szerint a következő integrációs szinteket azonosítottam:

- társaságon belüli,
- alágazaton belüli,
- alágazatok közötti, és
- térbeli.

Például, egy utazó személyes utazási láncának tervezésekor az információkezelés csak néhány elemre és alrendszerre terjed ki, míg egy városrész fenntartható közlekedésének tervezése sokkal több alrendszer bonyolult együttműködését igényli. Az információkezelés időbeli és kiterjedtségi jellemzői gyakran összefüggenek egymással. Az információkezelési folyamatok elemzésénél és modellezésénél általában a helyváltoztatási folyamat a legfontosabb rendezőelv, mert az alapfolyamat elemei és logikai sorrendje állandóságot mutat.

Összefoglaltam a közlekedésinformatikai elemzés és modellezés szempontjait és bevezettem az összetevők felbontási szintjeit (3.1 ábra). Az összetevők között általában több-több típusú logikai és/vagy fizikai kapcsolatok azonosíthatók. Az összetevők közötti együttműködés során a fizikai kapcsolatok az adatátvitelen keresztül működnek és részletesen jellemezhetők az irányultság, adatcsoportok, adatmennyiség, helyesség, megbízhatóság, gyakoriság, időpont, időtartam, kommunikációs technológia, költség, adat „avulása” stb. szerint. Az elemzés és a modellezés különböző felbontási mélység (részletezettség) mellett, aggregált vagy elemi megközelítésben végezhető el. Az utóbbi esetben a felbontás az elemi szintig

fokozható (általában a top-down megközelítéssel). Az elemi megközelítés a meglévő és új rendszerek elemzésekor, értékelésekor és tervezésekor elengedhetetlen. Az informatikai elemzés összetevők szerinti vertikális kiterjesztését példával szemléltetem (3.1 melléklet).



3.1 ábra: A közlekedési információs rendszerek elemzési és modellezési szempontjai; az összetevők felbontási szintjei

A szerkezet az összetevők közötti kapcsolatok ábrázolásával képezhető le. Egy kapcsolatban az összetevők származhatnak egyező vagy eltérő összetevő típusból, illetve egyező vagy eltérő felbontási szintről. Például, az elemkapcsolati modellek az információkezelő elemeket és azok kapcsolatait, míg a funkciókapcsolati modellek az információkezelési műveleteket és azok kapcsolatait képezik le. Az elemzések leggyakrabban a következő kapcsolattípusokra terjednek ki:

- szervezet-szervezet,
- szervezet-funkció,
- funkció-funkció.

Szervezeteknél az emberi és a gépi összetevők kapcsolatai külön-külön is vizsgálhatók, amelyek az automatizálási fejlesztéseknél jellemzőek. Továbbá megkülönböztethető a szervezeteken belüli és a szervezetek közötti kapcsolatok köre. Azon információs kapcsolatok esetében, amikor legalább az egyik összetevő funkció, az időbeli jellemzők is elemezhetők. Két alapeset különböztethető meg: a működés változatlan az időben (statikus) vagy a működés alkalmazkodik az aktuális állapothoz (dinamikus). A működés időbeli jellemzői jelentősen befolyásolják a bementi és kimeneti adatok körét. A funkciók és kapcsolataik a működési ciklusidők szerint rendezhetők csoportokba. Így eljárva, a funkciókapcsolati modellek rétegekre bonthatók. Egy-egy réteg az adott időciklusban működő funkciókat és azok kapcsolatait tartalmazza.

A kapcsolatok elemzésével az alkalmazandó kommunikációs technológia és annak jellemzői (pl. kapacitás, költség) határozható meg. Az információellátási feladatok költségei jellemzően a tárolási és az átviteli költségekből tevődnek össze, amennyiben a kezelt adatok rendelkezésre állnak szervezeten belül, azaz nem szükséges külön adatgyűjtési technológia bevezetése. Integrált információs rendszerek esetében egyre nagyobb a külső kapcsolatok aránya a belső kapcsolatokhoz képest. Az integrált rendszerekben a működési folyamatok

összehangolásával, új összetett funkciók kialakításával több részrendszerre, illetve a teljes rendszerre vonatkozó magasabb szintű optimalizálás valósítható meg.

A háttérrendszerre (szervezetekre) vonatkozó informatikai elemzéseknél a szervezeteket tekintetem információkezelő elemeknek. *Az adatkezelési elemzésekhez bevezettem az információszerkezeti táblázatot (3.1 táblázat), amely az információkezelő elemek funkciói és az adatbázisok közötti kapcsolatokat ábrázolja.*

3.1 táblázat: Az információszerkezeti táblázat (közúti példával)

		statikus adatok			féldinamikus adatok			dinamikus adatok		
O_i	F_j	$D_{1,s}$	$D_{k,s}$	$D_{5,s}$	$D_{1,sd}$	$D_{k,sd}$	$D_{5,sd}$	$D_{1,d}$	$D_{k,d}$	$D_{5,d}$
O_1	F_1	úthálózat, alágazati kapcsolatok adatai (térkép)	...	-	tervezett forgalmi módosítások adatai	...	felhasználói profilok adatai	forgalmi, útmeteorológiai adatok	...	felhasználói tájékoztatási igények adatai
	...									
	F_8									
...	...									
	...									

Jelmagyarázat:

O_1 szervezettípus: mozgóforgalmat kezelő társaságok

F_1 funkció: forgalmi tájékoztatás

$D_{1,s}$: statikus hálózati, létesítményi és forgalmi adatok

$D_{5,s}$: statikus felhasználói adatok (a példában szereplő szervezettípus az adott funkcióhoz kapcsolódóan nem kezel adatot)

$D_{1,sd}$: féldinamikus hálózati, létesítményi és forgalmi adatok

$D_{5,sd}$: féldinamikus felhasználói adatok

$D_{1,d}$: dinamikus hálózati, létesítményi és forgalmi adatok

$D_{5,d}$: dinamikus felhasználói adatok

A táblázat megmutatja, hogy egy szervezettípus (O_i), egy funkciójának (F_j) ellátásához (kétszintű sorfejléc) milyen adatcsoportok ($D_{k,l}$) (oszlopfejléc) tartoznak. Az adatcsoportok esetében k index a leképezés „tárgyát”, l index az időbeli érvényességet jelöli. A táblázat tartalmának egy részletét a közúti alágazatra vonatkozóan példával szemléltettem. A példában öt adatcsoportot és három időbeli érvényességet (s : statikus, sd : féldinamikus, d : dinamikus) különböztettem meg. Egyszerűbb esetben a cellákban 1 jelöli az összefüggés meglétét; részletesebb elemzésnél az adatcsoportok további bontása is megadható. A kitöltés lépései:

1. Az információs rendszer összetevőinek (szervezettípus, funkció, adatcsoport) azonosítása.
2. A szervezettípusok funkcióinak elemzése.
3. A kezelt információk azonosítása, az adatcsoportok hozzárendelése a szervezettípusokhoz és az általuk ellátott funkciókhoz.

Az adatáramlási elemzésekhez bevezettem az információáramlási táblázatot (3.2 táblázat), amely az integrált információs rendszerekben áramló adatcsoportokat ábrázolja. Megmutatja, hogy egy információkezelő elem, egy funkciójánál kezelt adatcsoport (mint kimenet) mely információkezelő elem, mely funkciójánál hasznosul (mint bemenet). Az információáramlási táblázat értelmezését a 3.3 táblázat segíti. Az $O_i F_j - O_m F_n$ párokhoz egy-egy mini táblázat tartozik (3.4 táblázat), mely a továbbított adat-csoportokat tartalmazza. Amennyiben egy adatcsoport továbbításra kerül,

akkor a mini táblázatban az adatcsoport helyén 1 szerepel. A táblázat tartalmának egy részletét a közúti alágazatra vonatkozóan példával szemléltettem. A kitöltés lépései:

1. Az egymással kapcsolatban álló szervezettípusok azonosítása.
2. A szervezettípusok és a funkcióik közötti összefüggések feltárása.
3. A kapcsolatokban áramló adatcsoportok azonosítása.

3.2 táblázat: Információáramlási táblázat (közúti példával)

		O ₃								
		F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	
O ₁	
	F ₂		1	1			1	1		1
			1				1			1
				1			1		1	1
			1	1	1		1	1	1	1
...		

Jelmagyarázat:

O₁ szervezettípus: mozgóforgalmat kezelő társaságok

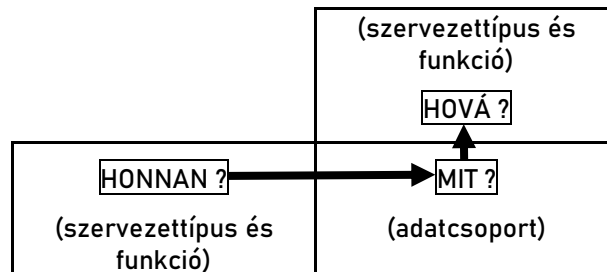
O₃ szervezettípus: flottaüzemeltető társaságok

F₂ funkció: forgalmi folyamatok kezelése

1: az adatcsoport továbbításra kerül

Példa (szürke háttérű cella): Az O₁-es szervezettípus az F₂-es funkciójához kapcsolódóan D_{1,sd} adatcsoportot továbbít (féldinamikus hálózati, létesítményi és forgalmi adatok) az O₃-as szervezettípus F₂-es funkciójának ellátásához.

3.3 táblázat: Az információáramlási táblázat értelmezése

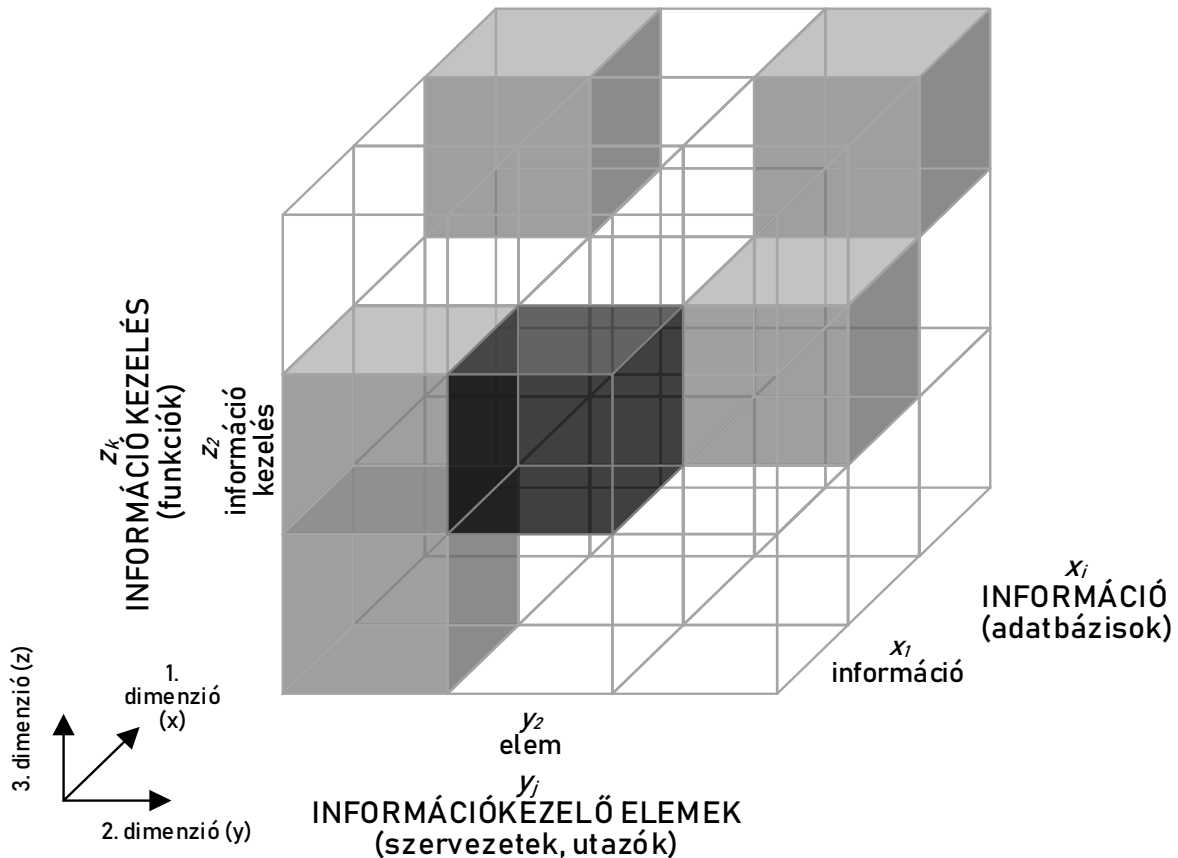


3.4 táblázat: Adatcsoportok jelölése a mini táblázatban

D _{1,s}	D _{1,sd}	D _{1,d}
D _{2,s}	D _{2,sd}	D _{2,d}
D _{3,s}	D _{3,sd}	D _{3,d}
D _{4,s}	D _{4,sd}	D _{4,d}
D _{5,s}	D _{5,sd}	D _{5,d}

A táblázatok alkalmazásával a kapcsolatok fokozatosan, egymásra épülő lépésekben modellezhetők. A lépések során a modellezés horizontális (modell kiterjedtség) és vertikális (modell részletezettsége) irányban is bővíthető. Az alkalmazási céloktól függően vagy a szervezettípusok vagy a konkrét szervezetek veendő figyelembe, mint információkezelő elemek. A módszer alkalmazásával meghatározhatók az ún. információs csomópontok, amely szervezeteknek a feladata a számos forrásból érkező információk rendszerezése, egyesítése, értéknövelt információk előállítása és azok továbbítása a többi érintett szervezet részére.

A három fő összetevőtípus (információ, információkezelő elem, információkezelés) összefüggéseinek ábrázolásához háromdimenziós térbeli modellt vezettem be (3.2 ábra). Egy téglatest, amelyet a koordinátái azonosítanak a tengelyeken, megmutatja, hogy mely információt (adatbázist) mely információkezelő elem használja egy adott funkcióban. Például, a kiemelt sötétszürke téglatest esetében a koordináták jelölik, hogy x_1 információt (adatot), az y_2 elem a z_2 funkciónál használja fel. A nem létező összefüggések „helyén” üres téglatestek szerepelnek. Nagymértékben integrált rendszerek esetében kevés a hiányzó téglatest.



3.2 ábra: Az információs rendszerek háromdimenziós térbeli modellje

Az ún. „háromdimenziós” elemzések vonatkozhatnak egy-egy tengely mentén „szeletek” és „vetületek” képzésére. Szeletelés közben az adott összetevőtípus elemeit vizsgálhatjuk külön-külön, azaz, hogy azok a másik két összetevőtípus mely eleméhez kapcsolódnak. Vetítéskor (vetületek képzésekor), kétdimenziós ábrák vagy táblázatok képezhetők a harmadik összetevő típus (dimenzió) szerinti aggregálással. Ilyenkor, az elhagyott összetevő típus szerinti valamennyi elem együttesen veendő figyelembe. A bemutatott elemzési és modellezési módszereket alkalmaztam: pl. a repülőtéri taxiirányítás, az utazásmegosztás, a parkolástámogatás, a sofőrszolgálatok, a rugalmas közforgalmú közlekedés stb. információs rendszerei esetében. A jellegzetes ábrázolási módokat a 3.2 és 3.3 mellékletekben foglaltam össze. Az eredményeket rendszerfejlesztési tervek kidolgozásánál hasznosítottam.

Adaptív rendszer esetében a rendszer céljainak vagy tágabb értelemben tekintett környezetének megváltozása szerkezeti és működési változásokat is eredményez. Kiseb változások esetében elegendő a működés megváltoztatása. Jelentős változások esetében a rendszer szerkezeti (és egyidejű működési) változtatásával

érhető el az eredmények. A személyközlekedéssel összefüggő szervezetek szerkezete, működése és elnevezése is viszonylag gyakran változik. Előfordulnak szervezeti összeolvadások és szétválások is. *A funkciók szervezeten belüli és szervezetek közötti változása, új funkciók bevezetése, meglévők áthelyezése stb. a szervezetek és a közöttük lévő információs kapcsolatok átalakulását is eredményezi.* Az információellátási igények a funkciók jellemzőiből vezethetők le. A funkciók (általában) állandóak, miközben a szervezetek változnak. Ennek megfelelően modellezéskor a funkciók jelentik a fontosabb rendezőelvet. A kidolgozott módszerek alkalmazási területei:

- Közlekedéstudományi kutatások.
- Szervezetek működésének vizsgálata; helyzetfelmérés, a tevékenységek méretezése, információigények elemzése, hiányzó és fejlesztendő információs kapcsolatok feltárása.
- Döntés-előkészítés, szervezeti változtatások előkészítése.
- A fizikai szinthez tartozó integrációs feladatok (pl. a gépi rendszer struktúrájának, működési jellemzőinek meghatározása) előkészítése.

3.2. Az integrált személyközlekedési információs rendszer modellje

A személyközlekedési informatika alkalmazási, beavatkozási és hatásterületei a következők:

Alkalmazási területek (funkciócsoportok):

a. utazási igények csökkentése

- távmunka, távoktatás, távvasárlás stb.,

b. utazási igények kezelése

- az utazási igények és az aktuális kapacitások (pl. közlekedési hálózat, jármű, energiaellátó rendszer) több szempont szerinti egymáshoz rendelése,
- helyfoglalás,

c. utazói mozgások támogatása

- multimodális, dinamikus, valós idejű, értéknövelt, kollektív és személyre szabott tájékoztatás,
- térképes szolgáltatások, navigáció (különösen sérült személyek esetén),
- utasbiztonsági és vandalizmus elleni funkciók,
- adatgyűjtés az utazótól/utazóról,

d. díjak beszedése (az üzemeltető és a szolgáltató társaságok részére)

- összetett és rugalmas (időben változó) tarifarendszer alkalmazása,
- utasszámadatok gyűjtése térbeli-időbeli és egyéb szempontok szerint,

e. járműforgalmi áramlatok kezelése (forgalom- és üzemirányítás)

- a forgalombiztonság fokozása a járművezetői feladatok támogatásával (intelligens jármű funkciókkal),
- a közlekedési infrastruktúra kapacitáskihasználásának növelése,
- energiateljesítmény csökkenése,
- operatív irányítás, menetrendszerű közlekedés/csatlakozások biztosítása,
- forgalmi helyzet előrejelzése,
- járműdiagnosztikai és járműfedélzeti adatok gyűjtése,
- kitüntetett forgalmi rétegek automatikus előnyben részesítése,

- az elszámoláshoz, kiértékeléshez, tervezéshez szükséges adatok gyűjtése,

f. üzemeltetés támogatása

- a karbantartási és javítási műveletek támogatása,
- járművek rongálás elleni védelme.

Beavatkozási területek:

- személyközlekedési kereslet: "megengedő" döntésbefolyásolás tájékoztatással, értéknövelt információkkal,
- személyközlekedési kínálat: "szigorú" befolyásolás, forgalomszabályozással, korlátozásokkal, tiltásokkal, valamint
- a kereslet és a kínálat összerendelése: multimodális utazási láncok képzése, a módváltás támogatása; kereslet vezérelt és kereslet alapú mobilitási szolgáltatástípusok alkalmazása.

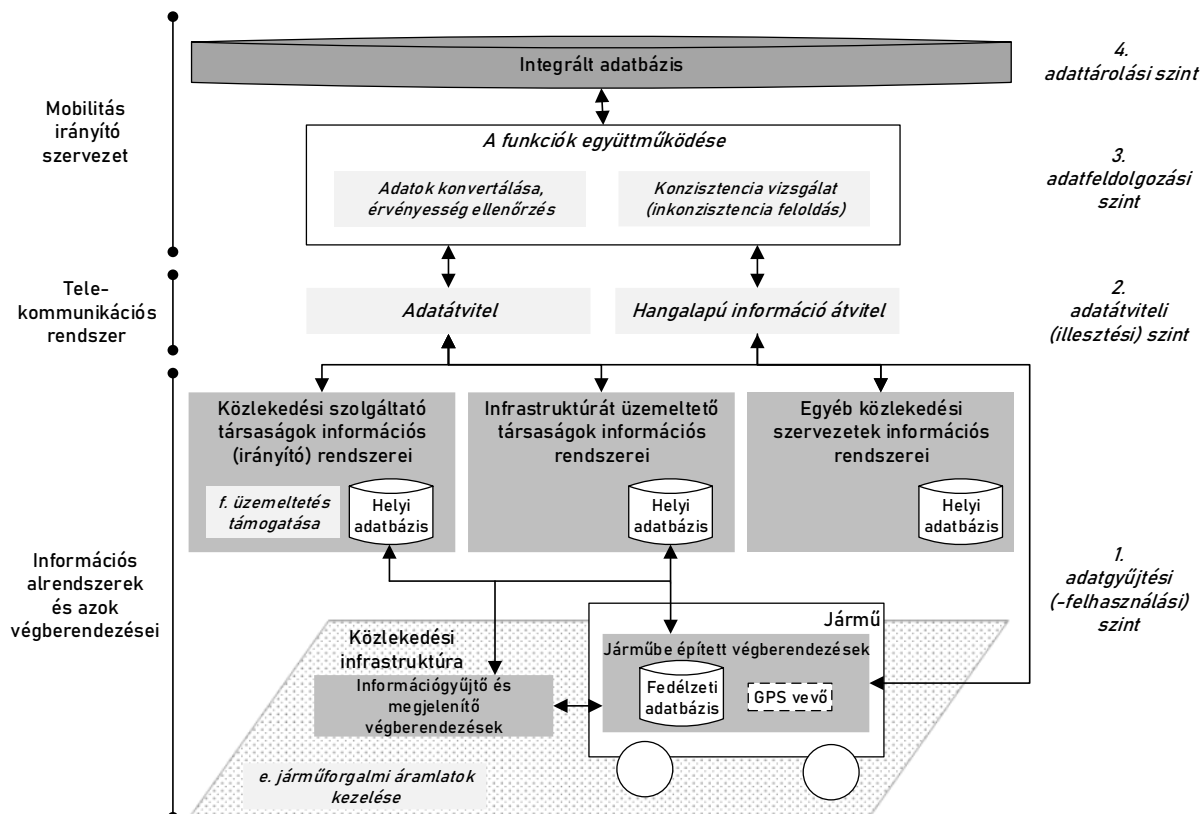
Hatásterületek:

- megbízhatóság,
- utazási idő (tényleges és érzékelt),
- utazási kényelem (a megállóhelyi várakozás és a járműfedélzeti tartózkodás körülményei),
- a személyközlekedési rendszer kezelhetősége (pl. tarifarendszer; szolgáltatási feltételek; díjbeszedő végberendezések kezelése; utaskiszolgálás),
- biztonság (forgalombiztonság, üzembiztonság, utasbiztonság).

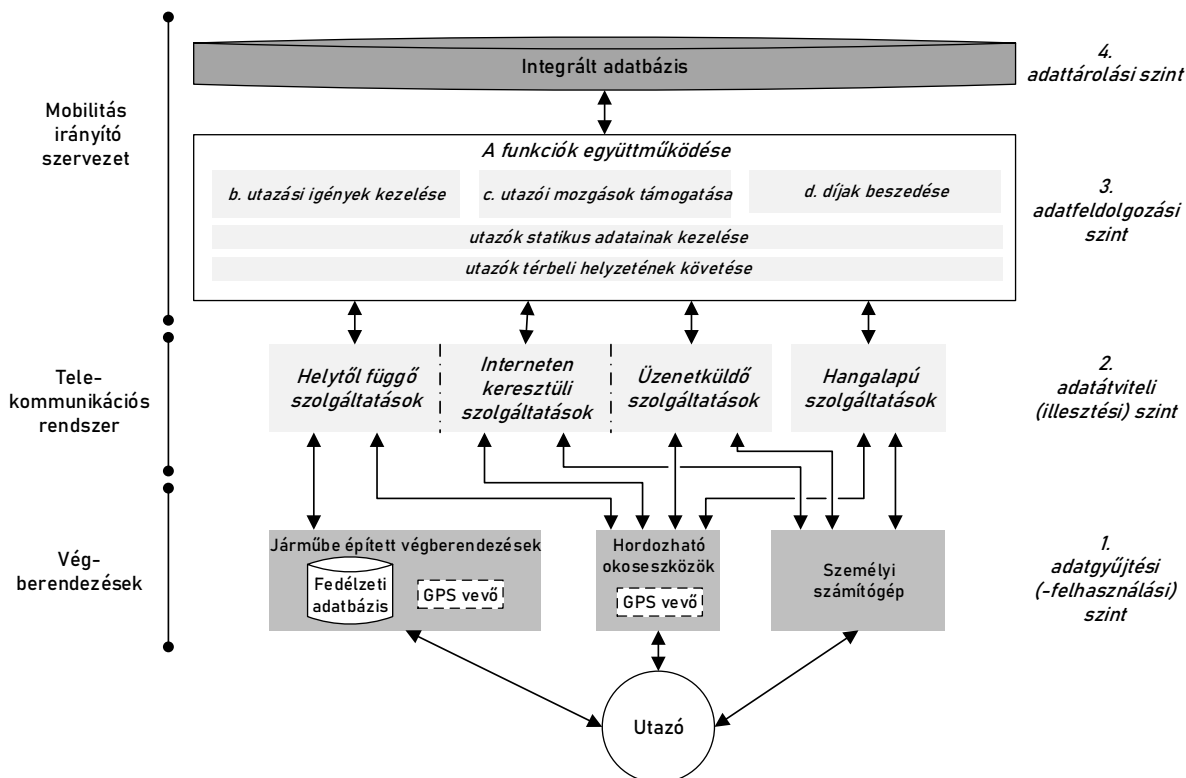
Az *integrált személyközlekedési információs rendszer* egy olyan elektronikus fuvarbörze, ahol a járműmozgások (mobilitási szolgáltatások), mint felkínált kapacitások jelennek meg. A rendszer *modelljét* a háttér-rendszerre (3.3 ábra) és a felhasználói (utazói) végberendezésekre és alkalmazásokra (3.4 ábra) vonatkozóan dolgoztam ki. A szerkezeti és a működési jellemzőket együttesen ábrázoltam. Sötétszürke dobozok ábrázolják az alrendszereket és elemeket, míg világosszürke dobozok mutatják a működési folyamatokat, megjelölve a *b-f.* funkciócsoportokat.

Az integrált rendszerben szinte valamennyi információkezelő elem és alrendszer egyben információforrás és -nyelő is. A „főáram” mégis a közlekedési infrastruktúra és a járművek felől az utazók irányába halad. Az ellenkező irányú áramlás is lényeges, de ennek mértéke kisebb (*Dohmen, 2017*). Az információáramlási folyamat két „végén” található a jármű és az utazó, amelyek között a fizikai kapcsolat létrejöttét az információs kapcsolat segíti elő. Az információkezelési részfolyamatokat az arab számok jelölik „szintekbe” rendezve. A közlekedési társaságok és a kapcsolódó szervezetek alkalmazottai (elsősorban a járművezetők) szintén az integrált rendszerből származó adatok felhasználói és egyben forrásai is. Az információkezelés jelentős részben mozgó objektumokra vonatkozik, ezért a működési folyamatok nem nélkülözhetik a helymeghatározási technológiákat.

A közlekedési információs rendszerek többnyire egy-egy, a közlekedéssel összefüggő feladatot végző társasághoz (közlekedési szövetséghez) vagy egy földrajzi egységhez rendelhetők. Ezek térbeli összekapcsolása a horizontális integráció, míg a *mobilitásirányító szervezet* kiépítése, *új, magasabb szintű*, ún. *átfogó funkciók* megvalósítása a vertikális integráció eredménye. Az integráció a háttér-rendszer tekintetében elsősorban az egységes adatszerkezetre (fogalmi, logikai és fizikai tekintetben), az ismétlődésmentes feldolgozási műveletekre, és az átfogó,



3.3 ábra: Az integrált személyközlekedési információs rendszer modellje az üzemeltető (szolgáltató) társaságok „oldalán”



3.4 ábra: Az integrált személyközlekedési információs rendszer modellje az utazó „oldalán”

növelt értékű információkat előállító funkciók megvalósítására terjed ki. Az integráció a felhasználói (utazói) végberendezések és alkalmazások tekintetében elsősorban az egységes eljárásokra, információtartalomra és megjelenítési módokra terjed ki.

A mobilitásirányító szervezet végzi a számos forrásból származó információk feldolgozását és a növelt értékű információ előállítását. Az adatbázis szerkezete, tartalma, mérete függ a leképezendő alaprendszer nagyságától, az integráció fokától, illetve a leképezés részletességétől (mélységétől), valamint a működési ciklusidőktől. Az integrált adatbázis csak logikailag egy egység. Fizikailag a centralizált, a decentralizált megoldások és azok kombinációi is elterjedtek. A tárolt adatok legfontosabb csoportjai a leképezett elemek és folyamatok szerint:

1. utazókkal kapcsolatos adatok

- statikus adatok (pl. utazási preferenciák, életkor, aktivitás, felhasználói profil),
- féldinamikus és dinamikus adatok (pl. mozgási relációk, térbeli adatok),
- utazási igény adatok,

2. közlekedési hálózattal kapcsolatos adatok

- pontszerű elemre vonatkozó adatok (pl. megállóhelyek jellemzői - alacsony vagy magas peronos),
- vonalszerű elemre vonatkozó adatok (pl. az egyes közúti útvonalszakaszok átlagos sebessége egy adott időintervallumban),
- területegységre vonatkozó adatok (pl. egy szolgáltató szolgáltatási területe),

3. helyváltoztatási folyamattal kapcsolatos adatok

- személyszállítási kapacitás adatok (pl. hálózatra, viszonylatra, átszállásra stb. vonatkozó térbeli-időbeli adatok),
- forgalmi adatok,
- parkolási adatok,
- díjbeszedési adatok,

4. helyváltoztatáshoz közvetetten kapcsolódó adatok

- időjárási adatok,
- turistákat támogató adatok.

A külső információs kapcsolatok a következő szervezettípusokra terjednek ki:

1. technológiai társaságok

- közlekedési és infrastruktúra tervező és tanácsadó társaságok,
- közlekedésinformatikai rendszereket fejlesztő társaságok,
- információs és közlekedés technológia fejlesztést, kutatást, innovációt végző társaságok, intézetek,

2. tudományos és oktatási tevékenységet végző szervezetek

- egyetemek,
- tudományos kutatóintézetek,

3. szabályozó és társadalmi szervezetek

- kormányzati szabályozó szervezetek,
- önkormányzatok,
- civil szervezetek, egyesületek.

3.3. Személyközlekedési alrendszerek integrált információs rendszereinek modelljei

A személyközlekedés számos alrendszeréhez tartozó integrált információs rendszer modelljét kidolgoztam. A legfontosabb eredményeket a parkolásra és a légi személyszállításra vonatkozóan értem el.

Integrált parkolási információs rendszer modellje

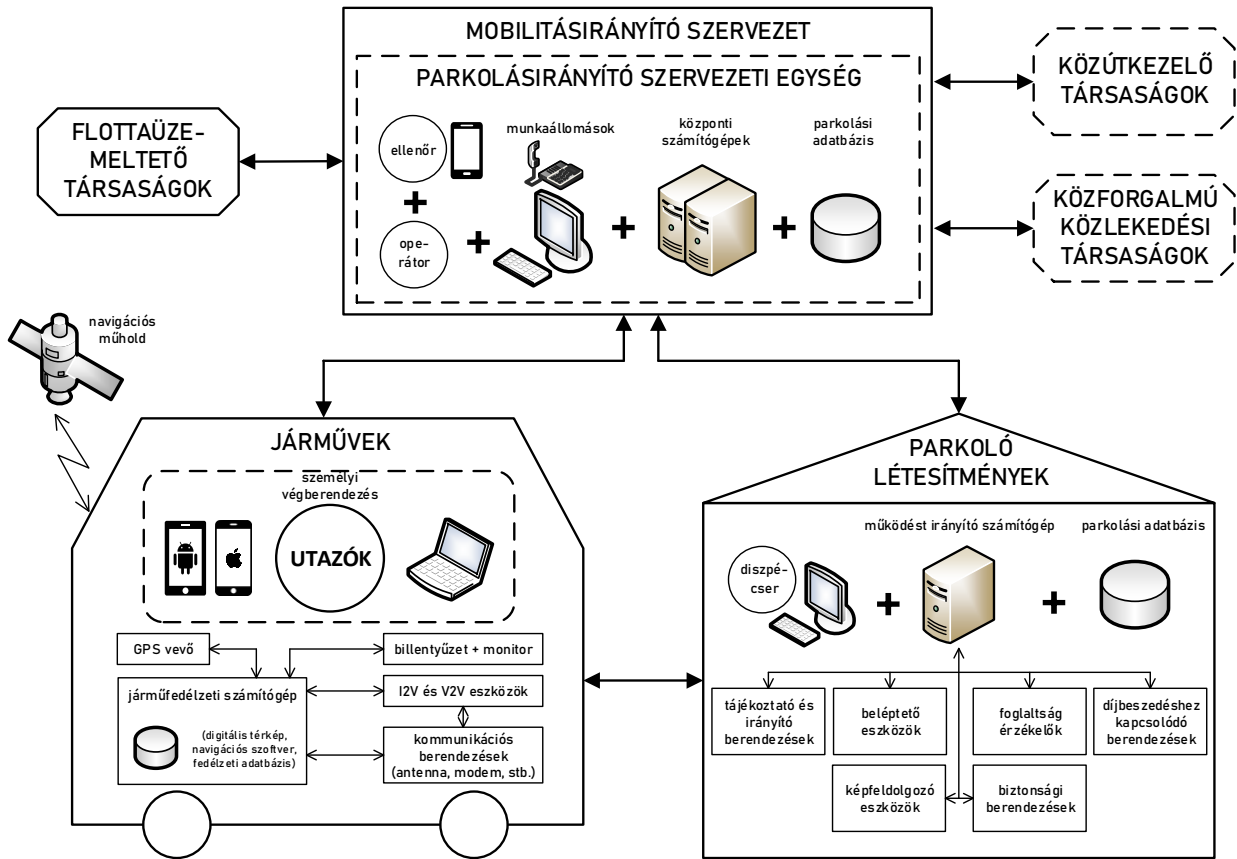
A közúti alágazathoz lényegesen több szereplő tartozik, mint a többi alágazathoz, hiszen lényegesen nagyobb az egyéni gépjárművel közlekedők száma. Emiatt az információkezelés összetettebb. A személyközlekedési parkolási információs rendszerek fejlesztésének legfontosabb céljai: a parkolóhely-keresési művelet támogatása és a multimodális utazási láncok elősegítése a közlekedési módváltásra vonatkozó tájékoztatással. Az integrált parkolási információs rendszer modellezését megelőző átfogó elemzés legfontosabb kérdéskörei a következők voltak:

- Milyen funkciókat teljesítenek a parkolásmenedzsment rendszerek?
- Hogyan vehetők figyelembe az egyéni preferenciák a parkolóhelyek értékelésekor?

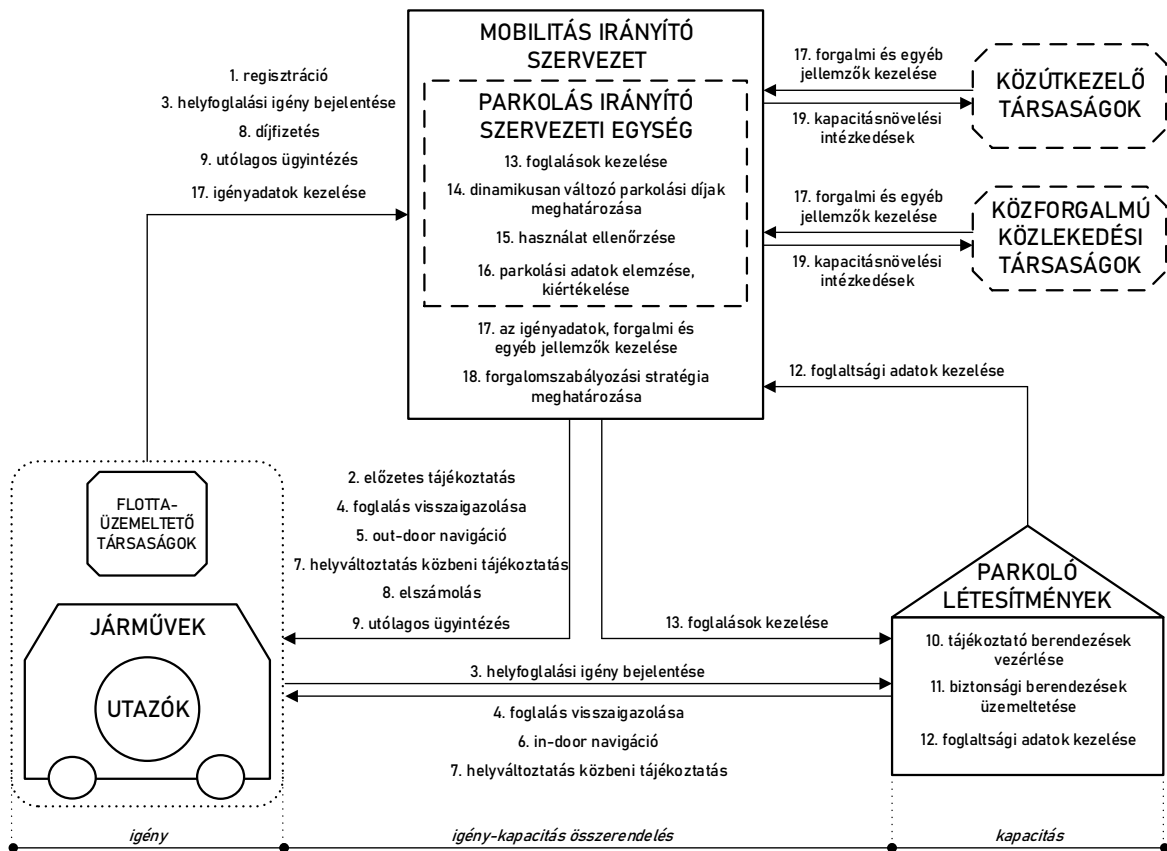
Az állóforgalmi létesítmények kapacitáskezelési feladatai (parkolásmenedzsment) a közlekedési folyamat menedzsment feladatköréhez tartoznak. Miközben a parkolási problémákkal foglalkozó kutatások jellemzően egy-egy szűkebb területre (pl. egy eszköz vagy eljárás alkalmazására) fókuszálnak, egyre jelentősebbé válik a nagyobb területi egységeket átfogó integrált szemléletű közlekedési folyamat menedzsment. A parkolásmenedzsment nemcsak az állóforgalomra, hanem a megelőző és a követő mozgási műveletekre is kiterjed (*Yan et al., 2011*). Ez a kapcsolat egyre jelentősebb az elektromos (vagy más alternatív hajtású) járművek esetében. A személyre szabott parkolást támogató információs szolgáltatásokkal mérsékelhető a parkolóhely-kereső forgalom (*Klappenecker et al., 2014*), csökkenthető az utazási idő és az energiateljesítmény. A hiányosságok legfőbb oka, hogy a közlekedési módokat általában különböző érdekeltségű szervezetek irányítják.

Az integrált parkolási információs rendszer szerkezeti és működési modelljeihez (3.5 és 3.6 ábrák) illesztettem a személyre szabott parkolást támogató információs szolgáltatás koncepcióját. A modellek egymásra épülnek; a kialakításkor a helyváltoztatási folyamatot, az információkezelési műveleteket és azok összefüggéseit tekintetem rendezőelvnek. A működés közben több szervezettípus (pl. közútkezelők, parkolási létesítmények üzemeltetői, flottaüzemeltetők) forgalom- és üzemirányító rendszere osztja meg a kezelt információkat. A parkolásirányító szervezeti egység a mobilitásirányító szervezet része (az integráció logikai és térbeli kiterjedtségének megfelelően). A működtetés sarkalatos pontja a közlekedési igényekből levezethető parkolási igények szabad férőhelyekhez történő hozzárendelése figyelembe véve az utazók parkoló választási szempontjait is. A kialakított rendszerarchitektúra nyitott (pl. a közforgalmú és az egyéni közlekedés irányába).

A működési modell kidolgozása során azonosítottam a funkciókat és az azokat végrehajtó összetevőket. A fő funkciók a következők: tájékoztatás, igénykezelés (helyfoglalás), navigáció (létesítményen kívül és belül), díjbeszedés, biztonság fokozása, védelem. A szerkezeti modellben ábrázolt kapcsolatokat felbontottam, és megadtam, hogy mely funkciónál szükséges az adott összetevők együttműködése és



3.5 ábra: Az integrált parkolási információs rendszer szerkezeti modellje



3.6 ábra: Az integrált parkolási információs rendszer működési modellje

ezzel együtt az információcsere. Bizonyos funkciókat az összetevők önállóan hajtanak végre. A sorszámokkal az információkezelési műveletek logikai és időbeli sorrendjét adtam meg; bár bizonyos műveletek párhuzamosan, sőt többszöri ismétlődéssel fordulnak elő. A működés előfeltétele, hogy a parkolási létesítmények üzemeltetői elfogadják és betartsák a működtetési szabályokat, továbbá, hogy funkciókat adjanak át a parkolá irányító szervezeti egységnek (pl. igénykezelés-navigáció, dinamikus díjmeghatározás stb.). A parkolási információs funkciókat (a helyváltoztatási folyamathoz illesztve) a 3.2 mellékletben foglaltam össze. A bemutatott modelljeim felhasználásával szimulációs modelleket és eljárásokat fejlesztettek a jelenlegi és a rádiófrekvenciás azonosító rendszerrel felszerelt automata parkoló rendszerek működési jellemzőinek (pl. várakozási idő, sorhossz) összehasonlítására és a hatékonyságnövelési intézkedések bevezetésének megalapozására (Salah, 2020).

A *parkolóhely választást segítő információs szolgáltatás* koncepciójának kidolgozásakor

- elemeztem és összehasonlítottam a parkolást támogató piacvezető, vagy kiemelkedő tulajdonságokkal rendelkező alkalmazásokat, valamint
- kérdőíves kikérdezéssel felmértem az utazók parkolási jellemzőit és elvárásait.

Az elemzés és a felmérés alapján megállapítottam:

- az iránymutató funkciók és jellemzők együttesen még nem, csak az egyes alkalmazásokban külön-külön található meg, továbbá
- bár az utazók számára fontosak a személyre szabási lehetőségek, mégis az elvárások nem annyira szerte ágazóak, mint azt a kutatás elején feltételeztem.

A felmérés alapján meghatároztam, hogy „mit tudjon az alkalmazás” és „azt hogyan tudja” (pl. kevésbé fontos volt a létesítményen belüli navigáció, de fontos volt a mobiltelefonon való elérhetőség). A parkolási információs szolgáltatásokkal szemben kinyilvánított legfontosabb elvárások:

- személyre szabottság,
- térképes megjelenítés,
- tájékoztatás a parkolási díjakról,
- egyszerű felhasználói felület.

Az információs szolgáltatás kidolgozása kiterjedt a felhasználói funkciókra és felületre, az adatbázis szerkezetére és működésére, valamint a parkolástervezést támogató teljes információs rendszer szerkezetének (gépi struktúra) és működésének meghatározására. A használat során az utazó számos beállítást végezhet (pl. az elvárt biztonsági szint, vagy a parkoló létesítmény népszerűsége), amelyek, mint feltételek befolyásolják a szűrés eredményét. Azonban már néhány beállítás alapján megfelelő információs támogatás adható az utazónak. *Az információs szolgáltatáshoz parkolóhely-választást segítő eljárást dolgoztam ki, amellyel személyre szabottan rangsorolhatók a parkoló-létesítmények, a létesítmények statikus és dinamikus jellemzői, valamint az utazói preferenciák alapján. Az eljárás beépíthető útvonaltervező és navigációs szoftverekbe.*

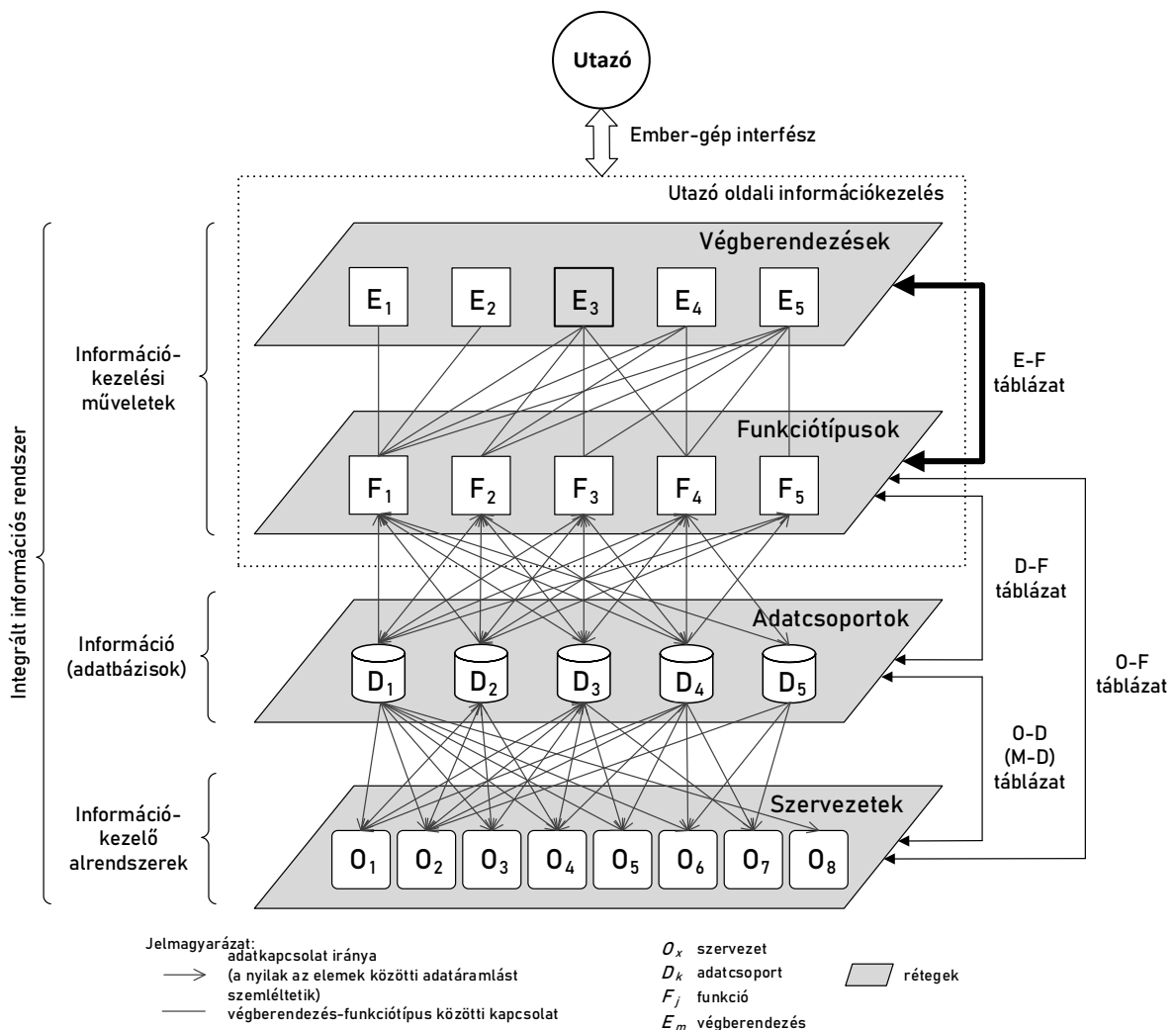
A légi személyszállítási integrált információs rendszer modellje

A légi közlekedés térbeli kiterjedtsége miatt ezen a területen már a globális integrációra való törekvések is megfigyelhetők (Rungta et al., 2016). A légi utazás több előkészületet igényel és a sztochasztikus jellegű folyamatok miatt jelentősebb frusztrációt is okoz, mint a szárazföldi utazás. A stressz és a bizonytalanságérzet

gyakran az információ hiányából ered. A helyváltoztatás során az utas számos közlekedési szolgáltatóval találkozik, akik gyakran kooperáció nélkül, csak a saját szolgáltatásukra és az ahhoz tartozó információkezelésre fókuszálnak. Egyre többen fejlesztenek az utazót támogató applikációkat, azonban ezek nagyrészt elszigetelten, egyetlen repülőtérhez vagy egy-egy légitársasághoz kapcsolódnak. Olyan rendszer, mely összefogja az üzemeltetési adatokat és a szolgáltatókat egyelőre nincs és ennek a tudományos megalapozása is hiányzik.

Az utaskezelési műveletek aktuális időtartamára vonatkozó információ hiánya vagy annak nem megfelelő helyen, időben, formában, tartalommal való közlése a következő területeken eredményezhet többletet: mentális terhelés, fizikai terhelés, költségráfordítás, időráfordítás. Ezek a tényezők csökkentik a szolgáltatási színvonalat és az utaselégedettséget. A szervezetek a saját funkcióikkal összefüggésben jelentős mennyiségű adatot tárolnak, azonban csak egy részét továbbítják a velük együttműködő szervezeteknek. Az utasok ezekből az adatokból viszonylag kevés információt kapnak. Másrészt, a kiszolgáló szervezetek is kevés információval rendelkeznek az utasokról.

A légi személyszállítási integrált információs rendszer modelljében (3.7 ábra) az összetevőtípusokhoz „rétegeket” definiáltam. A gépi alrendszereket a legjellemzőbb szervezet típusokhoz rendeltem (3.4 melléklet).



3.7 ábra: A légi személyszállítási integrált információs rendszer modellje

A rétegek közötti kapcsolatrendszer feltárása és ábrázolása érdekében bevezettem a következő kapcsolati táblázatokat (3.5 melléklet):

- szervezet – funkció típus (O-F),
- szervezet – adatcsoport (O-D) és gépi alrendszer – adatcsoport (M-D),
- adatcsoport – funkció típus (D-F),
- végberendezés – funkció típus (E-F).

A kapcsolatok azonosítását követően meghatároztam az adatáramlás irányultságát (bemeneti vagy kimeneti) és az adatáramlást kiváltó eseményt (idő vezérelt, esemény vezérelt vagy mindkettő). A végberendezés – funkció típus kapcsolatrendszert leíró *E-F táblázat*ot (az ábrán félkövérrrel jelölve), különböző aggregáltsági szintű elemzéseket követően, validáció céljából a budapesti repülőtérre adaptáltam. Az eredmények megalapozzák a rendszerspecifikációk, majd a(z) (al)rendszertervek elkészítését. Megállapítottam, hogy a budapesti repülőtéren az integrált mobil alkalmazás jelentős fejlesztési potenciált jelent.

A végberendezés-funkció típus közötti réteghez illesztettem az integrált légi utasinformációs alkalmazás funkcionális modelljét. A jelenleg elérhető alkalmazások (repülőtéri, légitársasági stb.) elemzése során meghatároztam azokat a funkciócsoportokat és funkciókat, melyek az ideális alkalmazással szemben elvárások. Az alkalmazás okos eszközön (*E₃ – az ábrán szürke háttérrel jelölve*) érhető el. Javasoltam egy információs központ (ún. információs csomópont) szervezettípus (*O₉*) bevezetését, mely vagy önálló szervezetként, vagy az egyik szervezet egységként végzi tevékenységét. Megállapítottam, hogy *a mobil alkalmazás egyik legfontosabb innovatív funkciója a repülőtéri tevékenység ütemezés*, amely a jelenlegi alkalmazásoknál még hiányzik.

A repülőtéri utasfelvétel várható időtartamát becsülő *adatbázis elemzési módszert* dolgoztam ki, amely a járatok statikus és féldinamikus tulajdonságain alapszik. A módszer alkalmazásával elemeztem az utasfelvétel (check-in) időelemeit, valamint korreláció vizsgálatot végeztem. Az utasfelvétel teljes időtartama a sorbanállási idő és a kiszolgálási idő (poggyászfeladás) összege. Meghatároztam egy járat utasfelvételi idejét befolyásoló tulajdonságokat, melyek a következők:

- alap (statikus) tulajdonságok, amelyek a jegy vásárlásától a járat indulásáig nem módosulnak (légitársaság típusa, utazási időszak, desztináció),
- járatspecifikus (féldinamikus) tulajdonságok, amelyek a járat utasfelvételének megnyitásáig változhatnak (utasszám, poggyász/utas arány, mozgáskorlátozott utasok aránya, járatfelvételhez használt utasfelvételi pultok száma).

Megállapítottam, hogy a kiszolgálási idő egyértelműen függ a poggyász/utas aránytól, de nem függ az utazás időszakától és a járaton lévő utasszámtól. A sorbanállási idő egyértelműen függ a desztináció típusától, a járaton lévő utasok számától, valamint a poggyász/utas aránytól, de nem függ a légitársaság típusától. Az utasfelvétel ideje függ a járat desztinációjától, az utasszámtól és a járaton lévő poggyász/utas aránytól.

A javasolt rendszerfejlesztés fokozza az érzékelt szolgáltatási minőséget és a légi utasok elégedettségét. Az utasfelvételi idő előrejelzésével az utasok tevékenység-ütemezése javítható. Így csökken az utazási stressz, kiszámíthatóbb a repülőtéren eltöltött idő; összességében a légi alágazat versenyképessége fokozható a rövidebb távolságú utazásoknál.

3.4. Új tudományos eredmények

A személyközlekedés fejlesztésének meghatározó eleme az információs rendszerek integrált szemléletű fejlesztése. Az integráció célja a szolgáltatási minőség javítása, az erőforrásráfordítás-hatékonyság növelése, valamint több részrendszerre, illetve a teljes rendszerre vonatkozó új komplex funkciók kialakítása. Ezidáig hiányoztak az ehhez szükséges informatikai elemzési és modellezési módszerek. Az alrendszereket tekintve, hiányzott a parkolási információs rendszerek integrációjának a tudományos megalapozása. Továbbá, a kutatási eredmények között alig található a légiközlekedési alágazatra vonatkozó publikáció.

2. Tézis. *A személyközlekedési információs rendszerek fejlesztését és integrációját támogató elemzési és modellezési módszereket fejlesztettem, amelyek alkalmazásával a közlekedési rendszerek és folyamatok egyre kisebb összetevőkre bonthatók fel, így az információs leképezéssel jobban megközelíthető a valóság. Az informatikai integráció általános módszereit a teljes személyközlekedési rendszerre, több alágazatra és közlekedési módra alkalmaztam. A módszerek az áruszállítási rendszerek informatikai integrációs feladatainál is hasznosíthatók.*

1. Meghatároztam a közlekedésinformatikai elemzés és modellezés szempontjait és definiáltam az összetevők felbontási szintjeit. Bevezettem az információszerkezeti és információáramlási táblázatokat. A három fő összetevőtípus (információ, információkezelő elem, információkezelés) összefüggéseinek ábrázolásához háromdimenziós térbeli modellt vezettem be, amely alapján „háromdimenziós” elemzések végezhetők.
2. Azonosítottam és csoportosítottam a személyközlekedési informatika alkalmazási, beavatkozási és hatásterületeit. Kidolgoztam az integrált személyközlekedési információs rendszer modelljét. Megállapítottam, hogy magasfokú integráltság esetén a közlekedési szolgáltató társaságok, az infrastruktúra üzemeltető társaságok és az egyéb közlekedési szervezetek feladatainak egy jelentős része átkerül („feljebb tolódik”) a mobilitásirányító szervezethez és információkezelési szempontból elmosódnak a határok a szervezetek között.
3. Kidolgoztam az integrált parkolási információs rendszer szerkezeti és működési modelljeit. Ehhez illesztettem a parkolást támogató, személyre szabott információs szolgáltatás koncepcióját, aminek részeként parkolóhelyválasztást segítő eljárást fejlesztettem. Kidolgoztam a légi személyszállítási integrált információs rendszer modelljét. A végberendezés-funkciótípus közötti réteghez illesztettem az integrált légi utasinformációs alkalmazás funkcionális modelljét.

A fejezet eredményeihez és a téziszhez kapcsolódó publikációk: *(Csiszár 2000a, 2000b, 2000c, 2000d, 2000e, 2001a, 2001b, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d, 2003e, 2004a, 2004d, 2005, 2006b, 2006c, 2007, 2009c, 2012), (Csiszár és Földes, 2015a), (Csiszár és Nagy, 2015, 2017), (Csiszár et al., 2011, 2018), (Csiszár és Westsik, 1999a, 1999b, 2002), (Csonka és Csiszár, 2019a), (Nagy és Csiszár, 2016b, 2018), (Németh és Csiszár, 2009), (Sándor és Csiszár, 2010a, 2010b, 2012, 2013, 2015a, 2015b, 2015c, 2015d, 2016), (Soltész et al. 2010, 2011).*

4.

A közúti elektromobilitást támogató informatikai módszerek

Rendkívül intenzív kutatások folynak a környezetbarát energiaforrások és az alternatív hajtásláncok *közúti gépjárműveknél* történő alkalmazása területén. Egyelőre nehéz megjósolni, hogy a fenntarthatósági kritérium alapján melyik megoldás (pl. elektromos, gázüzemű, hidrogén üzemanyagcellás) elterjedése válik majd dominánssá a közép- és hosszútávú jövőben. Azonban, a környezetbarát, megújuló energiaforrások arányának terjedése, a zéró lokális károsanyag kibocsátás és az egyszerű vezérlés miatt az *elektromos hajtásra* irányul a legnagyobb figyelem (*Wang et al., 2019; Canals et al., 2016*). Jelenleg a magas beszerzési ár, a korlátozott hatótáv és az újratöltés jelentik az elektromos közúti járművek legnagyobb hátrányait (*Hidrué et al., 2011; Krupa et al., 2014*). Az eltérő üzemeltetési jellemzők miatt idegenkedés alakulhat ki az új technológiával szemben (*Büscher et al., 2009*). Az elektromobilitás terjedése nemcsak az egyéni, hanem a megosztáson alapuló közösségi közlekedés (pl. autómegosztás) területén is jellemző.

A közúti elektromobilitási rendszerekben a járműforgalom, az energia, az érték és az információ áramlásának a szervezésére vonatkozó módszerek fejlesztése területén mutatkoznak kutatási rések. Az áramlások szervezésénél elsősorban a térbeni, időbeni és gazdaságossági szempontok dominálnak. Az *elektromos járművek* töltésekor a közúti és a töltő-infrastruktúra, valamint a villamosenergia rendszer folyamatait koordináljuk (*Liu et al., 2013; Gong et al., 2016; Awasthi et al., 2017*). A töltőállomások jellemzői (pl. helyszín, töltési teljesítmény) különösképp az elektromobilitás kezdeti időszakában meghatározó jelentőségűek, amíg tisztán piaci alapon nem működtethető az infrastruktúra. A helyszínekkel szembeni elvárások:

- közel legyen az utazási szokásokból levezethető töltési igényekhez, és
- elegendő villamosenergia rendszeri kapacitás álljon rendelkezésre, vagy a kapacitásbővítés gazdaságosan elvégezhető legyen.

Az új technológiához igazodva olyan *módszerek fejlesztését tűztem ki célul, amelyek az utazói, az üzemeltetői, a társadalmi és a környezeti elvárásoknak megfelelően támogatják az elektromobilitással kapcsolatos döntési és üzemeltetési tevékenységeket. Az új tudományos eredmények eléréséhez a következő kutatási kérdéseket fogalmaztam meg, melyekhez illeszkednek az alfejezetek:*

1. Milyen paraméterek és változók bevezetésével írható le az elektromobilitási rendszer főbb jellemzői? Milyen módszerrel számítható az elektromos közúti gépjárművek töltési igénye?
2. Milyen szempontrendszer szerint és milyen módszerrel jelölhetők ki az országos átjárhatóságot biztosító villámtöltő-állomások helyszínei?
3. Milyen szempontrendszer szerint és milyen módszerrel jelölhetők ki a városi publikus töltőállomások helyszínei?
4. Milyen modellel írható le az elektromobilitást támogató integrált információs rendszer működése? Melyek a legfontosabb funkciói? Milyen módszerrel optimalizálható az elektromos járművek töltése?

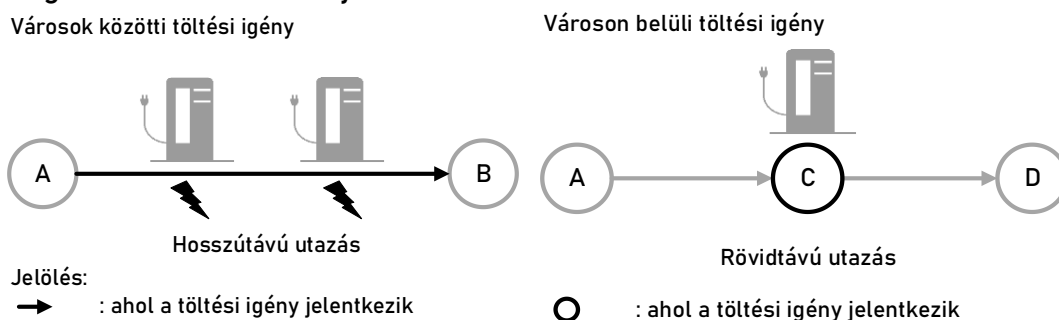
A következő lehatárolásokat tettem:

- A töltőtelepítési vizsgálatoknál elsősorban közlekedési megközelítést alkalmaztam és a jelenlegi technológiai feltételeket vettem figyelembe.
- A módszerek kidolgozásánál olyan független változókat vettem figyelembe, amelyekhez rendelkezésre állnak a bemeneti adatok (vagy nagy megbízhatósággal becsülhetők).
- Az információs szolgáltatásoknál az utazót helyeztem a középpontba.

4.1. Elektromos közúti gépjárművek töltési igény számítási módszere

Az utazások jellemzői alapján kétféle töltési igényt különböztettem meg (4.1 ábra):

- *Városok közötti töltési igény:* a hosszútávú, a jármű hatótávját meghaladó utazások során, útközben felmerülő töltési igény. A töltés időveszteség az utazó számára.
- *Városon belüli töltési igény:* a rövidtávú, városi utazások rendeltetési helyén felmerülő töltési igény. A jármű parkolási folyamatának a hasznosságát egészíti ki a töltési folyamat.

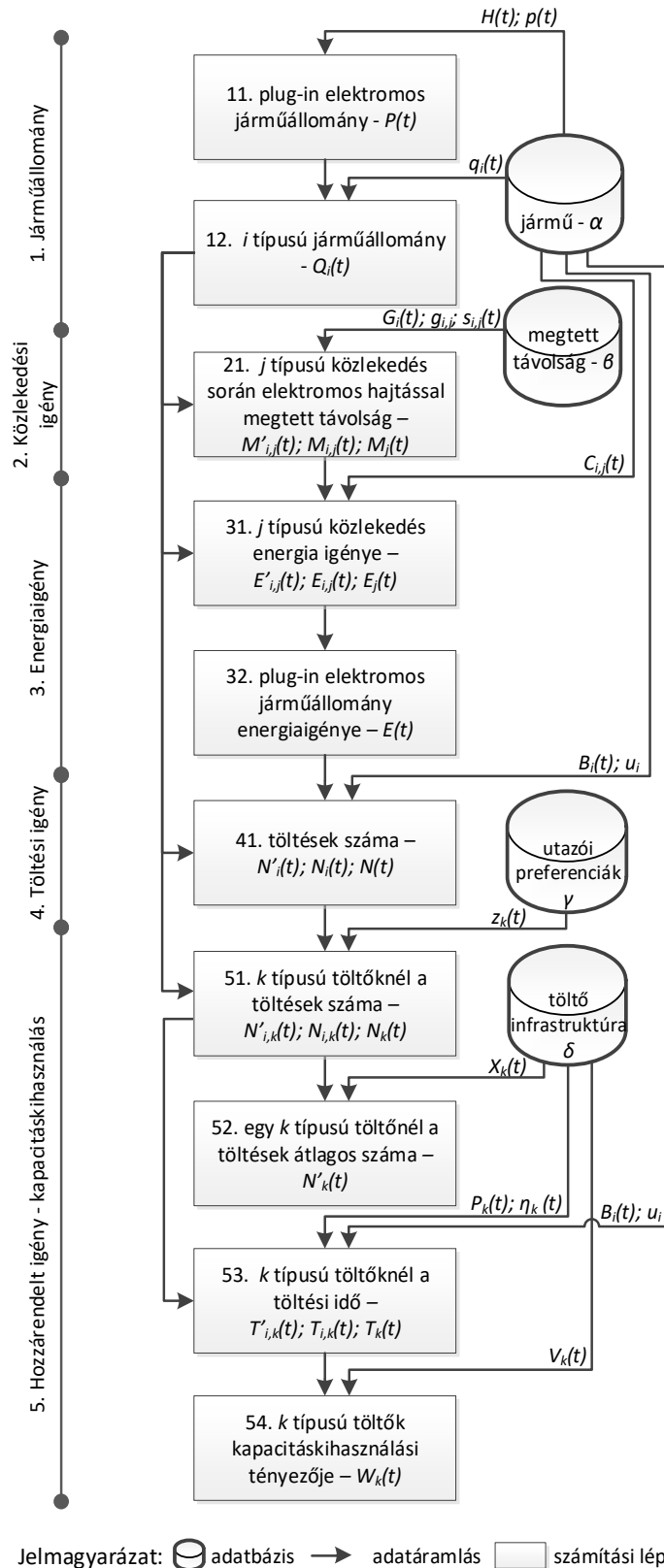


4.1 ábra: Az elektromos közúti járművek töltési igényének csoportosítása

Az eltérő töltési igények eltérő helyszínekjelölő eljárást igényelnek. A városok közötti töltési igények jellemzően autópályák és országutak mentén jelentkeznek, ahol nagyteljesítményű villámtöltőkkel és kiegészítő szolgáltatásokkal (pl. mosdó, étterem) fokozható az utazói elégedettség. Az országos átjárhatóságot jellemzően a jelenlegi üzemanyag-töltő-állomásoknál telepített villámtöltő-hálózat biztosítja (Drovtar et al., 2013; Joller and Varblane, 2016). A városon belüli töltési igényeknél a rendeltetési hely befolyásolja a telepítést; az útvonalnak nincs jelentősége. Mivel a parkolás motivációja nem a töltés, ezért a töltési időtartam kevésbé jelentős, villámtöltő telepítése általában nem indokolt.

A közúti elektromobilitási rendszer fejlesztése, tervezése és üzemeltetése (különös tekintettel a töltőinfrastruktúrára) a töltési igények különböző időhorizontokra történő feltárása alapján lehetséges. A városi töltési igények meghatározhatók szociodemográfiai és makrogazdasági adatokból (pl. életkor, háztartás bevétele, lakóhely típusa, helyváltoztatási szokások stb.) (Namdeo et al., 2014; Xi et al., 2013) vagy a forgalmi adatok és a forgalomvonzó létesítmények jellemzői alapján (Sathaye and Kelley, 2013). Más vizsgálatoknál a jelenlegi töltések száma alapján modellezték a töltési igényt egy adott földrajzi egységre vonatkozóan (Xydas et al., 2016). Az *össztöltési igény* az elektromos járművek számától, tulajdonságaitól (pl. energiafogyasztás mértéke) és a használati jellemzőktől függenek. Az ezeket befolyásoló technológiai, gazdasági, szabályozási és egyéb tényezőket, valamint a várható hatások időhorizontját táblázatosan foglaltam össze (4.1 melléklet).

Az elektromos közúti személygépjárművek közterületi töltési igényeinek számításához alkalmazható módszer kidolgozásakor öt számítási lépést határoztam meg (4.2 ábra).



4.2 ábra: Elektromos közúti járművek töltési igényének számítási módszere

Egy-egy lépés egynél több számítási műveletet is tartalmazhat. A számítási műveleteket jelölő számok első számjegye utal a lépés sorszámára. A változókat, jelölésüket és a számításokat a 4.1 táblázatban foglaltam össze. Az utolsó oszlop annak a számítási műveletnek a jelölését tartalmazza, amelyben az bemeneti értékek felhasználásra kerülnek, vagy a számított adatok képződnek. A számítások vagy az adatbázisokból származó „nyers”, vagy más számításokból származó „számított” bemeneti adatokat használnak fel. Az adatok áramlását nyilak szemléltetik. A következő alapelveket követtem:

- az elektromos járművek energiaigényét a járművek száma, típusa és használati jellemzőik befolyásolják,
- a töltési igényt az akkumulátor kapacitása és kapacitáskihasználási tényezője befolyásolja (a járművet akkor töltik, amikor a töltöttségi szint egy adott szint alá csökken),
- a töltések időpontját nem vettem figyelembe,
- a kapacitások lényegesen nagyobbak, mint az igények, ezért minden publikus töltési igény kiszolgálható és nincsenek időbeli „ütközések”,
- a töltési igénynek a töltő infrastruktúrához való rendelésekor figyelembe vettem az utazói preferenciákat (milyen típusú töltőberendezést részesítenek előnyben).

Lépcsőenként a következő kérdésekre kerestem a választ:

1. Mennyi és milyen jellemzőkkel rendelkező elektromos járművet használnak (különös tekintettel az akkumulátor kapacitására és az energiafogyasztásra)?
2. Milyen jellegű utazás során, mekkora távolságot tesznek meg ezek a járművek elektromos hajtással?
3. Mekkora az energiaigény?
4. Hányszor kell újra tölteni a járművek akkumulátorát?
5. Hány darab töltést végeznek az egyes töltőtípusoknál, mennyi ideig tart egy töltés az adott töltőtípusnál, mekkora a töltőberendezések időalapjának kihasználása?

A számított eredmények alapján a telepítendő töltőpontok számára adható javaslat a vizsgált területi egységre vonatkozóan. A jelölések a következők:

- t az időfüggőség jelölése (a vizsgálat időpontjára vonatkozik);
- i a hálózatról tölthető (plug-in) járműtípusok indexe: *BEV* (Battery Electric Vehicle), *PHEV* (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) vagy *REEV* (Range-Extended Electric Vehicle);
- j a közlekedés távolság típusának indexe (távolság szerint): r (regional - helyi) vagy ld (long-distance - távolsági) közlekedés;
- k a töltőtípus indexe: n (normal - normál), f (fast - gyors) vagy sf (superfast - villám) töltő.

A bemeneti adatok meghatározása gyakran összetett feladat. Bár a járművek és a töltőinfrastruktúra adatai általában hozzáférhetőek különböző forrásokból (pl. járműgyártók, térképi adatbázisok), az utazóval kapcsolatos jellemzők (megtett távolság, preferenciák stb.) csak költséges felmérésekkel vagy becslésekkel határozhatók meg.

4.1 táblázat: A változók jelölése és számítási módszerük - Elektromos közúti gépjárművek töltési igény számítás módszere

Jelölés	Megnevezés	Számítás	Mértékegység	Számítási művelet jelölése
$H(t)$	személygépkocsi-állomány		[db]	11
$p(t)$	plug-in elektromos járművek aránya a teljes személygépkocsi-állományon belül		-	11
$P(t)$	plug-in elektromos járműállomány	$P(t) = H(t) \cdot p(t)$	[db]	11
$q_i(t)$	i járműtípus aránya a plug-in elektromos járműállományon belül		-	12
$Q_i(t)$	i járműtípus állománya	$Q_i(t) = P(t) \cdot q_i(t)$	[db]	12
$G_i(t)$	i típusú járművekkel megtett távolság		[km]	21
$g_{i,j}$	i típusú járműveknek a j típusú közlekedésben megtett távolságának aránya		-	21
$s_{i,j}(t)$	az elektromos meghajtás aránya i típusú járműveknél j típusú közlekedésben		-	21
$M'_{i,j}(t)$	egy i típusú járművel a j típusú közlekedés során elektromos hajtással megtett távolság	$M'_{i,j}(t) = G_i(t) \cdot g_{i,j} \cdot s_{i,j}$	[km]	21
$M_{i,j}(t)$	az i típusú járműállomány által a j típusú közlekedés során elektromos hajtással megtett távolság	$M_{i,j}(t) = M'_{i,j}(t) \cdot Q_i(t)$	[jműkm]	21
$M_j(t)$	plug-in elektromos járműállomány által a j típusú közlekedés során elektromos hajtással megtett távolság	$M_j(t) = \sum_i M_{i,j}(t)$	[jműkm]	21
$C_{i,j}(t)$	az i típusú járművek átlagos energiafogyasztása a j típusú közlekedés során		[kWh/km]	31
$E'_{i,j}(t)$	egy i típusú jármű energiaigénye a j típusú közlekedés során	$E'_{i,j}(t) = M'_{i,j}(t) \cdot C_{i,j}(t)$	[kWh]	31
$E_{i,j}(t)$	i típusú járműállomány energiaigénye a j típusú közlekedés során	$E_{i,j}(t) = E'_{i,j}(t) \cdot Q_i(t)$	[kWh]	31
$E_j(t)$	plug-in elektromos járműállomány energiaigénye a j típusú közlekedés során	$E_j(t) = \sum_i E_{i,j}(t)$	[kWh]	31
$E(t)$	plug-in elektromos járműállomány energiaigénye	$E(t) = \sum_j E_j(t)$	[kWh]	32
$B_i(t)$	az i típusú járművek akkumulátorának átlagos kapacitása		[kWh]	41, 53
u_i	az i típusú járművek akkumulátorának átlagos kapacitáskihasználási tényezője		-	41, 53
$N'_i(t)$	egy i típusú jármű töltéseinek száma	$N'_i(t) = \frac{\sum_j E'_{i,j}(t)}{B_i(t) \cdot u_i}$	-	41
$N_i(t)$	i típusú járműállomány töltéseinek száma	$N_i(t) = N'_i(t) \cdot Q_i(t)$	-	41
$N(t)$	plug-in elektromos járműállomány töltéseinek száma	$N(t) = \sum_i N_i(t)$	-	41
$z_k(t)$	k típusú töltőknél a töltések aránya		-	51
$N'_{i,k}(t)$	egy i típusú jármű töltéseinek száma k típusú töltőknél	$N'_{i,k}(t) = N'_i(t) \cdot z_k(t)$	-	51
$N_{i,k}(t)$	i típusú járműállomány töltéseinek száma k típusú töltőknél	$N_{i,k}(t) = N'_{i,k}(t) \cdot Q_i(t)$	-	51
$N_k(t)$	plug-in elektromos járműállomány töltéseinek száma k típusú töltőknél	$N_k(t) = \sum_i N_{i,k}(t)$	-	51
$X_k(t)$	k típusú töltők száma		[db]	52
$N'_k(t)$	egy k típusú töltőnél a töltések átlagos száma	$N'_k(t) = \frac{N_k(t)}{X_k(t)}$	-	52
$P_k(t)$	k típusú töltők átlagos töltési teljesítménye t időpontban		[kW]	53
$\eta_k(t)$	k típusú töltőknél a töltés átlagos hatékonysága		-	53
$T'_{i,k}(t)$	egy i típusú jármű átlagos töltési ideje k típusú töltőknél	$T'_{i,k}(t) = \frac{B_i(t) \cdot u_i}{P_k(t) \cdot \eta_k(t)}$	[h]	53
$T_{i,k}(t)$	i típusú járműállomány töltési ideje k típusú töltőknél	$T_{i,k}(t) = T'_{i,k}(t) \cdot N_{i,k}(t)$	[h]	53
$T_k(t)$	plug-in elektromos járműállomány töltési ideje k típusú töltőknél	$T_k(t) = \sum_i T_{i,k}(t)$	[h]	53
$V_k(t)$	k típusú töltők átlagos rendelkezésre állási időalapja		[h]	54
$W_k(t)$	k típusú töltők kapacitáskihasználási tényezője	$W_k(t) = \frac{T_k(t)}{V_k(t)}$	-	54

Jelmagyarázat:

Dőlt betűk: az adatbázisokból származó bemeneti értékek

Normál betűk: számított adatok

A bemeneti adatok csoportjait a következő adatbázisokhoz rendeltem hozzá:

- α : *jármű* – a járműállomány nagysága, összetétele, műszaki paraméterek;
- β : *megtett távolság* – a tölthető elektromos járművek által megtett utak, távolságok, arányok;
- γ : *utazói preferenciák* – az egyének és az utazói csoportok töltési szokásai és elvárásai;
- δ : *töltő infrastruktúra* – a töltőhálózat nagysága, összetétele és a töltők műszaki paraméterei.

Az adatgyűjtést számos körülmény nehezítheti. Például, a járműgyártók nem szolgáltatnak pontos adatokat üzleti érdekek miatt, vagy a térinformatikai adatok nem állnak rendelkezésre a szükséges szerkezetben. További kihívás, hogy a technológiai változások előrejelzésére nincsenek kiforrott módszerek, miközben a számításhoz szükséges a jövőbeli műszaki paraméterek ismerete vagy becslése. Mindemellett, a jelenlegi és a potenciális elektromos járműhasználók szokásainak és elvárásainak a feltárása alapvető jelentőségű az elektromobilitási szolgáltatások fejlesztéséhez.

A változók értékeinek meghatározásakor az alkalmazási körülmények is figyelembe veendőek. Eltérő műszaki paraméterek használatosak a töltési igények rövidtávra (1-2 év) vagy hosszútávra (10-15 év) történő becslésekor. A számítási lépések külön-külön kalibrálhatók és validálhatók. A teljes számítás megbízhatósága jelentősen fokozható a változók külön-külön történő meghatározásával (becslésével), majd azoknak a teljes módszerbe való illesztésével. Mivel a számítás nemcsak járműflottákra, hanem egy-egy adott járműre vonatkozóan is elvégezhető, így nemcsak a különböző elektromos járműtípusok (BEV/PHEV/REEV), hanem egy konkrét gyártmány-típus (pl. Nissan Leaf) műszaki paraméterei is használhatók bemeneti adatként. *A töltési igény különböző aggregáltságú területi egységekre* (pl. kerületekre, városokra, régiókra, országokra) *vonatkozóan számítható, majd az igények hozzárendelhetők az ottani töltőinfrastruktúrához. Az igények részletes szétosztása* (pl. időben) *további kutatásokat igényel.* Ilyen célra gyakorlati vizsgálatok (Schäuble et al., 2017) adatai alkalmazhatók.

A változók jelentős részénél jelöltem az időbeli függőséget (t). Így a módszer tetszőleges időpontra (-intervallumra) alkalmazható és figyelembe vehetők a technológiai, gazdasági és társadalmi hatások, változások (pl. az akkumulátorok kapacitásának növekedése, az utazási szokások megváltozása). Mivel a legtöbb bemeneti adat és a számított értékek is térbeli jellemzőkhöz kapcsolódnak (georeferenced), az eredmények alkalmazhatók és megjeleníthetők földrajzi információs rendszerekben (Geoinformation Systems=GIS). A módszer újdonsága:

- többlépcsős szerkezet (önállóan is hasznosítható részeredmények képződnek),
- tetszőleges elektromos járműtípusok vagy -flották esetén is alkalmazható,
- adaptálható tetszőleges területi egységre (térbeli rugalmasság),
- adaptálható tetszőleges időpontra (időbeli rugalmasság).

A módszer legjellemzőbb alkalmazási területei:

- különböző szintű (stratégiai, taktikai, operatív) és eltérő aggregáltságú területi egységekre vonatkozó döntések támogatása különböző típusú szervezeteknél (kormányzat, önkormányzatok, energiaszolgáltatók stb.),
- járművásárlási döntések támogatása,

- töltőállomások helyszínének kijelölése,
- a villamosenergia-hálózat és ellátás fejlesztése,
- az elektromobilitáshoz kapcsolódó szolgáltatások fejlesztése és működtetése (pl. töltési terv optimalizálás).

A módszer alkalmazhatóságát példaszámítással igazoltam (4.2 melléklet).

4.2. Az országos átjárhatóságot biztosító elektromos villámtöltő-állomások helyszíneit kijelölő módszer

Az elektromos járművek elterjedésének alapfeltétele az országos átjárhatóságot biztosító publikus töltőállomás hálózat az autópályák és az országutak mentén. Arra a kérdésre kerestem a választ, hogy *milyen szempontok és hogyan befolyásolják a helyszínek kijelölését (kiválasztását)*. A hosszútávú utazások során felmerülő töltési igény modellezésekor gyakran *utazás-orientált megközelítést* alkalmaznak (*Xi et al., 2013*), vagyis az igényeket egy-egy útvonalhoz rendelik. Bár a töltési idő hasznos eltöltése érdekében a töltőállomások fontos jellemzője a kiegészítő szolgáltatások köre és színvonala (*Philipsen et al., 2016*), ezeket a szempontokat nem, vagy csak részben vették ezidáig figyelembe. A *pont-orientált megközelítések* feltételezik, hogy az igények egy pontban koncentrálódnak. A megközelítés hátránya, hogy elhanyagolja az igények térbeli tulajdonságait. A hálózati igények pontokhoz rendelésére többféle módszert is bevezettek (*Ip et al., 2010; Ge et al., 2011*). A *szakasz-orientált megközelítések*nél a közlekedési hálózat éleihez rendelik a töltési igényeket és az élek lefedésére törekednek. A megközelítés hátránya, hogy az útvonalak átlapolása nehezen kezelhető, és emiatt nem minden esetben biztosítható az utazások energiaigénye. Az élek súlyozása többféle szempont (pl. útkategória) szerint történhet (*Boostani et al., 2010*), és a mohó algoritmusok alkalmazása is elterjedt (*Berman et al., 2007*).

Olyan, *pont- és szakasz-orientált kombinált módszert fejlesztettem*, amely olyan esetekben is használható, amikor nem állnak rendelkezésre részletes adatok a közlekedési áramlatokról (pl. honnan-hová utazások), továbbá amely figyelembe veszi a potenciális helyszínek szolgáltatási színvonalát is, ami jelentősen befolyásolja a felhasználói élményt. Az egyes útkategóriák preferálása és eltérő telepítési célok (leállási feltételek) megadása érdekében *útkategória rétegeket vezettem be*. A helyszínek kiválasztása rétegenként történik; azokat a lehetséges helyszíneket, melyek eltérő rétegekhez tartozó utak kereszteződésénél találhatók, mindkét rétegnél figyelembe vettem.

A lehetséges helyszínek értékeléséhez bevezettem az ún. töltőtelepítési potenciált (Installation Potential=IP), amely egy aggregált értékelő szám. Az értékelés újszerűsége, hogy a honnan-hová járműmozgás adatok helyett a keresztmetszeti forgalom nagyság, a közelben található települések lakosság száma, a szolgáltatások köre és a legközelebbi meglévő töltőállomás elvonó hatása alapján történik. A nagyobb IP érték azt jelenti, hogy azon a helyszínen nagyobb a várható kihasználtsága egy töltőállomásnak a többihez képest. Egy-egy kijelölt állomás egy adott sugarú kört, és a körön belül elhelyezkedő útszakaszokat „fedi le”. A módszer lépéseit a 4.3 ábra foglalja össze egy útkategória rétegre.

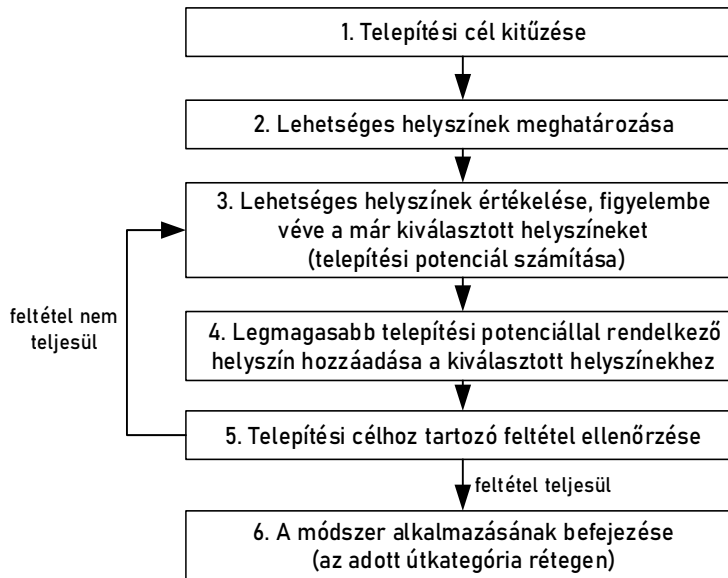
1. lépés. A telepítési célkitűzések meghatározása (külön-külön, vagy együttesen):

- egy adott úthossz „lefedése” töltőállomásokkal,

- adott számú töltőállomás telepítése,
- a telepítési helyszínekhez egy újonnan hozzáadott töltőállomással legalább egy adott hosszúságú további útszakasz "lefedése".

2. lépés. A töltőállomások lehetséges helyszíneinek meghatározása többféle szempont (pl. pihenőhelyek üzemeltetője) szerint történhet. Olyan meglévő pihenőhelyek javasoltak, amelyek szolgáltatásai (pl. mosdó, étterem) fokozzák a töltéssel eltöltött idő hasznosságát.

Azon meglévő pihenőhelyek a potenciális elektromos töltőállomás-helyszínek, amelyek a főúttól maximum 250 méterre találhatóak, mivel a járművezetők nem tesznek jelentős kitérőt a töltés érdekében (*Sun et al., 2016*).



4.3 ábra: A módszer lépései egy útkategória rétegen (országos átjárhatóságot biztosító töltőállomások)

3. lépés. Az értékeléshez *többkritériumos módszert* alkalmaztam, amely lehetővé teszi a több, egymástól független szempontok szerinti értékelést és összehasonlítást; valamint abszolút skálán is értékelhető vele a vizsgált objektumok. További előnye, hogy az alig, vagy egyáltalán nem számszerűsíthető tényezők hatása is értékelhető (*Bragge et al., 2010*). Az egyes szempontok eltérő súllyal történő figyelembevételéhez *súlyozott összeg modellt* (Weighted Sum Model = WSM) vezettem be. Az azonos skálán (jellemzően 1-5) értékelt szempontokhoz súlysúlyszámokat rendeltem, amivel az egyes szempontok fontosságát, vagy a kimenetre gyakorolt hatás erősségét fejeztem ki az alkalmazási célok szerint.

A *töltőtelepítési potenciál értéke* a (4.1) és (4.2) egyenletek szerint számítható.

$$IP_j = a_1 x_{1,j} + a_2 x_{2,j} + a_3 x_{3,j} + x_{4,j} \quad (4.1)$$

$$x_{4,j} = \begin{cases} -5 \cdot (1 - d_{ji}^3 / \alpha^3), & \text{if } d_{ji} \leq \alpha \\ 4, & \text{ha } \alpha < d_{ji} \leq \beta \\ 0, & \text{ha } d_{ji} > \beta \end{cases} \quad (4.2)$$

Ahol:

- j : helyszín azonosítója, ahol $j=1, \dots, A$ (A : a helyszínek száma),
- IP_j : a j -edik helyszínrre számított töltőtelepítési potenciál,
- $x_{1,j}$: forgalomnagyság értékelő szám,
- $x_{2,j}$: közeli települések teljes lakosságszámát értékelő szám,
- $x_{3,j}$: szolgáltatások értékelő száma,
- $x_{4,j}$: a j -edik helyszínhez legközelebb lévő töltőállomás elvonzó hatása,
- a_i x_i ($i=1,2,3$) értékelő szempontok súlysza, $\sum_i a_i = 1$ és $\forall a_i \geq 0$,
- $d_{i,j}$ a j -edik helyszín és a legközelebbi meglévő vagy már kiválasztott villámtöltő-állomás (i) közötti távolság,
- α, β a kijelölés során a töltőállomásokkal lefedett terület térbeli terjedését (az állomások egyenletes térbeli eloszlását) befolyásoló paraméterek.

A leíró jellemzők értékkészletéhez kategóriákat vezettem be, és minden kategóriához egy értékelő számot rendeltem (4.3 melléklet). A súlyok értéke az egyes változók fontosságát mutatják. A különböző célú fejlesztési tervekből eltérő súlyok vezethetők le.

Bár elsősorban közlekedési szempontokat vettem figyelembe, feltételeztem, hogy a magasabb szolgáltatási színvonalú helyszíneken a töltőállomás telepítéshez tartozó villamosenergia-hálózat kapacitás bővítésének a költsége alacsonyabb, így közvetett módon a villamosenergia-hálózat szempontjából is vizsgáltam a helyszíneket.

4. lépés. A helyszínekijelöléshez a mohó algoritmust választottam, amely az adott lépésben elérhető legjobb jelölt kiválasztásával közelíti a globális optimumot. Az algoritmus előnye, hogy alacsony a számítás igénye.

Mivel a távolsági forgalom a gyorsforgalmi utakon koncentrálódik, ezért a kiválasztást két különböző útkategória rétegen végeztem el. Az 1. réteghez a gyorsforgalmi utakat, míg a 2. réteghez az egyéb főutakat soroltam. A kijelölés addig nem kezdődik meg a második rétegen, amíg a telepítési cél az első rétegen nem teljesült. Ezzel a megközelítéssel a gyorsforgalmi utak előnyben részesítése támogatható a hosszú útvonalak esetében.

5. lépés. Ha a telepítési cél nem teljesült, akkor a 3. lépéstől folytatódik az eljárás.

6. lépés. Ha a telepítési cél teljesült az adott útkategória rétegen, akkor az értékelés és a kiválasztás a következő útkategória rétegen folytatódik. A folyamat leáll, amennyiben az utolsó rétegen is teljesült a leállási feltétel.

Az országos átjárhatóságot biztosító elektromos villámtöltő-állomások helyszíneit kijelölő módszert Magyarországra alkalmaztam (4.4 melléklet).

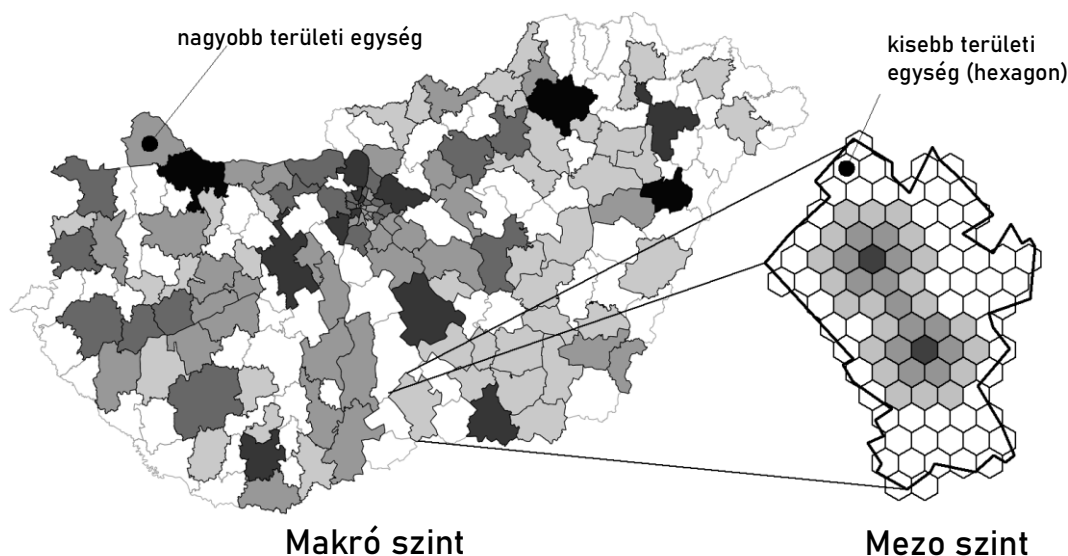
4.3. Városi publikus elektromos töltőállomások helyszíneit kijelölő módszer

A lakott területeken belül a publikus töltőállomások telepítésének célja a rövidtávú, helyi és környéki utazások kiszolgálása. Ezen utazásokhoz az elektromos járművek hatótávolsága jellemzően elégséges, ezért nem szükséges megszakítani az utazást a jármű töltése érdekében. Azokon a helyszíneken érdemes töltőberendezést telepíteni, ahol a járművek rendszeresen és hosszabb ideig állnak. *A rövidtávú utazások befejezésekor felmerülő töltési igény a parkolási igényekkel és a területhasználati jellemzőkkel függ össze.*

A telepítési helyszínek kijelöléséhez többféle megközelítést és különböző adatokat alkalmaztak: például a taxik trajektória adatait (Cai et al., 2014; Shahraki et al., 2015), vagy a lakosság számot vették figyelembe (Gavranovic et al., 2014). Historikus adatok helyett a bemeneti (pl. forgalmi) adatok szimulációs módszerekkel is előállíthatók (Alegre et al., 2017). A városi töltési igény modellezésekor és a töltőállomások helyszínének kijelölésekor is használnak szakasz-orientált megközelítést. Például, figyelembe vették a töltőállomások vonzáskörzetét és bevezették az „utazási siker” mutatószámot a töltőállomás-hálózat minőségének értékelésére (Alhazmi et al., 2017), továbbá hálózati egyensúlyi modellt dolgoztak ki (He et al., 2015), illetve a többcélú tervezési stratégia alkalmazását javasolták (Yao et al., 2014).

A kutatási rések betöltésére kétszintű értékelésen alapuló töltőállomáshelyszín-kijelölő módszert dolgoztam ki. Az értékeléshez súlyozott összeg modellt vezettem be. A kifejlesztett módszer legfőbb előnye, hogy statikus, nyilvánosan elérhető területhasználati adatokat és a fő forgalomvonzó létesítményeket veszi figyelembe; nem igényel honnan-hová utazási adatokat. A töltőállomás helyszínének kijelölésének szintjei (4.4 ábra):

1. a telepítendő töltőállomások szétosztása a nagyobb területi egységek között az elektromos jármű használati potenciál alapján (makró szint),
2. a töltőállomás helyszínének meghatározása a területi egységekben belül a területhasználatból levezethető parkolási szokások alapján (mezo szint).



4.4 ábra: Az értékelés tárgyai – nagyobb területi egységek makró szinten, kisebb területi egységek (hatszögek) mezo szinten

Makró szinten a nagyobb területi egységeket (Magyarországon a járásokat, Budapesten a kerületeket) értékeltem. Mezo szinten a nagyobb területi egységeket kisebb egységekre, szabályos hatszögekre bontottam, mivel a teljes területi egységet átfedés mentesen lefedő sokszögek közül ennek az alakja közelíti leginkább a kör alakját. Azért volt szempont a kör (vagy hasonló alakzat), mert a forgalomvonzó pontok vonzáskörzete jellemzően egy körrel írható le. A hatszögek esetében alacsony a kerület/terület arány, így csökkenthető a valószínűsége annak, hogy egy forgalomvonzó pont a határvonalra kerül. A párhuzamos oldalak közötti távolság 250 méter, ami a kényelmes gyaloglási távolság a parkolóhely és az úti cél között (Daniels and Mulley, 2013). Mezo szinten a hatszögeket értékeltem.

Mindkét szintű értékelés a területi egységek elemzésén és összehasonlításán alapszik. Makró szinten arra kerestem a választ, hogy hol fognak többet haladni, míg mezo szinten, hogy hol fognak többet állni az elektromos járművek. Szintenként eltérő célok definiálhatók és heterogén adattípusok használhatók. Az értékelések külön-külön is elvégezhetők. A konkrét telepítési pontok kijelölését (mikro szint) a közlekedési szempontokon túl számos egyéb szempont is befolyásolja, például a terület tulajdonviszonya, vagy a villamosenergia rendszer hozzáférhetősége, kapacitása. A töltőállomások hatszögön belüli pontos helyszínének kijelölése nem része a módszernek.

Makró szinten a helyi és a vendég forgalomból származó töltési igényt befolyásoló jellemzők alapján értékeltem és hasonlítottam össze a területegységeket a (4.3) egyenlet alapján.

$$IP_i = a_1 \cdot \frac{5}{2} \left(\frac{x_{1,i}}{\max(x_1)} + \frac{x_{2,i}}{\max(x_2)} \right) + a_2 \cdot x_{3,i} \quad (4.3)$$

Ahol:

IP_i i -edik területegység töltőtelepítési potenciálja, ahol $i=1, \dots, B$
(B : a területegységek száma),

$x_{1,i}$ regisztrált elektromos személygépjárművek száma az i -edik területi egységben,

$x_{2,i}$ átlagos éves jövedelem személyenként az i -edik területi egységben,
 $\max(\dots)$ legmagasabb értékű területi egységnél a változó értéke,

$x_{3,i}$ turizmus fontosságát minősítő érték az i -edik területi egységben,
értéke 0 és 5 között lehet,

a_1, a_2 változók súlya. $a_1 + a_2 = 1$, $a_1 \geq 0$ és $a_2 \geq 0$.

A töltési keresletet a helyi és a látogatókból eredő forgalom együttesen határozza meg. Az egyes változók „fontossága” a súlyokkal fejezhető ki, amelyeket a döntéshozó (megbízó) is megadhat. A helyi töltési keresletet az $x_{1,i}$ és $x_{2,i}$ változók befolyásolják. Feltételeztem, hogy a nagyobb elektromos járműszám és a magasabb jövedelem nagyobb futásteljesítményt okoz. A népszerű turisztikai desztinációk, amelyek elektromos jármű forgalmat generálnak, hasonlóan növelik a töltési keresletet. Az $x_{3,i}$ változó értékének meghatározásához a helyi adottságok és a turizmus szezonális jellegének ismerete is szükséges. Például: a kiemelkedő nyári turisztikai forgalom egyenértékű egy kisebb, de egész évben konstans turisztikai forgalommal. Az 5/2-el való szorzás eredményeként képződik a 0-5 tartományú értékkészlet.

Ha adott a területegységek között szétszandó töltőállomások száma (N), akkor az i -edik területegységben telepítendő töltőállomások számát (n_i) a (4.4) egyenlet szerint határozom meg.

$$n_i = \text{round} \left(\frac{IP_i}{\sum_i IP_i} \cdot N + 0,5 \right) \quad (4.4)$$

Mezo szinten a hatszögeket a nappali, valamint az éjszakai töltési igények alapján értékeltem. A nappali töltési igényt a hatszögben elhelyezkedő gyakran látogatott

helyszínek, az éjszakai töltési igényt a lakosságszám és a beépítettség alapján értékeltem. Nemzetközi kérdőíves kutatással helyszíntípusonként vizsgáltam a parkolási gyakoriságot és a parkolási idő értékeket (4.5 melléklet), majd meghatároztam a közterületi töltési igényt (d). A töltési igények alapján értékelhető egy-egy adott hatszög (4.5). (A függő és a független változók hatszögek szerinti indexelésétől eltekintettem).

$$Y = b_1 \cdot \frac{5 \cdot \sum d}{\max(\sum d)} + \frac{b_2}{2} \cdot \left[r + \frac{5 \cdot p}{\max(p)} \right] \quad (4.5)$$

Ahol:

- Y a hatszögben jelentkező töltési igény,
- $\sum d$ a hatszögben lévő forgalomvonzó helyszíntípusokon jelentkező összesített töltési igény [perc/nap],
- r lakóterület kategória értékelő száma [-],
- p hatszög lakosságszáma [fő],
- $\max(\dots)$ a legmagasabb értékű változó a hatszög területegységek között,
- b_1, b_2 töltéstípusok súlya; $b_1 + b_2 = 1$, $b_1 \geq 0$ és $b_2 \geq 0$.

A töltőállomásokat a legvonzóbb hatszögekhez rendeltem hozzá. Egy hatszög akkor vonzó, ha magas az átlagosan a hatszögben parkoló járművek száma és a parkolási idő. Ezek az értékek akkor magasak, ha található a hatszögben szolgáltatás, vagy lakófunkció. Ennek megfelelően a forgalomvonzó létesítményeket, a terület jellemzőit és a lakosságszámot vettem figyelembe értékeléskor. Mivel a módszer célja a nyilvános töltőállomások helyszínének kijelölése, figyelmen kívül hagytam a privát parkolóhelyi (pl. garázs) töltéseket (nappal munkahelyen, éjszaka otthon). A töltéstípusok súlyai a nappali és éjszakai töltés fontosságát fejezik ki. Az éjszakai töltést többnyire csak a helyiek veszik igénybe, míg a népszerű szolgáltatásokat, forgalomvonzó helyszíneket mások is felkeresik. Javasolt a nappali töltés előnyben részesítése a súlyok beállításánál.

A hatszögek töltőtelepítési potenciál értéke az adott és a gyaloglási hajlandóságon (willingness-to-walk, $w2w$) belül található környező hatszögek töltési igénye szerint számítható (4.6). A $w2w$ paraméter [m] a hatszög vonzáskörzetének sugarát fejezi ki; azt a legnagyobb gyaloglási távolságot, amit az elektromos jármű használó hajlandó megtenni a töltőállomás és az utazási célja között. Egy hatszög töltőtelepítési potenciálja a töltési igények vonzáskörzeten belüli összesített értékének és azon igényeknek a különbsége, amelyeket a közeli, meglévő töltőállomások szolgálnak ki az elvonzó hatásuk révén.

$$W_q = P \left[Y_q + \sum_s Y_s - \sum_t \left(\frac{Y_t}{2Y_q} \cdot \sum_u Y_{qt,u} \right) \right] \quad (4.6)$$

Ahol:

- W_q q -edik hatszög töltőtelepítési potenciál értéke, ahol $q=1, \dots, C$ (C : a hatszögek száma),
- P parkolási potenciál; $P=0$, ha nincs nyilvános parkolóhely, vagy a töltőtelepítés nem javasolt, minden más esetben $P=1$,
- Y_q q -edik hatszögben jelentkező töltési igény,

Y_s a vizsgált q -edik hatszög vonzáskörzetében lévő s -edik hatszögben jelentkező töltési igény,
 Y_t a vizsgált q -edik hatszög kétszeres sugarú vonzáskörzetében lévő, töltőállomást tartalmazó t -edik hatszögben jelentkező töltési igény,
 $\sum_u Y_{qt,u}$ töltési igények összesített értéke a vizsgált q -edik hatszög és a meglévő t -edik töltőállomás vonzáskörzetének metszetében lévő hatszögekre vonatkozóan.

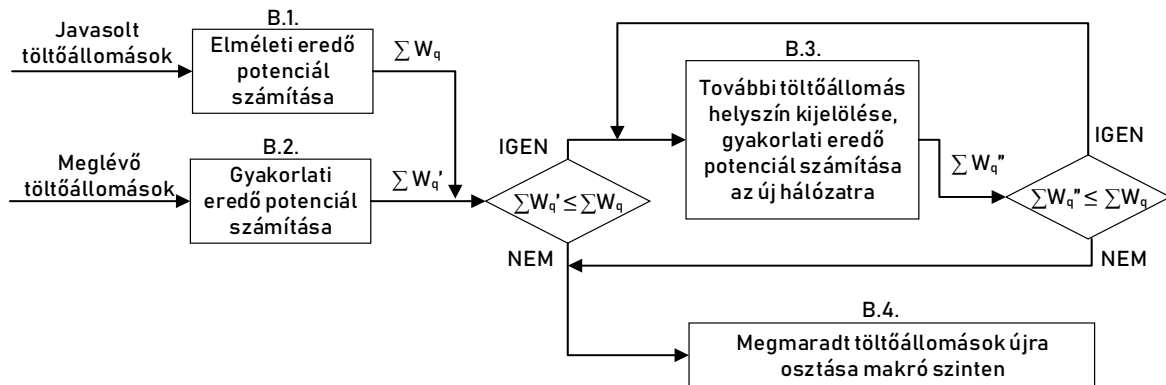
A $\sum_u Y_{qt,u}$ jelöli azon töltési igényt, amelyet meglévő (t -edik hatszögben lévő) töltőállomás is kiszolgálhat. Amennyiben több töltőállomás is található az úticél körüli w_2w sugarú körön belül, a felhasználó a számára legvonzóbbat választja. Bár Y_t a meglévő töltőállomást tartalmazó t -edik hatszög töltési kereslete, egyúttal kifejezi a hatszög felhasználói attraktivitását is. Egy u -adik hatszög töltési kereslete megoszlik a vizsgált q -edik hatszög és a meglévő töltőállomást tartalmazó t -edik hatszög között. A megosztást a $\frac{Y_t}{2Y_q}$ hányados fejezi ki. Így például, ha q -edik és t -

edik hatszög töltési kereslete megegyezik, az u -adik hatszög töltési keresletének fele hozzáadódik a q -edik hatszög töltőtelepítési potenciál értékéhez. A számítás logikáját példával szemléltettem (4.6 melléklet). A töltőállomás helyszínek kiválasztására a mohó algoritmust javaslom az alacsony számításigénye miatt. Abban az esetben, ha *a vizsgált hatszögek egyikében sincs még töltőállomás*, a lépések a következők:

A1. W_q meghatározása minden hatszögre.

A2. Töltőállomás hozzárendelése a legnagyobb W_q értékű hatszöghöz.

Újabb töltőállomás-helyszín kijelölése a lépések megismétlésével végezhető el. W_q értékek ciklusonként kerülnek újra számításra. Amennyiben *a vizsgált hatszögek egyikében már van meglévő töltőállomás*, a módszer összetettebb. Ebben az esetben a javasolt és a meglévő töltőállomásokhoz tartozó hatszögek W_q értékeit külön-külön számítom; majd összehasonlítást végzek. A folyamatot a 4.5 ábra foglalja össze.



4.5 ábra: Mezo szinten a töltőállomás-helyszínek meghatározása

A lépések a következők:

B1. A javasolt töltőállomás helyszínek (hatszögek) kiválasztása a meglévő töltőállomás(ok) figyelmen kívül hagyásával (A1 és A2 lépések). Az *elméleti eredő töltőtelepítési potenciál* ($\sum W_q$) meghatározása a javasolt helyszínek W_q értékeinek összesítésével.

- B2. A *gyakorlati eredő töltőtelepítési potenciál* ($\sum W_q$) meghatározása: a meglévő töltőállomást tartalmazó hatszögek W_q értékeinek összesítésével.
- B3. Amennyiben az elméleti eredő potenciál nagyobb, mint a gyakorlati, akkor új telepítési helyszín kiválasztása javasolt, hiszen a meglévő állomások nem szolgálják ki megfelelően az igényeket. A további helyszínek kiválasztása az A1 és A2 lépésekkel történik, figyelembe véve a meglévő helyszíneket. Ez a lépés addig ismétlődő, amíg az elméleti eredő potenciál nagyobb, mint a *létrejövő új töltőhálózat* (meglévő és újonnan telepített töltőállomások együttesen) *gyakorlati eredő potenciálja* (W_q).
- B4. Amennyiben a gyakorlati eredő potenciál nagyobb, mint az elméleti, akkor új telepítési helyszín kiválasztása nem javasolt, hiszen a meglévő állomások megfelelően kiszolgálják az igényeket. Hasonlóan, ha a létrejövő új töltőhálózat gyakorlati eredő potenciálja éppen meghaladja az elméletit, akkor további töltőállomások elhelyezése már nem javasolt. Mindkét esetben a „megmaradó” töltőállomások makró szinten szétszthatók a többi területi egység között.

A városi publikus elektromos töltőállomások helyszíneit kijelölő módszer alkalmazását példákkal szemléltettem. Makró szinten Magyarországra (4.7 melléklet), mezo szinten Budapest egy kerületére alkalmaztam a módszert (4.8 melléklet). Megállapítottam, hogy egyik javasolt hatszög sem tartalmaz benzinkutat; ennek oka, hogy a benzinkutak közelében kevés az elérhető szolgáltatás és jellemzően alacsony a lakosság szám.

A bemutatott módszerem felhasználásával egy olyan összetett modellt és eljárást fejlesztettek, amely a töltési kínálat és kereslet jellemzőinek részletes elemzésével és a járművezetők pszichológiai tényezői („hatótáv aggodalom”) alapján adja meg a töltőállomások optimális számát és helyszínét. A korábbi hasonló célú módszerekhez képest jelentős újdonság, hogy figyelembe vették a járműforgalom nagyságát, időbeli ingadozását és inhomogenitását, a jármű akkumulátorában tárolt energia mennyiségét, továbbá a töltőpontok számát és teljesítményét. Az eljárást olaszországi gyorsforgalmi utakon alkalmazták (*Napoli et al., 2020*).

4.4. Az elektromobilitást támogató integrált információs rendszer működésének modellezése – töltési terv optimalizálás

Az elektromos járművek használati sajátosságai, a tapasztalat hiánya, a technológiától való idegenkedés és az integráció hiánya (sokféle töltő és töltési eljárás, eltérő üzemeltetők, sok szereplő) következtében *felértékelődnek az információs szolgáltatások*. Az integrált információs rendszer „keretet” ad az elektromobilitási szolgáltatásoknak. A funkciók integrálásának a célja, hogy azok egy információs szolgáltatáson belül elérhetők legyenek. *A rendszer működésének modellezésével az új technológiák* (pl. okos villamosenergia-hálózat) *bevezetésének elősegítését tűztem ki célul*.

Az elektromos járművet használók tudatosabban és részletesebben megtervezik az utazásaikat (*Wanga et al., 2016; Yang et al., 2016*), a töltési sajátosságok kihatnak az útvonalválasztásra. Töltés közben olyan új funkciók információs támogatása is szükséges, mint például a töltőpontfoglalás, a kétirányban áramló energia „szabályozása”, fizetés a változó díjtételek szerint. A kommunikációs csatornák közül az okostelefonos alkalmazás a leginkább népszerű (*Khoo and Asitha, 2016*). Az elektromos jármű a villamosenergia rendszer szempontjából egy mozgó

energiatároló, amivel a terhelés ingadozás mérsékelhető (*Hernandez et al., 2012; Cowan, 2013*). Az energia kereslet és kínálat közötti különbség csökkentésével, a töltési folyamat időbeli optimalizálásával foglalkozó tanulmányok (*Lingwen et al., 2013; Siddhartha et al., 2013; Sanchez-Hidalgo and Cano, 2018*) jellemzően a centralizált és a decentralizált irányítási csoportokba sorolhatók (4.3 táblázat). A centralizált irányítás tekinthető ideális, míg a decentralizált irányítás praktikus megoldásnak, mivel ez utóbbinak kisebb a fejlesztési igénye. A kétféle töltésütemezés esetén elérhető villamos hálózati terhelésingadozás-csökkenés értékek között nincs jelentős különbség (*Mets et al., 2010; Chen et al., 2014*). Egyenletes hálózati terheléshez nem szükséges gyakran frissíteni a változó díjtételeket (*Gan et al., 2013*). Az elektromos járművek töltésének ütemezésével a megújuló energiaforrások részaránya jelentősen növelhető (*Forrest et al., 2016; Druitt and Früh, 2012*), mivel a napközben megtermelt napenergiát az elektromos járművek el tudják tárolni.

4.3 táblázat: A centralizált és decentralizált töltésirányítás (-ütemezés) jellemzői

Centralizált irányítás	Decentralizált irányítás
Villamos hálózati optimum: az összerhelés ingadozásának minimalizálása	Egyéni felhasználói optimum: költség vagy töltési idő minimalizálása
Az elektromos járműhasználók igényeit részben veszi figyelembe	A villamos hálózat jellemzőit részben veszi figyelembe
A villamos hálózat terhelés becslése központilag (személyre szabott tarifa alkalmazható)	A villamos hálózat terhelés becslése központilag (a tarifát, mint szabályozóeszközt, a központ határozza meg a becsült terhelés alapján)
Töltésütemezés központilag; az alkalmazást a villamos hálózat üzemeltető működteti	Töltésütemezés a saját töltési terv szerint; az alkalmazást a felhasználó működteti

A meglévő információs rendszerek jellemzően egy funkcióra fókuszálnak. Az integrált rendszer működésének modellezése még nem történt meg. Hiányzik a változó díjtétel és az előrelátó felhasználói magatartás töltési költségre gyakorolt hatásának vizsgálata. Az integrált rendszer funkcióit (F_i), az elektromos járművek legfontosabb negatív jellemzőiből (N_i) vezettem le. Megadtam, hogy az egyes funkciók mely tulajdonságok kedvezőtlen hatását enyhítik (4.6 ábra). Összefoglaltam, hogy az egyes funkciók az üzemeltetés mely fázisait fedik le (4.9 melléklet). Azonosítottam az alfunkciókat és az adatcsoportokat (4.10 és 4.11 mellékletek).

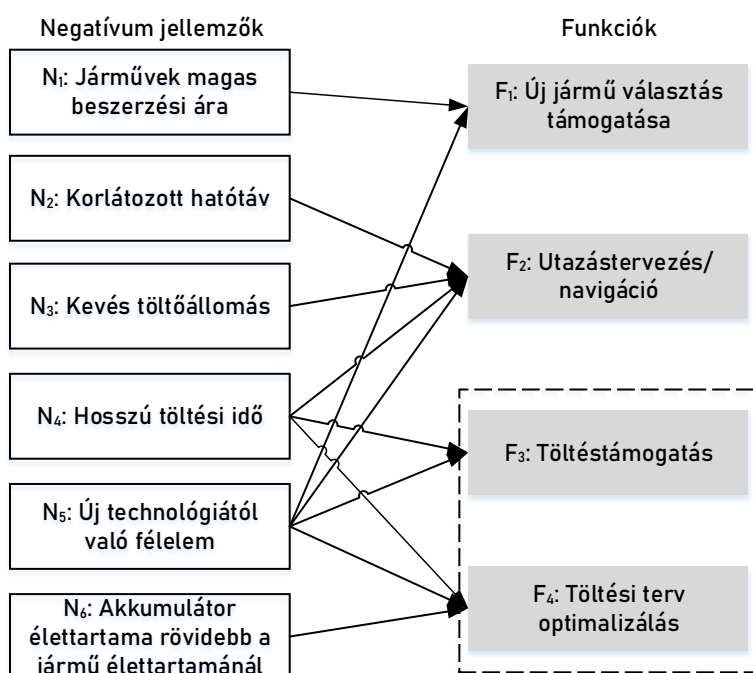
Az új jármű választás támogatása (F_1) funkció személyre szabott döntéstámogatást ad, az elvárások, közlekedési szokások, a jármű jellemzői és más felhasználók tapasztalatai (pl. jármű hatótávja valós körülmények között) alapján, így csökkenthető az új technológiától való félelem is. A leginkább megfelelő jármű megválasztásához költségmodellt dolgoztam ki.

Az utazástervezés/ navigáció (F_2) funkció fejlődési fokozatai:

- Személyre szabott tájékoztatás a közlekedési hálózatról és a töltőinfrastruktúráról, útvonaltervezés statikus adatok alapján.
- Útvonaltervezés a megadott célponthoz valós idejű adatok alapján, figyelembe véve a felhasználó és a jármű jellemzőit, valamint a közlekedési hálózat és a töltőinfrastruktúra állapotát. Az útvonal mentén a megfelelő töltőpontok előzetes lefoglalása a rendszer által számított érkezési időpontra.
- Az úticélok meghatározása a felhasználó tevékenységei alapján, majd útvonaltervezés a kiválasztott célponthoz, valamint töltőpontfoglalás.

Az útvonaltervezés és navigáció funkció figyelembe veszi az elektromos járművek energiafogyasztását, a domborzati viszonyokat és a töltőállomások jellemzőit is. A funkcióval mérsékelhető a korlátozott hatótáv miatti aggodalom, illetve csökkenthető a jármű energiafogyasztása (Zheng et al., 2015). A töltési folyamatok két jellegzetes típusba sorolhatók: rendszeres töltések jól ismert helyszíneken (otthon, munkahelyen vagy gyakran látogatott helyszíneken), és alkalmankénti töltések ismeretlen helyszíneken. Az utóbbi esetben az útvonaltervezés/navigáció funkció a rendeltetési helyen eltöltött idő szerint javasol töltőtípust, és tájékoztat arról, hogy hogyan lehet hasznosan eltölteni az időt a töltőállomás közelében. A felhasznált adatok:

- járművezető jellemzők (pl. általános elvárások, preferenciák),
- jármű jellemzők (pl. csatlakozó típusa, hatótáv, átlagos energiafogyasztás),
- töltőinfrastruktúra jellemzők (pl. foglaltság, előrejelzett töltési idő),
- közlekedési hálózat jellemzői (pl. töltőpontok helyszínei, forgalmi adatok).



4.6 ábra: Az információs rendszer funkciói (a járművek negatív jellemzőiből levezetve)

Egy útvonalnál „egyedi elvárások” is figyelembe vehetők:

- tartalék hatótáv töltőponthoz érkezéskor (biztonságérzet fokozása),
- előnyben részesített töltőtípus (pl. csak villámtöltő),
- töltési folyamat maximális időtartama,
- útvonaltervezés célfüggvénye (pl. leggyorsabb, legrövidebb, legkisebb energiafogyasztás),
- töltés tervezés célfüggvénye (pl. legkisebb töltési idő, leginkább akkumulátor kímélő, kiegyensúlyozott).

Tájékoztatás adható a vezetési stílus és az energiafogyasztás kapcsolatáról, a fogyasztás csökkentése érdekében.

A *töltéstámogatás* (F_3) funkció a töltés indítása és leállítása mellett valós idejű tájékoztatást ad a töltés állapotáról. Ha a felhasználó előzetesen beállított egy leállási feltételt (pl. vételezett energiamennyiség, töltési költség, időpont, töltöttségi állapot,

hatótáv), akkor a töltés automatikusan leáll. A funkció támogatja a fizetési műveleteket is. A részletesen kidolgozott funkciók közül a töltéstámogatás funkció folyamatábráját mutatom be az adatáramok jelölésével együtt (4.12 melléklet).

A *töltési terv optimalizálás* (F_4) funkció az előző funkció kiegészítése a töltési igények és a villamosenergia-hálózat kapacitásának összerendelése érdekében (pl. időbeli, térbeli, mennyiségi szempontok alapján), minél kisebb terhelésingadozás mellett. Az összerendelés egyik eszköze a változó díjtétel, amellyel a töltési és a közlekedési szokások is befolyásolhatók (*Sulabh and Nadia, 2018*). A töltési tervhez a felhasználó megadja a tervezett utazások jellemzőit (pl. időpont, annak rugalmassága, távolság), a töltőponthoz érkezéskor elvárt tartalék hatótávot, illetve a parkolási jellemzőket, azaz, hogy mikor és hol tudná tölteni a járművét. A töltési terv megadja, hogy hol, mikor és mennyi ideig érdemes tölteni a járművet, illetve, ha a visszatáplálás engedélyezett, akkor a visszatáplálás időintervallumait is. A töltési tervnél a jármű akkumulátor-élettartamát befolyásoló jellemzők is figyelembe vehetők (pl. töltési teljesítmény, töltöttségi szint), így az akkumulátor-élettartama növelhető. Működési módok:

- csak töltés (az energia visszatáplálás a hálózatba nem engedélyezett),
- töltés és visszatáplálás.

A jármű és a töltőállomások jellemzőit (pl. energiafogyasztás, töltési teljesítmény) az információs rendszer adatbázisa tárolja. A funkció a nem teljesíthető tervezett utazásokra is figyelmeztet az előrejelzett tölthető energiamennyiség alapján.

Az integrált elektromobilitási információs rendszer legfontosabb szereplői, alrendszerei, akik/amelyek egyszerre adatforrások és információ felhasználók is:

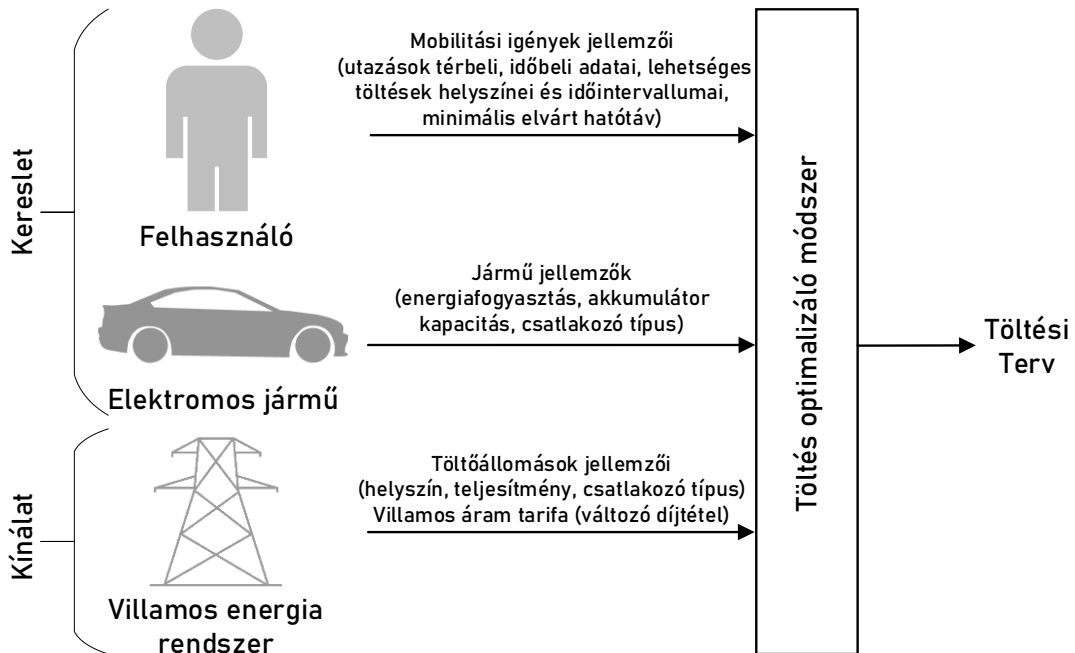
- elektromos járművek,
- járműgyártók,
- jármű használók (utazók),
- villamosenergia-termelők,
- villamosenergia-elosztók, hálózat üzemeltetők,
- töltőállomás üzemeltetők,
- térképi adatokat szolgáltatók,
- közúti járműforgalmi adatokat szolgáltatók.

A villamosenergia-hálózaton a kereslet és a kínálat egyensúlyának elérését (*Tchawou et al., 2019*) nehezíti:

- kereslet oldalon: jelentős mértékű sztochasztikus többletterhelés,
- kínálat oldalon: a nehezen előrejelezhető ingadozó teljesítményű megújuló energiaforrások.

Az egyensúlyi állapot a tartalék kapacitás növelésével és az igények befolyásolásával segíthető elő. *Decentralizált töltésoptimalizáló* (költség minimalizáló) *módszert fejlesztettem*, ami egy töltési tervet készít a felhasználó, a jármű és a villamosenergia rendszer jellemzői alapján (4.7 ábra), és támogatja a két irányú energiaáramot. Előre ismert tarifájú, változó díjtételt feltételeztem. A célfüggvény a minimális töltési költség. A módszer alkalmazásával (4.8 ábra) a mobilitási igények változtatása nélkül csökkenthető a töltési költség, valamint a villamosenergia-hálózat terhelés ingadozása. *A töltési terv egy adott időszakra* (pl. 1 hét) *vonatkozik*. A felhasználó megadja a tervezett utazásainak térbeli és időbeli adatait és azokat az időintervallumokat amikor a jármű olyan helyszínen parkol, ahol töltőállomás

található és lehetséges a töltés (töltési időintervallumok). Továbbá, adott az elvárt hatótáv tartalék [km], amihez az energiamennyiség minden esetben rendelkezésre áll a járműben. Az utazási adatokból számíthatók a töltési folyamatok végén szükséges hatótávok [km] és energiamennyiségek.



4.7. ábra: A töltés optimalizáló módszer bemeneti és kimeneti adatai

A lehetséges töltési időintervallumokat energiaekvivalens egységekre osztottam, ezen egységekben a tölthető energia mennyisége azonos. Az időintervallum hossza függ a töltési teljesítménytől. A nagyteljesítményű töltőpontok esetén az intervallum rövidebb, alacsony teljesítményű töltőpontoknál hosszabb. Az eljárás mohó algoritmussal választja ki azokat az energiaegységeket, amikor az áram ára a legalacsonyabb. A kiválasztott energiaegységeknek megfelelő időintervallumokban a jármű töltődik. Ha több intervallumnak azonos a költsége, akkor a legkorábbi adódik a töltési tervhez. Így a hatótáv követelmény akkor is teljesülhet, ha a felhasználó a tervezettnél hamarabb elindul a járművével.

A szabadon maradt időszakra vonatkozóan, amikor a jármű csatlakoztatva van a töltőállomáshoz, de nem tölt, a visszatáplálással elérhető bevételt maximalizálja a módszer úgy, hogy visszatáplálási és töltési időintervallum párokat képez (a legkisebb töltési költségű energiaekvivalens intervallum, majd az ezt követő intervallumok közül a legnagyobb visszatáplálási bevételt képző intervallum kiválasztása). Ha van olyan energiaekvivalens intervallum, ahol a töltési költség kisebb, mint egy utána következő intervallumban a visszatáplálásból származó bevétel, akkor érdemes alkalmazni a visszatáplálást. Az energiaegység párok képzése az alábbi két feltétel teljesülése esetén lehetséges:

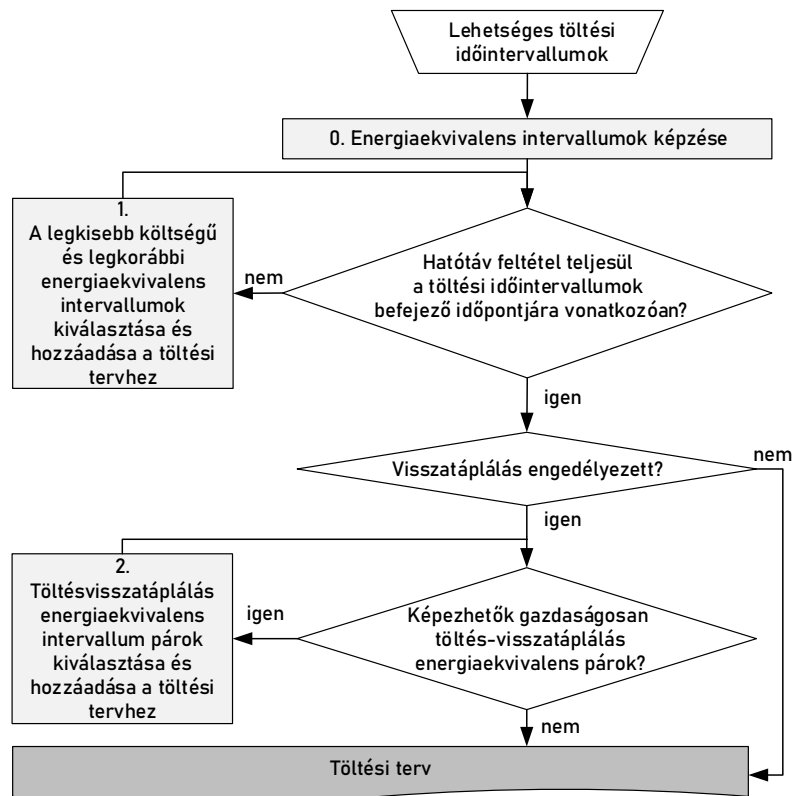
- a hatótáv tartalék feltétel minden időpontban teljesül,
- az eladási ár minden esetben magasabb, mint a vételi ár (felhasználói szemszögből).

A következő feltevésekre alapoztam:

- A jármű képes szüneteltetni a töltési folyamatot, és képes váltani a töltési és a visszatáplálási mód között.

- A töltési költség csak a töltött energiamennyiségtől és az áram árától függ.
- A felhasználó a járműben tárolt energiamennyiséget eladhatja a villamosenergia-hálózat üzemeltetőnek.
- Az áram ára egy napon belül változik; a változás mértéke előre ismert.
- Az áram vételi ára (C_p) egy adott időpillanatban mindig magasabb, mint az eladási ár (C_s) (elektromos jármű használó szemszögéből)

(C_p az áram ára, amit a töltéskor fizet a felhasználó, C_s az áram ára, amit a visszatáplálásakor kap a felhasználó.)



4.8 ábra: A töltés optimalizáló módszer lépései

A módszer alkalmazását példákkal szemléltettem a 4.13 mellékletben. Megállapítottam, hogy a töltés optimalizáló módszerrel kedvezőbb töltési költség érhető el, mint a hagyományos „mindig tölt” vagy a „csak éjszaka tölt” töltési stratégiákkal. A költségcsökkenés mértéke a változó díjtétel paramétereitől függően 5,3% és 41% közötti. Továbbá, a decentralizált irányítás támogatja a villamosenergia-hálózat terhelés ingadozásának a csökkentését is azáltal, hogy a változó díjtétellel a nagy szabad kapacitással rendelkező időszakok részesíthetők előnyben a töltés számára.

4.5. Új tudományos eredmények

A hagyományos járműtől jelentősen eltérő üzemeltetési jellemzőkkel rendelkező elektromos közúti személygépjárművek újszerű döntési helyzeteket idéznek elő a felhasználók és az elektromobilitási rendszer többi szereplője számára. A töltés jelenti a legnagyobb eltérést. Rendszerszemléletű, többlépéses, töltési igény számító módszer ezidáig nem állt rendelkezésre. Olyan, pont- és szakasz-orientált kombinált töltőpont kijelölő módszert, amely olyan esetekben is használható, amikor a közlekedési áramlatok (pl. honnan-hová utazások) adatai nem hozzáférhetők,

továbbá amely figyelembe veszi a potenciális helyszínek szolgáltatási színvonalát is, ezidáig nem dolgoztak ki. Hiányzott a nagyobb területegységeknek a városi publikus töltési igény nagysága alapján történő makró szintű értékelő eljárása; továbbá, egy olyan mezo szintű értékelő eljárás is, ami a parkolási jellemzők alapján rendeli a töltési igényeket a helyszíntípusokhoz, majd ez alapján értékeli a kisebb területegységeket. Kétszintű értékelést sem alkalmaztak korábban. A töltési terv optimalizáló módszerek a járművek töltési igényét, a közlekedési igények sajátosságait és a felhasználói elvárásokat vagy elnagyolva, vagy csak részben vagy egyáltalán nem veszik figyelembe.

3. Tézis. *A közúti elektromobilitást, elsősorban a töltőpontok helyszínének kijelölését és a töltési folyamatokat támogató, informatikai módszereket vezettem be, melyek alkalmazásával fokozható az üzemeltetési hatékonyság és az utazói elégedettség. A módszerek más alternatív energiaforrások esetében és más közlekedési módokra is adaptálhatók.*

1. Kidolgoztam az elektromos közúti gépjárművek töltési igény számítási módszerét, mely adaptálható tetszőleges járműtípusra vagy -flottára, területi egységre, illetve időpontra. A módszer alkalmazhatóságát példaszámítással igazoltam.
2. Módszert dolgoztam ki az országos átjárhatóságot biztosító elektromos villám-töltő-állomások helyszínének kiválasztásához. A lehetséges helyszínek értékeléséhez súlyozott összeg modellt vezettem be. Az értékelés újszerűsége, hogy a honnan-hová járműmozgás adatok helyett a keresztmetszeti forgalom nagyság, a közelben található települések lakosság száma, a szolgáltatások köre és a legközelebbi meglévő töltőállomás elvonó hatása alapján történik az értékelés. Példán keresztül szemléltettem a módszer térinformatikai alkalmazását.
3. Kidolgoztam a városi publikus töltőállomás helyszínének kijelölő módszert, mely makró és mezo szintű többkritériumos területértékelésen alapul. Makró szinten a járművek számát, a jövedelem nagyságát és a vendégforgalom jelentőségét, mezo szinten a parkolási szokásokat, a lakosság számot és a beépítettséget vettem figyelembe. Az értékeléshez súlyozott összeg modellt vezettem be. Példákon keresztül szemléltettem a módszer térinformatikai alkalmazását. A kifejlesztett módszer legfőbb előnye, hogy csak statikus, nyilvánosan elérhető területhasználati adatokat és a fő forgalomvonzó létesítményeket veszi figyelembe.
4. Modelleztem az elektromobilitást támogató integrált információs rendszer működését; az információkezelési funkciókat az elektromos jármű negatív jellemzőiből vezettem le. Decentralizált töltési terv optimalizáló módszert dolgoztam ki, amely támogatja a két irányú energiaáramot. Eltérő töltési stratégiákat hasonlítottam össze; meghatároztam a visszatáplálást ösztönző változó díjtételek paramétereit. Bemutattam, hogy a módszer alkalmazásával és tudatos felhasználói viselkedéssel csökkenthetők a töltési költségek.

A fejezet eredményeihez és a tézishoz kapcsolódó publikációk: *(Csiszár, 2019a), (Csiszár és Csonka, 2017), (Csiszár és Pauer, 2019), (Csiszár et al., 2017, 2018, 2019e, 2019f, 2020), (Csonka és Csiszár, 2017, 2018, 2019a, 2019b), (Csonka et al., 2019, 2020), (Skrúcsany et al., 2019), (Zarkeshev and Csiszár, 2018).*

5.

Az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatások informatikai fejlesztése

Az autonóm közúti járművek megjelenése jelentősen megváltoztatja a jelenlegi közlekedést. Várhatóan elektromos meghatásúak lesznek az önvezetéshez szükséges hardver eszközök (szenzorok, nagyteljesítményű számítógép stb.) és szoftverek energiaellátása, valamint a járművek főegységeinek (pl. elektromotorok) könnyebb vezérelhetősége miatt. A kereslet jellemzői (pl. preferált szolgáltatástípus, gyaloglási hajlandóság) jelentősen megváltoznak az új utazói csoportok és az új mobilitási lehetőségek hatására, ami kihat a forgalmi paraméterekre és az infrastruktúrára is. Alapvető kérdés, hogy milyen arányban biztosítható a közvetlen egyéni utazás lehetősége, vagy inkább a nagy kapacitású (pl. kötöttpályás) közlekedési módokra való ráhordó és megosztott szolgáltatások kerülnek előtérbe.

A legtöbb eredmény a személygépjárművekre és a kis befogadóképességű buszokra vonatkozóan jelent meg (pl. flottatervezés *Nicolaidis et al., 2017*; szimuláció *Milakis et al., 2017*; *Trommer et al., 2016*), azonban már a nagy befogadóképességű autóbuszokkal és az áruszállító járművekkel is foglalkoznak (*Flämig, 2016*). Az irodalomkutatás alapján megállapítottam, hogy

- az autonóm járműves kutatások még csak kezdeti fázisban foglalkoznak a jármű köré épített mobilitási szolgáltatások tervezésével és üzemeltetésével,
- a kutatások az autonómjármű-alapú közlekedési rendszerek és mobilitási szolgáltatások rendszerszintű elemzésére mérsékelt figyelmet fordítanak,
- a jelenlegi utazási szokások, valamint a személyes jellemzők (pl. jövedelem, foglalkoztatottság jellege, lakóhely) jelentősen befolyásolják az elvárásokat és az elfogadást,
- a kutatások többsége technológia alapú, az utazó elvárásaira, információkezelési folyamataira, és az utaskezelési funkciók automatizálására kevésbé fókuszálnak,
- az automatizálással foglalkozó kutatások a járműirányításra összpontosítanak (*Amer et al., 2017*); a mobilitási szolgáltatásokat leíró komplex automatizálási szinteket nem határoztak meg.

Céлом volt olyan modellek és módszerek kifejlesztése, amelyek alkalmazásával az autonóm közúti járművek és a köréjük épített mobilitási szolgáltatások integrálhatók az átalakuló közlekedési rendszerbe figyelembe véve a társadalmi-környezeti-gazdasági kapcsolatrendszer is. Az új tudományos eredmények eléréséhez a következő *kutatási kérdéseket* fogalmaztam meg, amelyekhez illeszkednek az alfejezetek:

1. Milyen autonóm járműves mobilitási szolgáltatástípusok elterjedése várható?
2. Milyen módszerrel tárhatók fel az utazói elvárások? Milyen szolgáltatási jellemzőket részesítenek előnyben az utazók? Hogyan befolyásolják az elvárásokat a személyes jellemzők és az utazási szokásjellemzők?
3. Milyen összetevőkből és kapcsolatokból építhető fel az autonóm közúti járműves személyközlekedési rendszer szerkezeti modellje? Milyen komplex

automatizálási szintek bevezetésével támogatható az elemzés, értékelés és fejlesztés?

4. Milyen modellel írható le az autonóm járművekre épülő személyközlekedési rendszer működése? Milyen hatásai vannak az autonóm közúti járművekre épülő mobilitási szolgáltatások bevezetésének?

A következő lehatárolásokat tettem:

- A jármű- és kommunikációs technológiai fejlesztéseket (*Adegoke et al., 2019*) csak olyan mértékig vettem figyelembe, amennyire ezek ismerete szükséges a tervezési és üzemeltetési módszerek kidolgozásához és a hatások feltárásához.
- Az automatizálási szintek meghatározásánál a funkciókat általános fejlesztési elvek mentén vizsgáltam, a konkrét megoldások technikai részletezésétől eltekintettem. A szinteket közforgalmú közúti mobilitási szolgáltatásokra vezetem be.
- A megállapításaim magas automatizáltsági szintű járművekre és nagymértékben integrált (elsősorban városi) közlekedési rendszerekre vonatkoznak.

Az összközlekedési és komplex szemléletű törekvéseimnek köszönhetően az áruszállítás és különösen a városi logisztika vonatkozásai „panelszerűen” beilleszthetők a kialakított keretrendszerbe.

5.1. Mobilitási szolgáltatástípusok

A fejlődési tendenciák azonosítása érdekében összehasonlítottam a jelenlegi nagy mértékben automatizált járműves szolgáltatásokat a következő *jellemző tulajdonságok* alapján (5.1 melléklet):

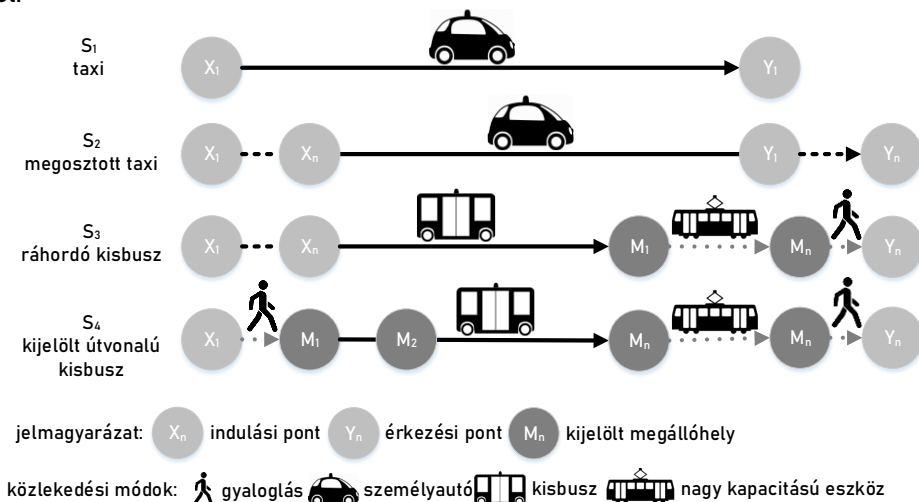
- | | |
|------------------------|--------------------|
| 1. szolgáltatás célja, | 3. pálya, |
| 2. kiszolgált terület, | 4. járműirányítás. |

A mai PRT és GRT (People Rapid Transit, Group Rapid Transit) szolgáltatások többnyire nagy mértékben automatizált járművekkel működnek, illetve tesztfázisban már autonóm járművek is megjelentek. Leginkább személyautókat, illetve kis kapacitású buszokat (pod=kapszula) fejlesztenek (pl. WEpod, Citymobil2 projekt). A fejlesztések vagy jármű-orientáltak, vagy szolgáltatás-orientáltak. Az utóbbiak esetében (pl. Waymo, Uber) a fejlesztések célja többnyire taxijellegű (fuvarmegosztás) szolgáltatás kialakítása. Mindemellett, elkezdődött a nagyobb kapacitású autonóm autóbuszok (pl. CityPilot projekt) és villamosok fejlesztése is. A jelenlegi szolgáltatások többnyire tesztfázisban, elkülönített pályán, vagy csökkentett forgalmú övezetekben működnek, ahol a más közlekedőkkel lehetséges konfliktusok száma kevesebb. Céljuk a járműirányítási technológia fejlesztésén túl, az utazói reakciók megfigyelése és mérése. Ugyanakkor az utaskezelési funkciók automatizálásával egyelőre csak csekély mértékben foglalkoznak. Meghatároztam az autonóm közúti járművekre épülő mobilitási szolgáltatástípusokat és azok jellemzőit (5.1 ábra és 5.1 táblázat):

- 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 kibusz*: 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 kibusz*: többnyire ráhordó szolgáltatás kijelölt útvonalon, kijelölt megállók kiszolgálásával, kötött alapmenetrenddel, azonban igény esetén kisebb követési idővel.



5.1 ábra: Mobilitási szolgáltatástípusok

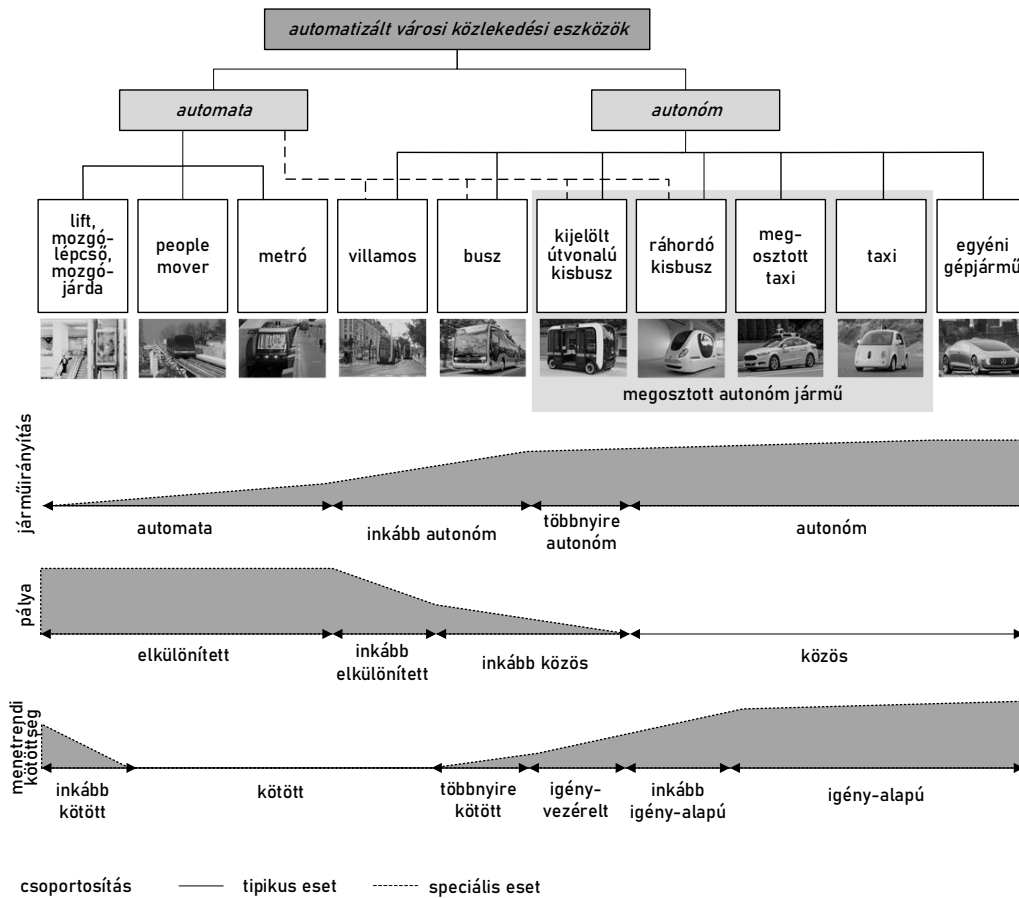
5.1 táblázat: A mobilitási szolgáltatástípusok jellemzői

Jellemzők	S_1 taxi	S_2 megosztott taxi	S_3 ráhordó kibusz	S_4 kijelölt útvonalú kibusz
járműkapacitás	személyautó	személyautó	kibusz	kibusz
megosztás	nincs	van	van	van
jelleg	háztól-házig	háztól-házig	ráhordó/elhordó	ráhordó/elhordó
igénykezelés	kereslet alapú	kereslet alapú	inkább kereslet alapú	kereslet vezérelt
menetrend	nincs	nincs	részben-kötött (átszállás biztosítás)	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

Az alacsony lakossűrűségű területen elsősorban háztól-házig jellegű, míg magas lakossűrűségű területen ráhordó jellegű szolgáltatások várhatók (*Owczarzak and Zak, 2015*). A szolgáltatások a következő járműtípusokra építhetők: személyautó (maximum 4 utas) és kibusz (8-15 utas); a díjtételek a szolgáltatás típusától, valamint az aktuális igényektől és kapacitástól is függenek. A dinamikusan változó díjak az igények és a kapacitások összerendezésének eszköze. Bár a tervezési funkciók hasonlóak a hagyományos járműves szolgáltatásokéhoz, a technikai fejlődés miatt új módszerek kidolgozása is szükséges. A járművezetőkre vonatkozó előírások figyelmen kívül hagyhatók, a személyzet csökkenése mind az üzemeltetés (pl. töltés), mind az utaskezelés során (pl. tájékoztatás) új megoldásokat igényel. Meghatároztam az automatizált városi közlekedési eszközök használatának jellemzőit, majd csoportosítottam azokat (5.2 ábra).

Megállapítottam, hogy minél inkább kereslet alapú egy szolgáltatás, annál inkább jellemző az autonóm járműirányítási jelleg. Továbbá, ha a pálya elkülönített, az

autonóm jelleg kevésbé szükséges. Például, az autóbuszok járműirányítás szerint többnyire autonómok (lesznek), de bizonyos körülmények között, amikor a pálya elkülönített (pl. BRT rendszereknél) az automata jellemző is megfelelő.



5.2 ábra: Az automatizált városi közlekedési eszközök és szolgáltatások csoportosítása

5.2. Utazói elvárások

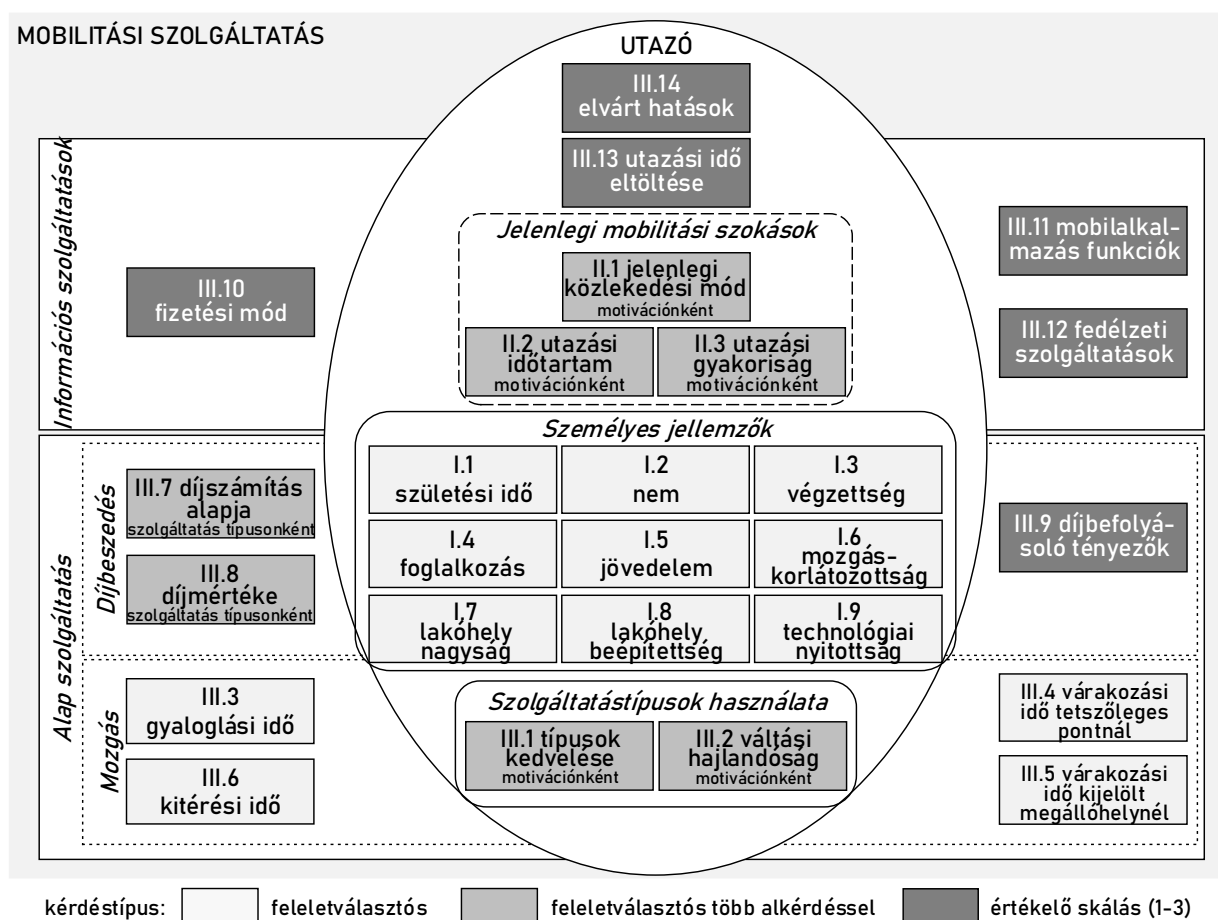
Az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatásokra a fejlesztések korai fázisa jellemző, ezért az utazóknak csak sejtéseik, elképzeléseik lehetnek a járművekről és a mobilitási szolgáltatásokról. A tapasztalat hiánya miatt a meglévő, hagyományos szolgáltatásokhoz hasonlítják ezeket a megoldásokat. Az elfogadhatóság a használati hajlandóságot, az elfogadás a használat utáni véleményt írja le (*Merat et al., 2017*). Az egyének jelenlegi utazási szokásai befolyásolják a megosztott autonóm járműves mobilitási szolgáltatás választási hajlandóságát. A közforgalmú közlekedést használók váltanának a legkevésébe (*Krueger et al., 2016*). A járművek kipróbálásával fokozódik a felhasználói bizalom (*Merat et al., 2017*), azonban az utazók a személyzet hiányát nyugtalanítónak ítélik (pl. védelem szempontjából) (*Piao et al., 2016*). A jelenlegi tesztjellegű automatizált kisbuszos szolgáltatások jellemzői általában még nem felelnek meg a felhasználói elvárásoknak; többek között az alacsony utazási sebesség miatt. Az utazói felmérések általában csak egy-egy részterületre vonatkoznak, nem terjednek ki a mobilitási szolgáltatással összefüggő valamennyi területre.

Kidolgoztam a *felhasználói elvárásokat felmérő rendszerszemléletű adatgyűjtési és feldolgozási módszert*. Kérdőíves felméréssel vizsgáltam az utazók általános

véleményét az autonóm járművekre vonatkozóan, valamint az új mobilitási szolgáltatásokkal kapcsolatosan kinyilvánított preferenciákat (5.2 melléklet). A tématerület újszerűsége és ismeretlensége kihívást jelentett a kérdőív összeállítása során; a kérdéseket úgy kellett összeállítani, hogy kevés háttértudással is megválaszolhatók legyenek, ugyanakkor releváns következtetések levonását is lehetővé tegyék. A kérdéseket a következő csoportokba soroltam:

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

Olyan kérdéseket fogalmaztam meg, amelyekből adatokat lehet kinyerni a tervezéshez (5.3 ábra).



5.3 ábra: A kérdőív szerkezete

A kérdéseket alcsoportokba rendeztem aszerint, hogy a felhasználó személyes jellemzőire és a jelenlegi, illetve jövőbeli utazási jellemzőire (szolgáltatástípusok használati hajlandósága) vonatkoznak. További csoportosítási szempontként tekintettem, hogy alapszolgáltatási (mozgás vagy díjbeszedés) vagy információs szolgáltatási jellemzőkre vonatkozik-e. Egy jellemző, mint változó, számos értéket felvehet; az értékek a kérdések különböző válaszlehetőségeihez tartoznak. 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). Meghatároztam a jelenlegi személyes és utazási szokásjellemzők, valamint a jövőbeli elvárt mobilitási

szolgáltatás jellemzők közötti összefüggéseket. Erős a kapcsolat a jellemzők (kérdések) között, ha az egyik kérdés valamely válasza egyértelműen meghatározza a másik kérdés valamely válaszát.

Az autonóm járművel való utazási hajlandóság kedvező. A válaszadók több, mint 50%-a habozás nélkül, 37%-uk az elterjedésük után, 8,4%-uk pedig egy megbízható ismerősük pozitív tapasztalata után ki is próbálná. Mindössze a válaszadók 3,6%-a nem utazna autonóm járművel. *A technológiai nyitottság jelentősen befolyásolja a kipróbálási hajlandóságot*, ami egybevág a szakirodalommal (Nordhoff et al., 2016). Például, az „igen, habozás nélkül” kipróbálná lehetőséget a technológiailag nyitott válaszadók 63%-a, míg a részben nyitott válaszadóknak csupán a 25%-a választotta. Az utazói elvárások feltárt összefüggéseit a *tervezési funkciókhoz* illeszkedően mutatom be.

Szolgáltatástípus kiválasztása: a motiváció és a szolgáltatástípus preferencia között erős a kapcsolat. 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 (5.3 melléklet). *A jelenlegi módhasználat és a preferált szolgáltatástípus közötti kapcsolat erős*, amit a szakirodalom is alátámaszt (Madigan et al., 2016). 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. A váltási hajlandóság munka motiváció esetén az egyéni gépjárművet használók körében a legnagyobb.

Megálló/útvonal kijelölése: az útvonal és megálló kijelölését a gyaloglási hajlandóság befolyásolja. A válaszadók általánosan 280 métert hajlandók gyalogolni. Ez az érték a jelenlegi autóbuzsós szolgáltatásokra jellemző átlagosan 400 méteres¹ gyaloglási hajlandóságához képest jelentősen kisebb. *A válaszadók jobb térbeli lefedettséget várnak el kis kapacitású, autonóm járműves szolgáltatásoktól. Az életkor, a lakóhely nagyság, valamint a jelenlegi módhasználat befolyásolja a gyaloglási hajlandóságot.* A fiatal generáció tagjai, a nagyvárosi agglomerációban élők és a jelenleg közforgalmú közlekedést választók az átlagosnál többet hajlandók gyalogolni.

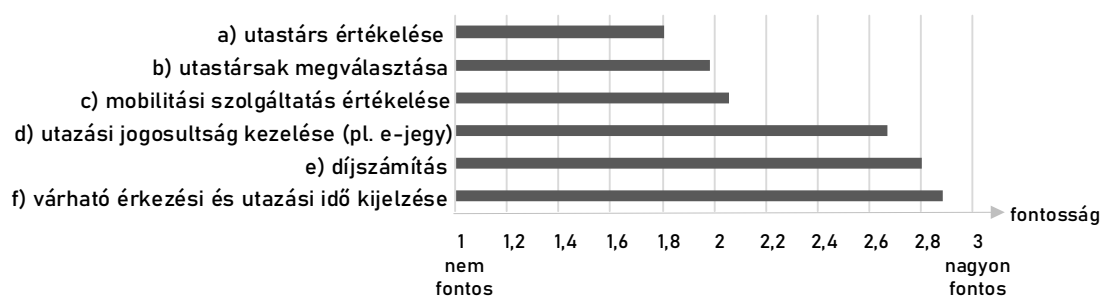
Kapacitás tervezése: a menetrend és a járműszám tervezését a várakozási hajlandóság befolyásolja. Házhöz jövő szolgáltatástípusok esetében (S_1 - S_3) a rendeléstől a jármű érkezéséig a várakozási hajlandóság átlagosan 7,4 perc. A rövid kiállási idő az igények előrejelzésével és a járművek térbeli elosztásával érhető el. *A jelenlegi mód használat és várakozási idő között erős a kapcsolat.* A gyalogosan vagy egyéni gépjárművel közlekedők az átlagosnál kevesebbet, míg a közforgalmú közlekedéssel utazók az átlagosnál kismértékben többet hajlandók várakozni.

Díjbeszedés tervezése: a tarifarendszer kialakítását a díjszámítás jellemzőire vonatkozó elvárások befolyásolják (díjszámítás alapja, díj mértéke, díjmértékét befolyásoló tényezők). A díjszámítási alap lehet időtartam, távolság, vagy egy utazás. *Népszerű az egy utazáshoz tartozó díjszámítási alap, ami a távolságtól és az időtartamtól is független.* Ez azzal magyarázható, hogy Magyarországon a városi közlekedésben ez a díjszámítási alap a jellemző, és így könnyű előre tervezni az

¹ <http://www.ciht.org.hk/en/knowledge/publications/technical-guidelines.html>

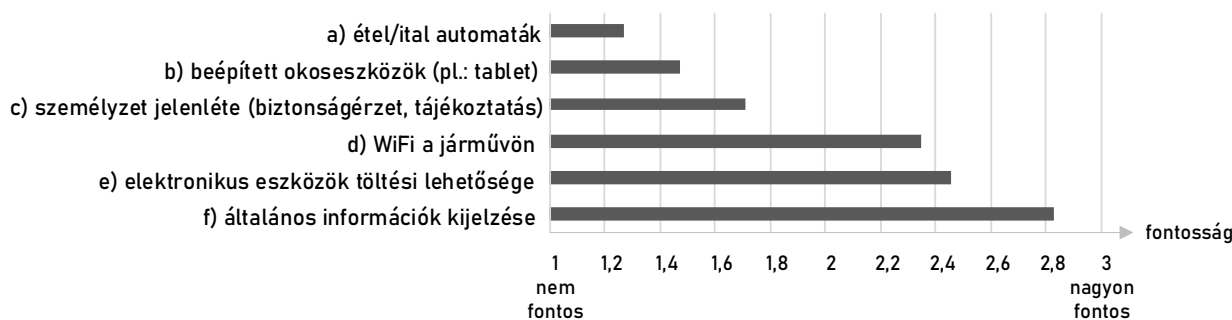
utazási költséget. Kivételt képez a megosztott taxi (S_2), ahol nagy arányban választottak más díjszámítási alapot (a kitöltők 50% a távolság alapú díjszámítást választott). A rugalmasabb szolgáltatástípusokért (S_1 , S_2) a válaszadók többet hajlandók fizetni, mint a kötöttebb típusokért (S_3 , S_4) (5.4 melléklet). A születési idő jelentősen befolyásolja a választott díj mértéket. Szemben korábbi eredményekkel (Kockelman et al., 2016) a fiatalabbak magasabb díjat hajlandók fizetni, mint az idősebbek.

Mobilalkalmazásos információs szolgáltatások tervezése: a szolgáltatás használatával közvetlenül összefüggő funkciók (d-e) rendkívül fontosak, míg a szolgáltatás minőségével összefüggő funkciók egy része (a-c) kevésbé fontos (5.4 ábra).



5.4 ábra: Mobilalkalmazás funkciók fontossági sorrendje

Fedélzeti szolgáltatások tervezése: az utazáshoz közvetlenül kapcsolódó tájékoztatás (f), valamint a saját okos eszköz használatát támogató megoldások (d, e) a legfontosabbak (5.5 ábra). Szemben korábbi eredményekkel (Piao et al., 2016), a válaszadók nem tartják fontosnak a személyzet jelenlétét, amit a mozgássérült és a látássérült válaszadók is csak kismértékben ítélték fontosabbnak. (A válaszadók 6%-a vallotta magát mozgásában vagy látásában korlátozottnak.). Az utaskényelmi szolgáltatások tervezését az utazás közben szívesen végzett tevékenységek gyakorisága is befolyásolja.



5.5 ábra: Fedélzeti szolgáltatások fontossági sorrendje

Járműmozgás tervezése: a hasznos járműmozgások tervezését az utastársért történő kitérés hajlandóság is befolyásolja. A válaszadók átlagosan 6,8 perccel hajlandók többet utazni utastársak felvételéhez/leadásához átlagos városi, ráhordó utazások esetében.

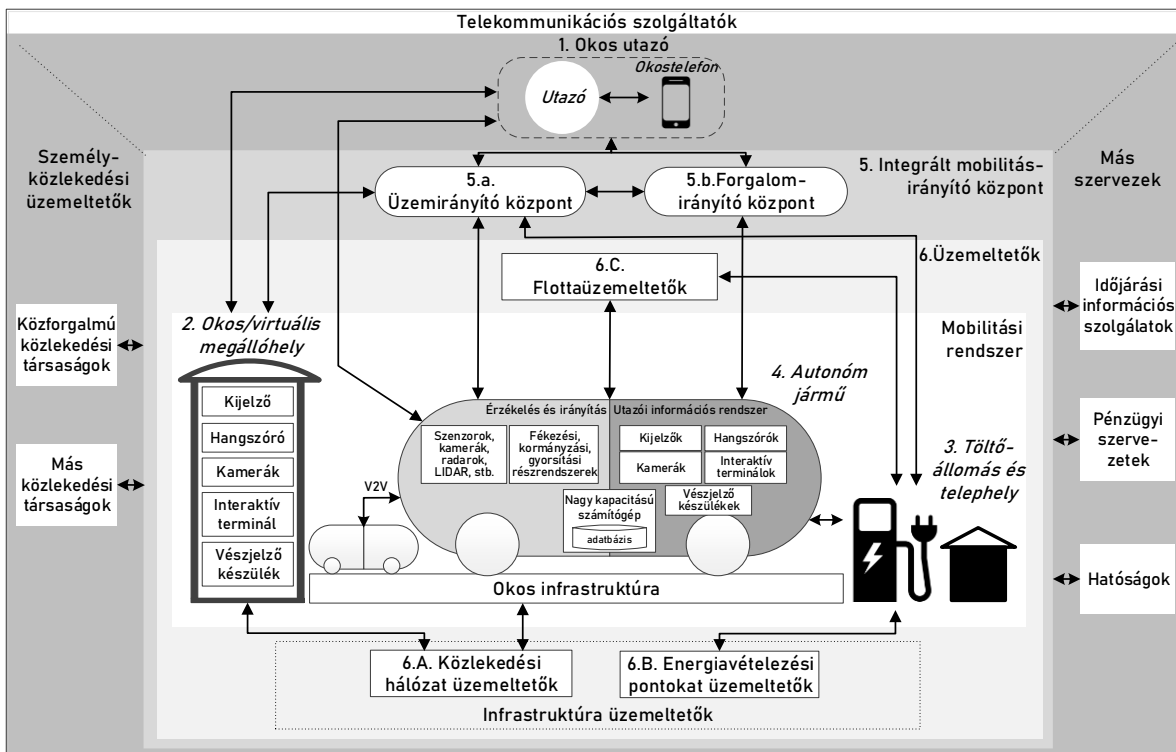
Az eredmények a mobilitási szolgáltatás alapfolyamatának és az információkezelési folyamatoknak a tervezésénél hasznosíthatók.

5.3. Szerkezeti modell – automatizálási szintek

A jelenlegi automata közforgalmú rendszereknél a gépi intelligencia (nagy számításigényű információkezelési folyamatok és az azt végrehajtó alrendszerek) nagyobb arányban az infrastruktúrában található, a jármű az infrastruktúrától érkező parancsokat hajtja végre (pl. automata metró). Az automata rendszerek telepítése nagy utazási igények esetén gazdaságos. Az autonómjármű-fejlesztések az intelligenciát elsősorban a járműbe helyezik, azonban fokozható a gazdasági hatékonyság, ha az intelligencia egy része az infrastruktúrába kerül (*Gerla et al., 2014*). Ehhez alapvető a V2X járműkommunikációs technológia fejlesztése és szabványosítása (*Lotz, 2013*).

Az autonóm közúti járművekre épülő közlekedési rendszer összetevőinek és az azok közötti információs kapcsolatoknak az azonosítását követően dolgoztam ki a *szerkezeti modellt* (5.6 ábra). Az autonóm járművek (4), amelyek önálló döntéshozatalra képesek, kognitív és öntanuló képességeiket használják, érzékelik az eseményeket, megértik a szituációkat és megfelelő választ adnak rá. A járművek üzemeltetői köre változatos lehet, azonban a mobilitási szolgáltatás szabályozott. Bár a járművek a forgalmi helyzetekben önállóan döntenek, *a mobilitási szolgáltatás szervezéséhez és üzemirányításához szervezeti fejlesztések és integrált mobilitásirányító szervezet létrehozása szükséges. Az integrált mobilitásirányító központ* (5) szervezi és kezeli a közlekedéssel összefüggő feladatokat (pl. parkoló- és rakodóhelyek, energiatöltő állomások foglalásainak kezelése), beszedi az infrastruktúrahaználati és energiavételezési díjakat és koordinálja a többi központ működését. Alrendszerei:

- az autonóm járműves mobilitási szolgáltatás üzemirányító központja, és
- a forgalomirányító központ(ok).



5.6 ábra: Az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás szerkezeti modellje

Az *üzemeltetők irányító központjai* (6) adatokat gyűjtene az aktuális jellemzőkről, működtetik a létesítményeket és a járműveket, valamint szervezik és ellenőrzik a karbantartási feladatokat. A legfontosabb üzemeltető típusok:

- A. közlekedési hálózat üzemeltetők,
- B. energiavételezési pontokat üzemeltetők,
- C. flottaüzemeltetők.

A járműmozgások szervezéséhez és irányításához 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. A forgalomirányítási és az üzemirányítási tevékenységek közötti információáramlás és együttműködés jelentősége nő.* Fokozódik az információáramlás a szállítás tárgya, azaz az áru, az utazó (1) és a szállítást végző jármű/szervezet között. Az adatfeldolgozásnál újszerű módszerek (pl. mesterséges intelligencia) terjednek el. A központok információkezelési műveletei is nagy mértékben automatizálttá válnak (*Wang et al., 2006*); azonban néhány funkciónál továbbra is szükséges a diszpécseri közreműködés részben átalakuló feladatkörökkel (pl. vészhelyzetek kezelése). Az üzemeltetési feladatoknál is egyre jelentősebb az automatizálás; például a töltőállomásokon és a telephelyeken (3). Az okos infrastruktúra alrendszerhez tartozik az okos villamosenergia-hálózat, mely mérsékli az energia kereslet és kínálat közötti, időben is változó különbségeket. Az utasáramlatok az okos, illetve a virtuális megállóhelyeknél (2) lépnek be- és ki a rendszerbe/-ből.

A technológiai fejlesztések (pl. automatizálás) célja az üzemeltetési hatékonyság és a kényelem fokozása, miközben a felhasznált erőforrásokat (pl. energia, idő, költség) csökkentjük. Számos utaskezelési, üzemeltetési és karbantartási folyamat is automatizálható (*Chen et al., 2016*). A jelenlegi, széles körben elfogadott automatizálási szintek a járműirányítás jellemzőit írják le. A mobilitási szolgáltatásokat leíró komplex automatizálási szinteket még nem határoztak meg. *A mobilitási szolgáltatások automatizáltsági jellemzőit komplex módon leíró értékelő módszert dolgoztam ki, amellyel a szolgáltatás tervezési, irányítási és utaskezelési funkciók jellemezhetők.*

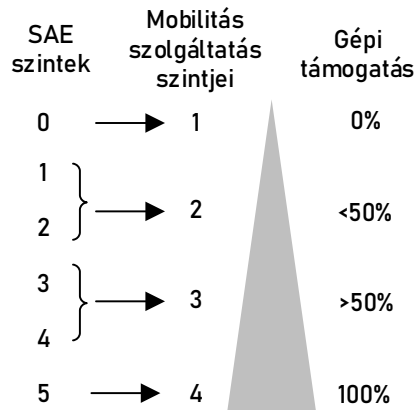
Az autópályán a járműirányítás automatizálásánál 4-5 szintű kategóriába sorolást alkalmaznak a SAE szintek² és a BAST szintek (*Gasser et al., 2012*) szerint. Az UITP (Union International des Transport Public) szervezet által a kötöttpályás közlekedési eszközök automatizálást leíró ún. GoA szintek³ (Grade of Automation – automatizálási osztály) esetében azonban már más funkciókat is figyelembe vesznek a járműirányítás mellett (pl. ajtók nyitása/zárása). Az IEC 62290-1:2014 szabvány⁴ szintén kötöttpályás járművek számára fogalmazza meg az automatizált irányításra vonatkozó előírásokat. A SAE eredetileg hat szintet definiál az egyáltalán nem automatizált irányítástól, a minden körülmények között autonóm járműirányításig

² SAE International. 2018. Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems, Report No. J3016_201806. https://www.sae.org/standards/content/j3016_201806/

³ UITP (Union International des Transport Public) International Association of Public Transport. 2011. Press Kit Metros automation facts, figures and trends. Report <http://www.uitp.org/metro-automation-facts-figures-and-trends>

⁴ IEC, International Electrotechnical Commission. IEC 62290-1:2014 standard. Railway applications – Urban guided transport management and command/control systems – Part 1: System principles and fundamental concepts, Report <https://webstore.iec.ch/publication/6777>

terjedően. Ezek a szintek leegyszerűsíthetők négy szintre a gépi támogatás mértéke alapján (5.7. ábra).



5.7. ábra: Automatizálási szintek a gépi támogatás mértéke alapján

A funkciókhoz automatizálási szintet rendeltem, aminek a jelölése: $a_{c,f}$ ahol c a funkció-kategória indexe $c = 1,2,3$, míg f a funkció indexe $f = 1..F$. Az automatizálási szintek leírását funkció-kategóriánként táblázatokban foglaltam össze:

1. szolgáltatástervezés és -szervezés (5.5 melléklet),
2. irányítás (5.6 melléklet),
3. utaskezelés (5.7 melléklet).

A táblázatok sorfejléceiben a funkciók, míg oszlopfejléceiben az automatizálási szintek szerepelnek. A cellák a funkciók adott automatizálási szintre vonatkozó jellemzőit tartalmazzák. Az automatizálási szintek meghatározását és leírását irodalmi források (Beiker, 2016; Grossardt and Bailey, 2018; Mulley et al., 2017; Olivková, 2017), szabványok, úgymint SAE és GoA, valamint saját tapasztalatok alapján végeztem el. Bizonyos funkciók (pl. jogosultság ellenőrzés, fel- és leszállás kezelése) esetében nem lehet minden szintet definiálni, mivel a funkció fejlődésében nincs négy fokozat. Ilyen esetekben szinteket vontam össze.

A funkciókhoz tartozó automatizálási szintek aggregálásával *funkció-kategória automatizálási szintet* (a_c) vezettem be. Az azonos jellegű funkciók automatizáltságának együttes mértékét súlyozott összeg modell alkalmazásával számítom (5.1). A súlyokkal az egyes funkciók adott kategórián belüli jelentőségét fejezem ki. Azonos szolgáltatástípusok összehasonlításakor az azonos funkciókhoz tartozó súlyok megegyeznek. A kidolgozott módszer korlátja, hogy a súlyok beállítása manuálisan, feltételezések figyelembevételével lehetséges.

$$a_c = \sum_{f=1}^F a_{c,f} \cdot w_{c,f} \quad (5.1)$$





ahol $a_{c,f}$ a funkció automatizálási szintje $a_{c,f} \in [1..4]$, $w_{c,f}$ a funkció súlya $\sum_f w_{c,f} = 1$.

A *mobilitási szolgáltatás komplex automatizálási szintjét* (a) a funkció-kategóriák automatizálási szintjének aggregálásával számítom (5.2). Az általános leírás érdekében ebben a lépésben eltekintettem a súlyok alkalmazásától. Az egész számra lefelé kerekítéssel kifejezhető, hogy a szolgáltatás még nem érte el a magasabb automatizálási szintet.

$$a = \left[\frac{1}{3} \sum_{c=1}^3 a_c \right] \quad (5.2)$$

A módszer alkalmazásával egy-egy mobilitás szolgáltatás automatizáltsági fejlettsége egyetlen számmal leírható. A bevezetett komplex automatizálási szintekhez általános leírást készítettem, követve a SAE és GoA szabványok logikáját és tartalmát, valamint a helyzetfeltárás eredményeit (5.2 táblázat).

5.2 táblázat: Komplex automatizálási szintek leírása

Szint	Megnevezés	Leírás	Döntéshozó és végrehajtó elem
1	Nincs automatizálás	A funkciókat humán szereplők (utas, sofőr, egyéb személyzet) végzik. Az ember felelős a végrehajtásáért, nincs gépi támogatás.	
2	Gépi támogatás	Az emberi munkavégzés/gondolkodás géppel támogatott, az emberi műveletek mértéke jelentős.	
3	Részleges automatizálás	A funkciók jelentős részét gép végzi. A személyzet ellenőrzi a folyamatokat.	
4	Teljes automatizálás	A funkciókat teljes mértékben gépek végzik. A személyzet csak felügyeli a folyamatokat.	

Egy-egy funkció automatizálási szintje az alfunkciók értékelésével pontosítható. Az alfunkciókhoz is automatizálási szinteket rendeltem, melyeknek jelölése: $a_{c,f,s}$, ahol s az alfunkció indexe $s \in [1; 2; \dots; S_f]$. Ekkor a funkciók automatizálás szintje az alfunkciók automatizálási szintjének súlyozott összegeként számítható (5.3). Így a súlyokkal az alfunkciók fontossága is kifejezhető.

$$a_{c,f} = \sum_{s=1}^{S_f} a_{c,f,s} \cdot w_{c,f,s} \quad (5.3)$$

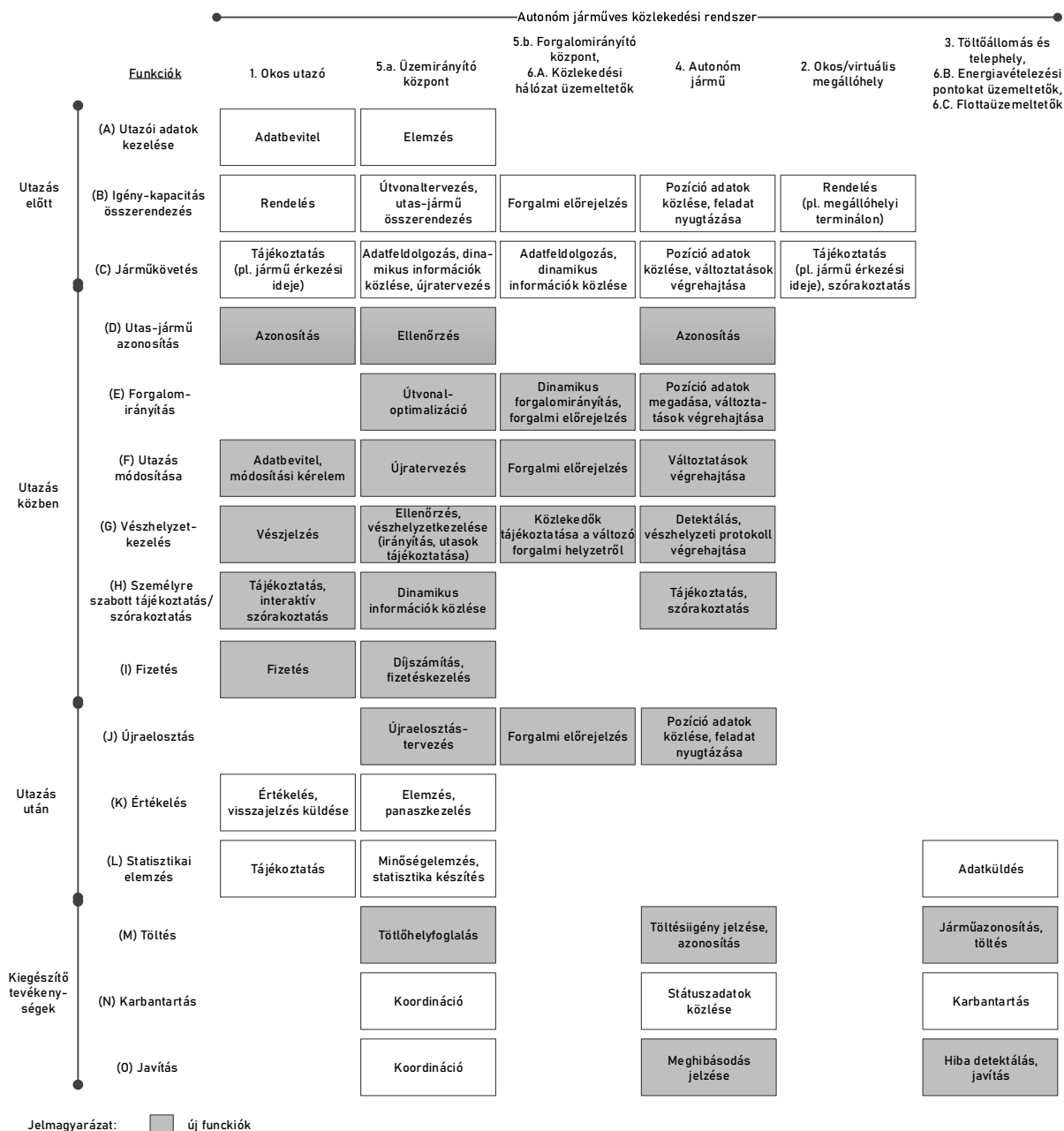
ahol $w_{c,f,s}$ az s alfunkció súlya f funkción belül ($\sum_s w_{c,f,s} = 1$).

Az automatizálás eredményessége nagy mértékben függ az utazói elfogadástól. Utasközpontú megközelítést követve az utaskezelési funkciókat alfunkciókra bontottam és meghatároztam az automatizálási szinteket (5.8 melléklet).

A bevezetett módszer mobilitási szolgáltatások elemzéséhez, összehasonlításához és a fejlesztési irányok azonosítására alkalmazható. A módszerrel jellegzetes mobilitási szolgáltatásokat értékeltem (5.9 melléklet). Megállapítottam, hogy általában a mobilitási szolgáltatásokat nemcsak bizonyos funkciókra vagy funkció-kategóriákra fókuszáltnak, hanem integrált szemléletben fejlesztik; ugyanakkor számos funkciónál jelentős automatizálási potenciált azonosítottam (pl. jogosultság ellenőrzés, fel- és leszállás kezelése).

5.4. Működési modell - hatások

Az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatás működési modelljében (5.8 ábra) megmutattam, hogy a közvetlen résztvevők (információkezelő elemek), mely információkezelési folyamatban (funkciók) vesznek részt. A sorfejlécek (funkciók) sorrendje az időbeli/logikai függőséget is szemlélteti.



5.8 ábra: A közúti autonóm járművekre épített mobilitási szolgáltatás működési modellje

A legjelentősebb változások a következő funkciók esetében következnek be (*Kashani et al., 2016*):

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

Az üres járművek a térbeli újraelosztás során olyan helyszínre irányíthatók, ahol nagy valószínűséggel keletkezik új utazási igény; így a kiállási idő minimalizálható. Az intelligens távfelügyelet (szenzorérzékelés, kamerarendszer) szavatolja a személy-, forgalom- és üzembiztonságot. Az utas-jármű azonosítás, valamint az utazási jogosultság ellenőrzése új módszerek alkalmazását igényli (pl. applikáción keresztül kód megadása, ujjlenyomat használata). A személyzet jelentősége csökken, a szerepek átalakulnak. Jellemzően felügyeleti funkciókat látnak el. A személyzet

szerepe a zavarok kezelésében kiemelt fontosságú lesz a jövőben is, elsősorban a biztonságkritikus helyzetekben. Újszerű, vezeték nélküli vagy pantográfós automata töltési technológia alkalmazásával a személyzet száma a töltési folyamatnál is csökkenthető. Az autonóm járműves szolgáltatások esetében, *a közlekedéstervezési részfeladatoknál a következő fő különbségeket* azonosítottam a hagyományos szolgáltatásokhoz képest:

- forgalom-keltés: az utazási igények jellemzői ismertek,
- forgalom-megosztás: a közlekedési módok köre átalakul, a járműtulajdonlás kevésbé lényeges,
- forgalom-ráterhelés: a forgalomirányítás és az üzemirányítás együttműködése szorosabb; a valós idejű forgalom-ráterhelés és -előrejelzés jelentősége megnő.

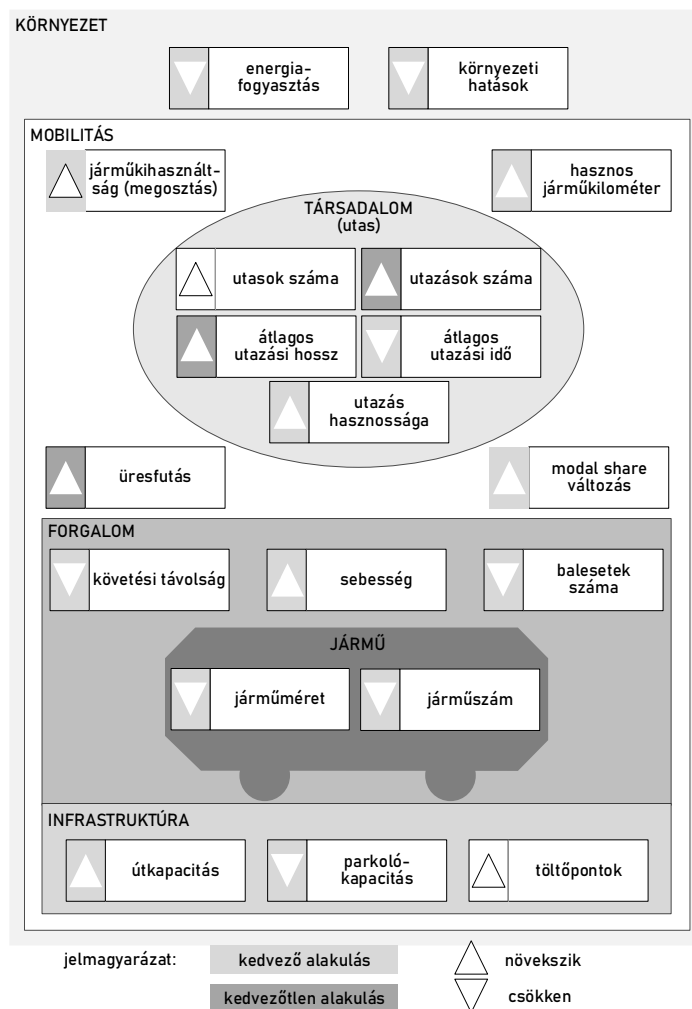
A bemutatott modelljeim felhasználásával egy olyan számítási módszert dolgoztak ki, amely a városi járműmozgások trajektória adatai alapján megadja az adott idő alatt elérhető terület nagyságát, nemcsak statikus hálózati, hanem az aktuális forgalmi adatok szerint (*Tang et al., 2020*). Egy másik felhasználás során egy szimulációs optimalizáló eljárást fejlesztettek a kereslet vezérelt mobilitási szolgáltatások üzemeltetési jellemzőinek (pl. követési időköz, flottanagyság) meghatározására a rendszerszintű költségek minimalizálása mellett (*Markovic et al., 2019*).

Feltártam a hatásterületeket. A hatások a következő területeken jelentkeznek: társadalom (jellemzően az utazónál), mobilitás, forgalom, infrastruktúra és a tágabb értelemben vett környezet (5.9 ábra). Jelöltem az egyes területeken a változás irányát, valamint, hogy a változás kedvező-e. Jellegzetes változások:

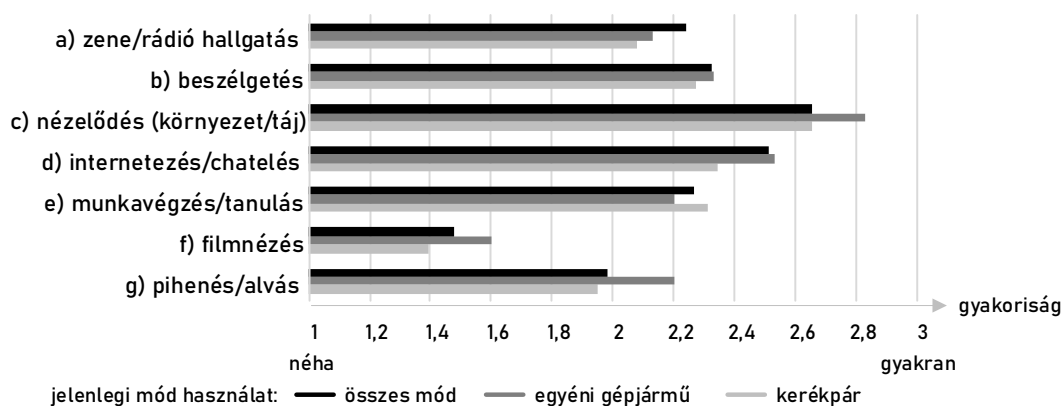
- a mobilitási szokások átalakulnak, az utazási igények mértéke nő (utazások száma, távolsága és ideje) (*Gruel and Stanford, 2016; Fagnant and Kockelman, 2015*),
- az új mobilitási szolgáltatások következtében az egyéni gépjárműhasználat csökken; a járművek napi futásideje, futásteljesítménye és kapacitáskihasználása növekszik, a járműszám csökken, az üresfutás-teljesítmény nő (*Chen et al., 2016; Bischoff and Maciejewski, 2016; Spieser et al., 2014*),
- a személyes jellegű mobilitás több utazó (újabb felhasználói csoportok – pl. idősek, gyermekek, fogyatékkal élők) számára válik elérhetővé,
- a járművek energiafelhasználása az energiatakarékos járműirányítás hatására kedvezőbbé válik, így a közlekedés környezeti hatásai csökkenthetők,
- a járművek mérete csökken, a járművek kialakítása (pl. utastér) megváltozik,
- az utazás teljes egyéni hasznossága nő – a vezetési művelet kiváltásával felszabaduló idő (*Malokin et al., 2015*); olyan tevékenységekkel tölthető (pl. alvás), ami korábban nem volt lehetséges. Azonban meglepő, 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*).

A kérdőíves felmérés alapján, az utazás közben szívesen végzett tevékenységek gyakoriságát az 5.10 ábra mutatja (külön is kiemeltem a jelenleg egyéni gépjárművel vagy kerékpárral közlekedők véleményét, hiszen ők jelenleg a vezetési művelet miatt korlátozottan képesek más tevékenységet végezni). Az *a-b* tevékenységet vezetés közben is, míg a *c-g* tevékenységet csak utasként lehet végezni. *Azok a tevékenységek, amelyek jelenleg is végezhetők vezetés közben, továbbra is*

népszerűek maradnak (a, b); hasonlóan a szakirodalmi eredményekhez (Kockelman et al., 2016). Egyes tevékenységek, amelyek vezetés közben korlátozottan, vagy egyáltalán nem végezhetők, a jövőben népszerűvé válnak (c, d, e). Szemben a korábbi eredményekkel (Cyganski et al., 2015) a jelenleg egyéni gépjárművet használók gyakran dolgoznának/tanulnának (e) és interneteznének (d). A jelenleg kerékpárral közlekedők kiugró gyakorisággal nézelődnének (c). Ez magyarázható azzal, hogy a biztonságos kerékpározás folyamatos figyelmet igényel, ezért a nézelődésre már nem marad lehetőség.



5.9 ábra: Az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatások várható hatásai



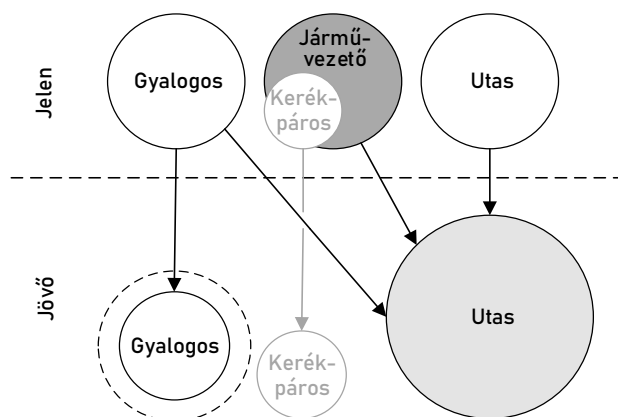
A *területhasználat átalakul*. Mivel az utazási idő hasznosabban és/vagy kellemesebben tölthető el, így nagyobb távolságokról is megvalósulnak napi ingázások, ami átalakíthatja a településszerkezetet. Az infrastruktúrával kapcsolatos hatások a következők:

- az úthálózat átbocsátóképessége nő, a követési távolság csökken, a forgalmi jellemzők megváltoznak, a sebesség nő, a balesetek száma csökken (*Tettamanti et al., 2016; Gál és Sipos, 2018; Miglani and Kumar, 2019*),
- a forgalomirányítás megváltozik (*Pereira et al., 2017*); pl. kevesebb közúti jelzés várható, azonban a sérülékenyebb közlekedők (gyalogos, kerékpáros) miatt továbbra is szükségesek,
- kevesebb parkolóhely is elegendő (*Alessandrini et al., 2015; Zhang et al., 2015*) (a járművek több időt töltenek a forgalomban, tárolásnál szorosan egymás mellé állíthatók stb.), a töltési pontok száma nő.

A közúti infrastruktúra elemek időalapja megosztható a funkciók között:

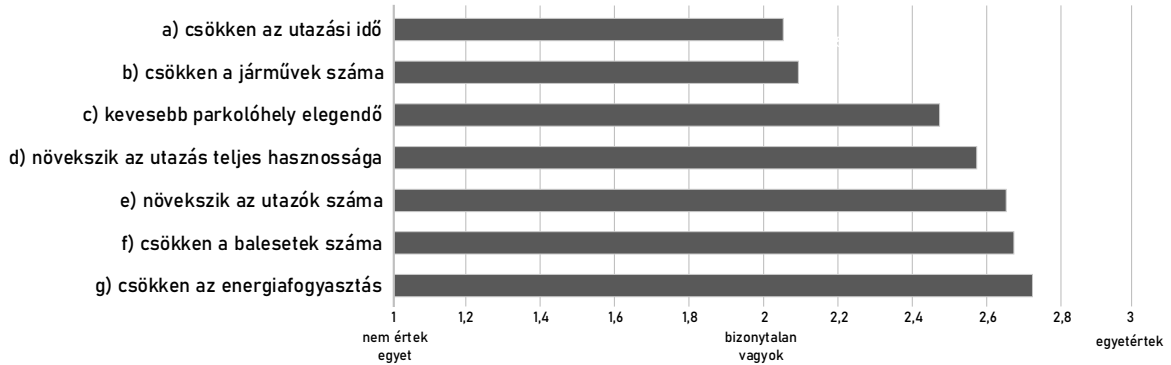
- állóhelyek: városi logisztika (ki- és berakodás), autonóm járművek be- és kiszállítási műveletei (virtuális megálló), parkolás, a járművek elektromos energia töltési műveletei,
- forgalmi sávok: parkoló, haladó forgalom.

Az *utazói csoportok átalakulnak*, amit az 5.11 ábrán szemléltettem. A körök mérete az utasszámmal arányos, egyúttal a változás mértékét is kifejezi. Az eddigi járművezetők is utassá válnak, valamint új felhasználói csoportok számára válik elérhetővé a személyes jellegű mobilitás. A gyalogosok száma csökkenhet, mivel az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások közvetlenebb eljutást biztosítanak. Ugyanakkor a lágy közlekedési módok növekvő népszerűsége miatt a gyalogosok számában jelentős mértékű csökkenés nem várható a jövőben.



5.11 ábra: Átalakuló utascsoportok

A hatások egy része (pl. járműkihasználtság növekedés, modal-share alakulása) befolyásolható a mobilitási szolgáltatás tervezésével a felhasználói elvárások ismeretében. A bemutatott kérdőíves felméréssel vizsgáltam az autonóm járműves közlekedés elvárt hatásait, valamint a váltási hajlandóságot a megosztott autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatásra. Az elvárt hatásokat értékelőskálás kérdéssel mértem, az értékelőszámokat átlagoltam (5.12 ábra). Az egyetértés mértékéből következtethető az elvárt hatás. A kitöltők leginkább az energiafogyasztás (g) és a balesetek számának csökkenését (f), valamint az utazók számának növekedését (e) várják, míg legkevésbé az utazási idő (a) és a járműszám (b) csökkenését.



5.12 ábra: A megosztott autonóm járműves közlekedéstől várt hatások

A kutatások során az egyes forgatókönyvekben 3-60% közé becsülték az önvezető járművek arányát a teljes flottán belül. Az utazói váltási hajlandóság vizsgálatánál a következő feltételezéseket vették figyelembe: mindenki vált a jelenlegi módról autonóm járműves szolgáltatásra; csak egy bizonyos szolgáltatástípusra váltanak; illetve csak az egyéni gépjármű használatról váltanak.

A modal share változás kvantitatív meghatározására olyan módszert fejlesztettem, amely a felhasználók kinyilvánított preferenciáit használja bemeneti adatként. A modal share, vagyis a közlekedési módok használatának százalékos megoszlása, többféle megközelítés szerint számítható (módonkénti utazások száma alapján, módonként elszállított utasok száma alapján, utasonkénti megtett távolság alapján). Mégis a leginkább kifejező eredményt az utasonként megtett távolság alapú számítás adja [utaskm]. A számítás során használt jelölések:

k válaszadó indexe $k \in \mathbb{N}$,

i jelenlegi közlekedési mód indexe $i = 1, 2, 3, 4$

(1: gyaloglás, 2: kerékpár, 3: egyéni gépjármű, 4: nagy kapacitású közforgalmú közlekedés),

j autonóm járműves szolgáltatástípus indexe $j = 1, 2, 3, 4$

(1: taxi, 2: megosztott taxi, 3: ráhordó kisbusz, 4: kijelölt útvonalú kisbusz),

m utazás motivációja $m = 1, 2, 3$

(1: munka/tanulás, 2: bevásárlás/ügyintézés, 3: szabadidős).

A felmérésből a következő változókat határoztam meg:

${}^k l^m$ k -adik válaszadó utazási távolsága i -edik móddal m -edik motiváció esetén [km],

${}^k f^m$ k -adik válaszadó utazási gyakorisága i -edik móddal m -edik motiváció esetén egy adott időintervallumon belül (pl. hónap) [utazások száma/hónap],

${}^k a_j^m$ k -adik válaszadó váltási hajlandósága i -edik módról j -edik típusra m -edik motiváció esetén [%].

${}^i M$ jelöli i -edik mód jelenlegi számított modal share értékét (5.4):

$${}^i M = \frac{{}^i L}{\sum_i {}^i L} \quad (5.4)$$

ahol ${}^i L$ az i -edik móddal megtett összes utazási távolság adott intervallumon belül [km] (5.5). Számítása során minden válaszadó utazási távolságát figyelembe vettem.

$${}^i L = \sum_m \sum_k {}^k l^m \cdot {}^k f^m \quad (5.5)$$

A jövőbeli modal share meghatározásához a jövőbeli összes utazási távolságot számítottam ki. ${}^iL_j^*$ jelöli j -edik típus jövőbeli összes utazási távolságát jelenlegi i -edik mód helyett (5.6) a válaszadók váltási hajlandósága alapján.

$${}^iL_j^* = \sum_m \sum_k {}^iI_k^m \cdot {}^iF_k^m \cdot {}^iA_{j,m}^m \cdot {}^iC \quad (5.6)$$

ahol iC egy korrekciós tényező. A tényező kifejezi a valós modal share (${}^iM_{real}$) és a számított modal share (iM) arányát (5.7). Alkalmazása akkor szükséges, ha a kérdőíves felmérés nem reprezentatív a jelenlegi modal share értékekre vonatkozóan. Az arányszámmal korrigálható az egyes módhasználatok alul vagy felül reprezentáltsága.

$${}^iC = \frac{{}^iM_{real}}{{}^iM} \quad (5.7)$$

${}^iL^*$ jelöli az i -edik móddal megtett jövőbeli összes utazási távolságot (5.8). Kifejezi az i -edik mód használatának mértékét (megtett utazási távolságban) a j -edik típusokra váltás után.

$${}^iL^* = {}^iL - \sum_j {}^iL_j^* \quad (5.8)$$

L_j^* jelöli az összes jövőbeli megtett utazási távolságot j -edik típussal (5.9) az összes jelenlegi közlekedési módról történő váltás figyelembevételével.

$$L_j^* = \sum_i {}^iL_j^* \quad (5.9)$$

Ezek alapján számítható ${}^iM^*$ a jövőbeli modal share i -edik módra (5.10) és M_j^* a jövőbeli modal share j -edik típusra (5.11).

$${}^iM^* = \frac{{}^iL^*}{\sum_i {}^iL^* + \sum_j L_j^*} \quad (5.10)$$

$$M_j^* = \frac{L_j^*}{\sum_i {}^iL^* + \sum_j L_j^*} \quad (5.11)$$

Amennyiben a jelenlegi i -edik módról a váltás $j=3$ vagy $j=4$ típusra történik, a jövőbeli mobilitási lánc kellően hosszú utazások esetében egy megosztott autonóm járművet igénybe vevő ráhordó szakaszból és egy nagy kapacitású közforgalmú közlekedési eszközzel végrehajtott szakaszból fog állni. A ráhordó szakasz utazási hosszát l_j jelöli. Ekkor a nagy kapacitású közforgalmú közlekedési eszközzel megtett távolságot ${}^iI_k^m - l_j$ fejezi ki. Az így keletkezett, nagy kapacitású közforgalmú közlekedésre vonatkozó kiegészítő összes utazási távolság az (5.12) egyenlet alapján számítható. Ez a távolság növeli az i -edik móddal megtett jövőbeli összes utazási távolságot. (${}^iL^*$)

$${}^iL_{j=3,4}^* = \sum_m \sum_k ({}^iI_k^m - l_{j=3,4}) \cdot {}^iF_k^m \cdot {}^iA_{j=3,4}^m \cdot {}^iC \quad (5.12)$$

A módszert a várható budapesti modal shift (változás) meghatározására alkalmaztam (5.10 melléklet). A kinyilvánított preferenciák alapján *megállapítottam, hogy az egyéni gépjárműhasználat jelentősen csökkenthető rugalmas, megosztott autonóm járműves szolgáltatással* (főként az S_1 és S_2 típusokkal).

Az autonóm járművek alkalmazhatók az áruszállításban is, pl. kisméretű csomagok szállítása (pl. UBEReats, Pickitapp). A járművek kombinált módon is alkalmazhatók. Egyrészt, a csomagszállítás lehet kiegészítő szolgáltatás a közforgalmú járművek üresfutásának csökkentése érdekében. Másrészt, a személyek és a csomagok egyidejűleg is szállíthatók (pl. Liftago).

5.5. Új tudományos eredmények

A technológiai fejlődés sok esetben választ ad a társadalmi és a fenntarthatósági elvárásokra, azonban gyakran újabb kihívásokat is előidéz. Az automatizált közúti járművekre épülő közlekedési rendszerek újszerű tervezési, üzemeltetési és információkezelési módszerekkel működtethetők. Az ezzel kapcsolatos utazói felmérések általában csak egy-egy részterületre vonatkoznak, nem terjednek ki a mobilitási szolgáltatással összefüggő valamennyi területre.

4. Tézis. Modelleztem az autonóm közúti járműveket alkalmazó közlekedési rendszer szerkezetét és működését. Megállapítottam, hogy az autonómia relatív fogalom; az autonóm járműves mobilitási szolgáltatás több, eltérő funkciójú irányító központ koordinált együttműködésével valósítható meg; a forgalomirányítási és az üzemirányítási tevékenységek a jövőben szorosabban összekapcsolódnak. A rendszermodellek alapján szimulációs eljárások és döntéselőkészítési modellek fejleszthetők.

1. Meghatároztam az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatástípusokat és azok jellemzőit.
2. A felhasználói elvárásokra (kinyilvánított preferencia) vonatkozó (kérdőíves) adatgyűjtő és -feldolgozó módszert fejlesztettem. Az elvárásokat a tervezési funkciók szerint elemeztem. Megállapítottam, hogy az utazók személyes és mobilitási szokásjellemzői jelentősen befolyásolják az autonóm járműves mobilitási szolgáltatásokkal szembeni elvárásokat.
3. A mobilitási szolgáltatások komplex automatizálási szintjét meghatározó módszert dolgoztam ki. A módszerrel szolgáltatástervezési, irányítási és utaskezelési funkciók értékelhetők. Megállapítottam, hogy általában a mobilitási szolgáltatásokat nemcsak bizonyos funkciókra vagy funkció-kategóriákra fókuszáltnak, hanem integrált szemléletben fejlesztik; ugyanakkor számos funkcionál jelentős automatizálási potenciált azonosítottam.
4. Kidolgoztam az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatás működési modelljét. Rendszerszemléletben azonosítottam a hatásterületeket. A felhasználói elvárásokat figyelembe vevő módszert fejlesztettem a modal share változás kvantitatív meghatározására. Megállapítottam, hogy az egyéni gépjárműhasználat jelentősen csökkenthető rugalmas, megosztott autonóm járműves szolgáltatással.

A fejezet eredményeihez és a tézishez kapcsolódó publikációk: *(Anis and Csiszár, 2019), (Csiszár és Földes, 2017, 2018a, 2018b), (Csiszár and Zarkeshev, 2017), (Csiszár et al., 2019d), (Földes és Csiszár, 2016b, 2016c, 2017, 2018b, 2018c, 2019), (Földes et al., 2018), (He and Csiszár, 2018a, 2018b), (Nagy és Csiszár, 2013a, 2013b), (Szigeti et al., 2017), (Zarkeshev and Csiszár, 2019a, 2019b, 2020).*

6.

Az utazóval kapcsolatos információkezelés fejlesztése

Az innovatív mobilitási szolgáltatások sikeressége az utazói elégedettségtől függ. Az utazót fel kell készíteni az új technológiával kapcsolatos alapvető ismeretekre, a szolgáltatások igénybevételére, a tudatos viselkedésre/döntésekre és a várható következményekre. Az embert a kommunikáció és a tanulási képességek tették az élővilág legfejlettebb lényévé (Tomasello, 2008). Az agy információtároló és -feldolgozó, valamint tanulási képességgel rendelkezik. Míg az agyi teljesítmény lassabb ütemben – több évezredes fejlődés során – érte el jelenlegi szintjét, addig az utóbbi alig néhány évtizedben a hardver eszközök és hálózatok tároló, feldolgozó és kommunikációs képessége nagyságrendekkel nőtt. A kezelendő információk mennyisége már lényegesen meghaladja az emberi agy lehetőségeit (Marois and Ivanoff, 2005). Ezért, továbbá kényelmi és biztonsági szempontok miatt, szükséges az agyon kívüli tároló és feldolgozó eszközök (számítógépek) alkalmazása.

Bevezettem az *okos utazó* fogalmat, ami lefedi a gyalogost, kerékpárost, utast és az egyéni gépjárművezetőt is. Ezekhez az utazói szerepkörökhöz eltérő információkezelési jellemzők (pl. gép által közölt információk aránya; a többi utazó viselkedéséből levezethető információk jelentősége; tanulási, helyzetfelismerési képesség jelentősége) tartoznak. Az okos utazó olyan ágens, aki egy multiágens környezetben működik. Az ágensek együtt, vagy egymástól függetlenül, netalán egymás ellenében hajtanak végre műveleteket. Gyakran szükséges a konfliktusok feloldása és a működés összehangolása. Az utazó különböző típusú, eltérő időbeli kihatású döntéseket hoz a rendelkezésre álló információk (pl. a szolgáltatás aktuális jellemzői) és a tapasztalata alapján (Chorus and Timmermans, 2011). A személyközlekedésben nagyon sok elem (jármű, utas stb.) működik együtt nagyon sok, a működést befolyásoló jellemzővel. Ezek az elemek fizikailag közel kerülnek vagy kapcsolódnak egymáshoz, majd elválhatnak egymástól (pl. utas-jármű, jármű-jármű kapcsolatok). A (potenciális) konfliktushelyzetek kezelését és a fizikai kapcsolatok kialakítását az elemekre vonatkozó információk kezelése támogatja. A lehetséges állapotok száma rendkívül nagy, ezért szükséges a tanulási képesség.

Az *utazói viselkedés és döntések* befolyásolják a közlekedés iránti keresletet, hiszen az igények az utazói aktivitásokból és azok helyszínéből vezethetők le (Coombes et al., 2003; Mahmassani et al., 2013; Mouratidis et al., 2019). A közlekedés szervezéséhez a közlekedési rendszerben és az utazói viselkedésben bekövetkező változások ismerete, illetve előrejelzése szükséges. A viselkedés

- információkezelésre és
- mozgási műveletekre bontható.

A motiváció a mozgás egyik legfontosabb tulajdonsága. *Célom volt olyan modellek és módszerek kidolgozása, amelyek alkalmazásával úgy fejleszthetők az információs szolgáltatások, hogy a célkitűzéseknek megfelelő befolyásolás legyen elérhető az utazóknál. Az új tudományos eredmények eléréséhez a következő kutatási kérdéseket fogalmaztam meg, melyekhez illeszkednek az alfejezetek:*

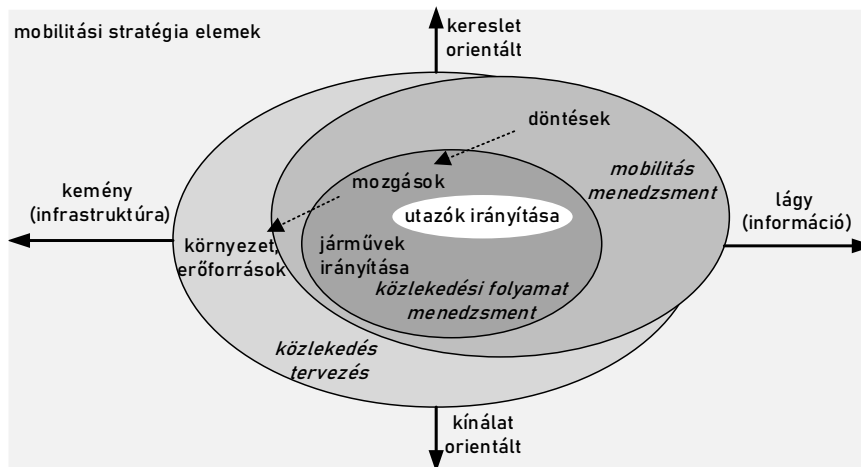
1. Milyen modellekkel írhatók le a multimodális mobilitásszervező és -irányító rendszer összetevői és működése? Milyen tényezők befolyásolják az eljutási lehetőségek kiválasztását?
2. Milyen szempontrendszer szerint és hogyan értékelhetők az utazót támogató mobil alkalmazások, az utazástervező funkció és az útvonaltervek?
3. Hogyan változnak az utazói képességek az utaskezelési funkciók automatizálásának hatására?

A következő lehatárolásokat tettem:

- Az utazó közeli gépi összetevőkre és információkezelésre fókuszáltam, különös tekintettel a gépi és a humán összetevők illesztésére.
- Az útvonalak értékelésénél és a módválasztás elemzésekor a fókusz a fenntartható közlekedési módokra helyeztem, így elsősorban a gyaloglást, a kerékpározást és a közforgalmú közlekedést vizsgáltam részletesen.
- Az utazói képeségek változásánál feltételeztem az autonóm járműves szolgáltatások és az automatizált információs szolgáltatások elterjedését.

6.1. A multimodális mobilitásszervező és -irányító alrendszer modelljei, eljutási lehetőség választás

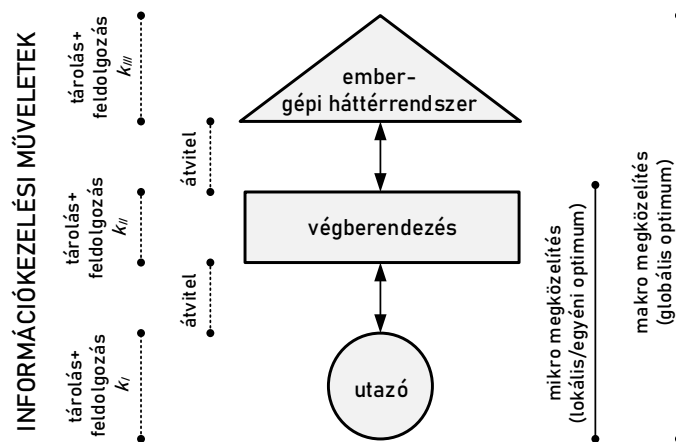
A mobilitási stratégia elemei vonatkozhatnak az infrastruktúra fejlesztésére (kemény elemek) vagy a működés és az információkezelés fejlesztésére (lágy elemek). *A multimodális mobilitásszervező és -irányító rendszer az infokommunikációs eszközökkel integrált személyközlekedés „utazó közeli” alrendszere, a kapacitás adatokat és az utazói igény adatokat rendeli egymáshoz; működtetése a mobilitás menedzsment feladatkörhöz tartozik, ami a kereslet orientált, lágy stratégiai elemek körébe sorolható (6.1 ábra). A tengelyeken lévő nyilak a stratégiai elemek arányának növekedését mutatják.*



6.1 ábra: A közlekedés üzemeltetési feladatok és a mobilitási stratégia elemek közötti összefüggések

Az okos utazó a közlekedés egy alrendszere (Lom, 2019), az interaktív végberendezésen elérhető funkciók segítségével kommunikál az integrált információs rendszer többi összetevőjével. A számítógép erőssége, hogy gyorsan, precízen „számol”, míg az ember erőssége, hogy gondolkodik, érez. A személymozgások az utazók döntéseinek következményei; a döntések a hatás időbeli érvényessége alapján típusokba sorolhatók (6.1 melléklet). Egyes mobilitási

szolgáltatásokat gyakran információk hiányában választanak, miközben kedvezőbb megoldások is elérhetők. A közlekedési igényekből a döntések eredményeként képződnek egyéni és kollektív, illetve gyalogos és járműmozgások (kereslet orientált megközelítés). Ezeket a forgalmi áramlatokat a természeti és társadalmi környezetbe illesztett közlekedési rendszer vezeti le. A közlekedési rendszerre vonatkozó információk a gépi összetevőkön keresztül jutnak el az utazóhoz. A cél, hogy az utazók minél kevesebb, a közlekedési rendszerre vonatkozó ismerettel és gondolkodási tevékenységgel igénybe tudják venni a szolgáltatást. Az integráció az utazóknál a végberendezéseken valósul meg olyan alkalmazásokkal, amelyek összekapcsolják a mobilitási szolgáltatásokat egymással és az utazóval. Az integrált rendszer mindhárom elem típusában (ember-gépi háttérrendszer, végberendezés, utazó) történik tárolás és feldolgozás; az intelligencia megoszlik az egyes „szintek” között. A műveletek megoszlási aránya kihat az adatátviteli teljesítményre (6.2 ábra).



6.2 ábra: Az utazókkal kapcsolatos információkezelési műveletek megoszlása

A működés eredményessége az információ észlelésétől és megértésétől függ. Az utazók feldolgozási műveleteinek (k_i) „arányát” a személyes jellemzők befolyásolják:

- milyen előzetes ismeretekkel rendelkezik a személyközlekedési rendszerről,
- milyen mértékben hagyatkozik a közölt információkra,
- illetve milyen értéknövelt információs szolgáltatásokat igényel.

Az információs szolgáltatások továbbfejlesztéséhez kidolgoztam *az utazó információkezelésének modelljét* (6.2 melléklet). *Az utazói szerepkörök (pl. gyalogos, kerékpáros, gépjárművezető, utas) információkezelése eltérő; a gépi információkezelés mértékében, a többi utazó viselkedésének információtartalmában és a kognitív képesség jelentőségében figyelhetők meg a legfontosabb különbségek* (6.3 melléklet).

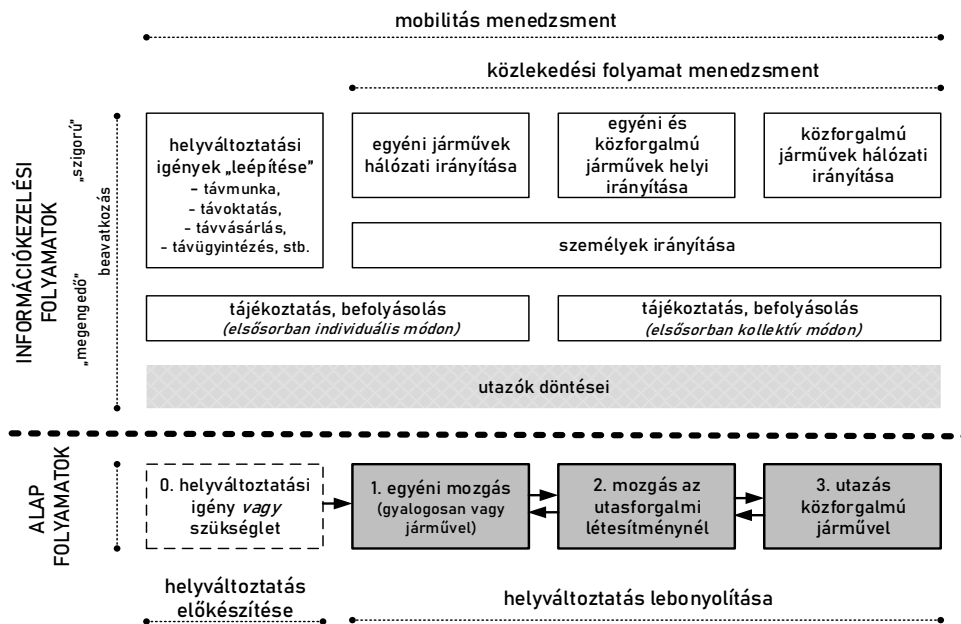
A végberendezésekben (6.4 melléklet) az információkezelési műveletek (k_{ii}) arányát befolyásolja

- a felhasznált dinamikus és valós idejű információk mennyisége,
- az eszköz kialakítása, telepítési helyszíne,
- interaktív megoldásnál a tájékozódáshoz szükséges időtartam, az elvárt műveletek száma és a válaszadási idő mértéke.

Az ember-gépi háttérrendszer információkezelése (k_{iii}) egyrészt az utazók individuális tájékoztatását, befolyásolását támogatja; másrészt pedig a személyközlekedési rendszer erőforrásaival való takarékoskodást segíti. Míg a

végberendezés az adatok előzetes, részleges feldolgozását, továbbítását végzi a lokális/egyéni célok elérése érdekében (pl. adott utazó utazási idejének vagy energiafelhasználásának minimalizálása); addig az ember-gépi háttér a különböző forrásokból származó adatok összetett feldolgozásával a globális célok elérését támogatja (pl. egy városrészben az összes utazó utazási idejének vagy energiafelhasználásának minimalizálása). Az utazók esetében az egyik legfontosabb célkitűzés, hogy minél rövidebb időt töltsenek el a közlekedési rendszerben; tágabb értelmezés szerint pedig, hogy minél rövidebb idő alatt realizálják a szükségleteikhez tartozó helyváltoztatásokat.

Működési modellben (6.3 ábra) foglaltam össze a jellegzetes mozgási folyamatokat az utazási láncban (számokkal jelölve) és az erre épülő információkezelési folyamatokat.



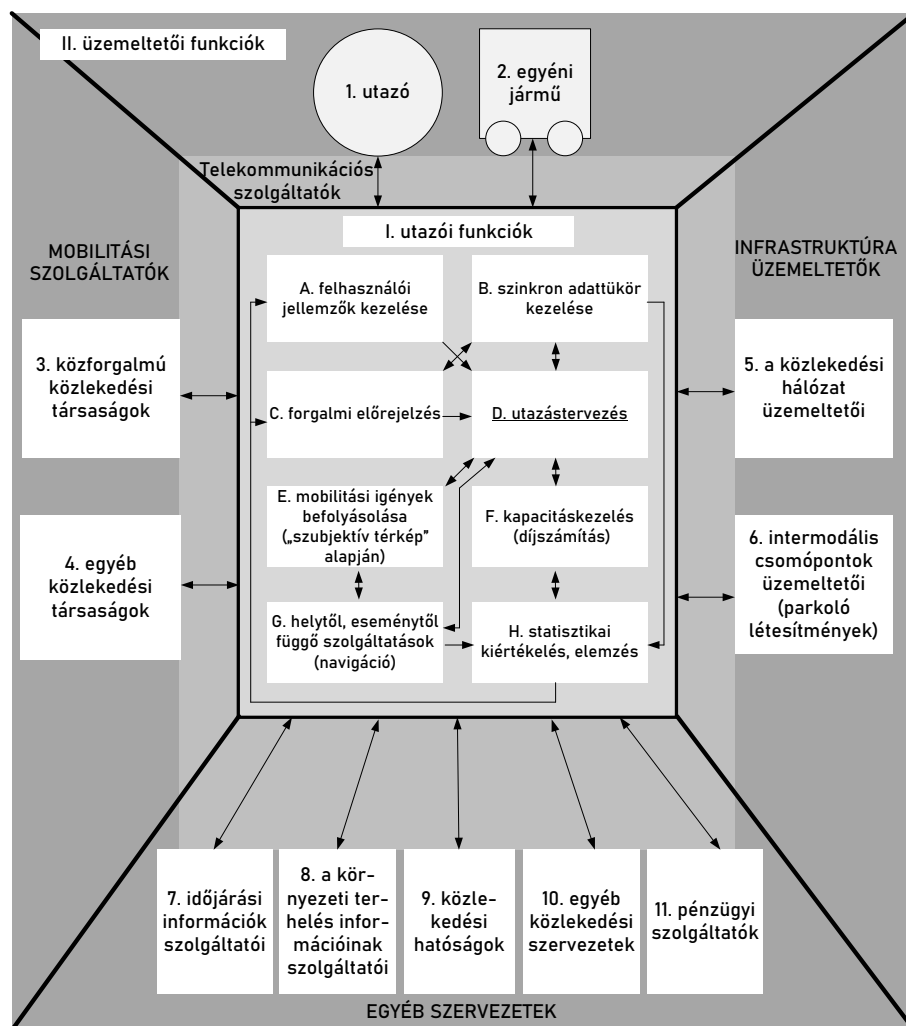
6.3 ábra: A multimodális mobilitásszervező és -irányító rendszer működési modellje

Utazás közben, üzemeltetési célokra a személyenkénti információgyűjtés helyett elegendő a járműinformációk gyűjtése; különösen akkor, ha a be- és kiszállás regisztrált. Az információ hatása az utazókra lehet kötelező érvényű (szigorú – pl. jelzőlámpa jelzése), tanácsadó (megengedő – pl. útvonaltervezés), illetve tájékoztató (pl. indulási időpont jelzése) jellegű. A járművek irányítása többnyire a „szigorú” beavatkozási módok közé tartozik. A mobilitás menedzsment eredményessége az utazók reakcióitól függ (Piet, 2011). Az adatátviteli rendszerek teljesítőképességének fejlődése lehetővé teszi a közlekedési rendszerek „tehermentesítését”, hiszen számos tevékenység, mely korábban fizikai helyváltoztatást igényelt, elvégezhető az infokommunikációs rendszereken keresztül (távmunka, távoktatás, ügyintézés stb.).

A *funkcionális modellben* (6.4 ábra) a legfontosabb információfeldolgozási és -áramlási műveleteket foglaltam össze; az információforrás és -nyelő szervezeteket arab számokkal jelöltem. Szervezeti szinten megoldandó az adatok közzététele, illetve az adatok minőségi jellemzőinek (valószínűségi jelleg, megbízhatóság, nyers vagy feldolgozott jelleg, érték stb.) meghatározása. Az adatfeldolgozási funkciókat két “síkon” helyeztem el:

- I. utazók funkciói: legfelső sík (az ábra közepén világosszürke háttérrel),
- II. üzemeltetői funkciók: legalsó sík (a teljes ábra alapjaként sötétszürke háttérrel).

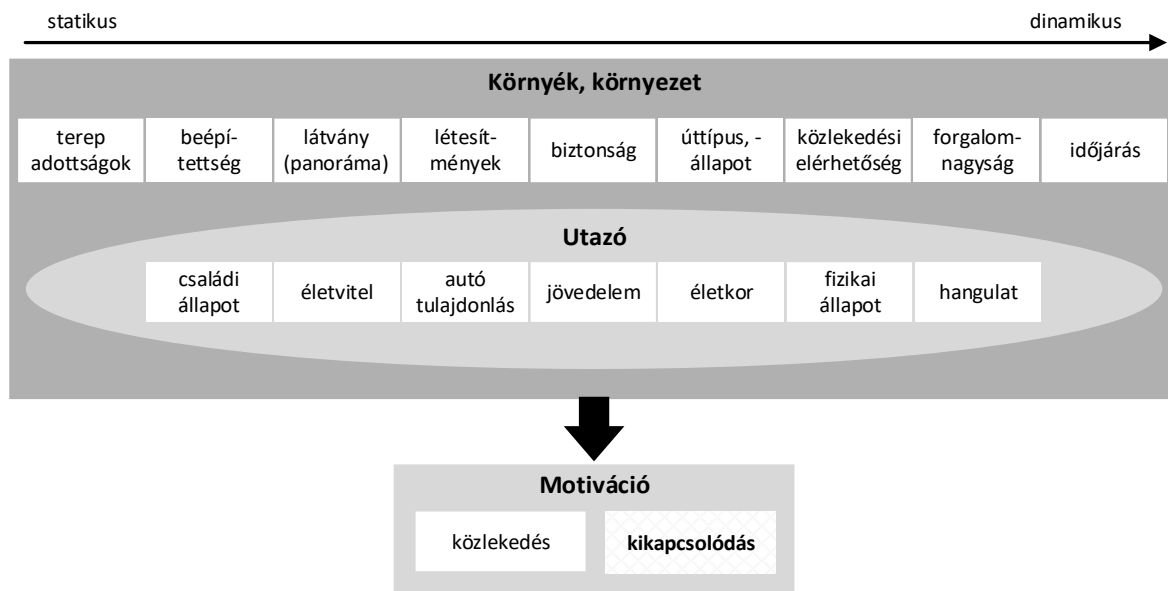
A két működési síkot a telekommunikációs szolgáltatók kapcsolják össze (középen, középszürke háttérrel), amelyek az adatátvitelt biztosítják, és gyakran az objektumok (személyek, járművek) mozgásával összefüggő adatok forrásai is. Az utazókkal kapcsolatos adatfeldolgozási funkciókat és azok kapcsolatait az ábra közepén nyomtatott nagybetűk jelölik. A funkciókhoz tartozó műveleteket, az ehhez szükséges bemeneti és kimeneti adatokat a 6.5 mellékletben foglaltam össze. A funkciók jelentős része az üzemeltetői funkciók síkjában is megjelenik. *A funkciók közül kiemelt jelentőségű az utazástervezés (D).*



6.4 ábra: A multimodális mobilitásszervező és -irányító rendszer funkcionális modellje

Az eljutási lehetőség (mód-, eszköz-, útvonal-, időpont-, szolgáltató stb.) kiválasztása több szempont figyelembevételével, az aktuális és az előrejelzett információk szerint történik. Gyakran a megállóhelyeknél elérhető közlekedéssel összefüggő és közlekedéstől független szolgáltatások köre is lényeges választási szempont, ugyanis ezek növelik az utazó fizikai és mentális komfortját (6.6 melléklet). A személyes jellemzők mellett, a környezeti hatások (pl. időjárás) is jelentősek; különösen a gyaloglásnál és a kerékpározásnál. Ezen tevékenységeket nemcsak

közlekedési, hanem kikapcsolódási céllal is végzik. Ezen módok esetében jelenik meg a legtöbb döntést befolyásoló tényező, amelyeket az eltérő dinamizmus szerint rendeztem sorba (6.5 ábra). Az utazók hajlamosak mások viselkedését is követni (ún. csordaöszön). Az információ utazóra gyakorolt hatását és az utazói viselkedést befolyásoló tényezőket csoportokba rendeztem (6.7 melléklet): személyes jellemzők, utazás jellemzői, közlekedési rendszer jellemzői.



6.5 ábra: A gyalogosok és a kerékpárosok utazási döntéseit befolyásoló tényezők

A legjelentősebb tényezők, amelyek az utazói információkezelést befolyásolják:

- a közlekedési rendszer és a mobilitási szolgáltatások ismerete (pl. helyi lakos, turista),
- az elvárt „információérték” feldolgozottság szerint: nyers adatok, feldolgozott adatok, növelt értékű információk,
- előre tervezés „mértéke”,
- a rendszeres tevékenységek és utazások jellemzői (pl. lakóhely, munkahely, bevásárló helyek).

6.2. Az utazót támogató mobil alkalmazások és az útvonaltervek értékelési módszerei

Az utazók egyre inkább igénylik a helyváltoztatásra és annak előkészítésére fordított idő csökkentését és a személyre szabott útvonalterveket (Siegler, 2010). A példaértékű multimodális alkalmazások (Katona et al., 2016) már az egyéb közlekedési funkciókra és a foglalásokra is kiterjednek, azonban a többségüknél kevés a személyre szabható beállítás. *Céлом volt kvantitatív értékelési módszerek kidolgozása a megfelelő szempontrendszer megválasztásával.* Arra is kerestem a választ, hogy mik az *utazástervező rendszerek fejlődési irányai.* Az értékelést az utazói szerepkörök és elvárások, továbbá a meglévő alkalmazások szakirodalmi elemzése (Kramers, 2014; Wang and Xiang, 2012) és saját elemzéseim alapján végeztem el. Utazói kérdőíves kikérdezéseket is végrehajtottam.

A mobil alkalmazások általában egy-egy közlekedési módhoz, szolgáltatáshoz vagy területi egységhez tartoznak, miközben egyre inkább teret nyernek a multimodális megoldások. Az elemzéseknél a „mit tud?” és a „hogyan tudja?”

kérdésekre kerestem a választ. Az *elemzési szempontrendszert* az általános tulajdonságokra (6.1 táblázat) és a személyre szabási beállításokra (6.2 táblázat) vonatkozóan vezettem be.

6.1 táblázat: Az utazót támogató mobilalkalmazások elemzési szempontrendszere – általános tulajdonságok

főcsoport	csoport	tulajdonság
1. hozzáférés	11. fizikai	111. platform és felhasználói felület
		112. nyelv
		113. működési terület
		114. közlekedési módok (multimodalitás)
		115. beállítási lehetőségek (személyre szabhatóság)
12. jogosultság	121. regisztráció, felhasználói fiók kezelése (dokumentumok érvényességének ellenőrzése)	
2. működés	21. tájékoztatás	211. infrastruktúra információ (utasforgalmi és parkolási létesítmény)
		212. utazási és forgalmi információ
		213. járműinformáció
		214. tarifa információ
		215. poggyászkezelés
		216. kiegészítő információ és szolgáltatások
		217. a többi utazó visszajelzései
	22. utazástervezés, navigáció	221. közlekedési adatok időbelisége
		222. közlekedés hálózati elemek, utasforgalmi létesítmények és szolgáltatások tulajdonságainak figyelembevétele
		223. útvonal opciók megjelenítése
		224. járművek nyomon követése
		225. járművezetői visszajelzés a mobilitási szolgáltatás teljesíthetőségéről (kereslet alapú szolgáltatásoknál)
	23. utazási/parkolási jogosultság kezelése	231. rendelés/ülőhelyfoglalás/parkolóhelyfoglalás/check-in
		232. díjhordozó megvásárlása/díjfizetés
		233. díjhordozó/beszállítókártya „megjelenítése” (pl. ellenőrzéskor)
		234. jármű nyitása/zárása (azonosítással)
	24. adatgyűjtés az utazókról/-től	241. utazók nyomon követése
		242. utazói visszajelzések (utasforgalmi létesítményről, járműről, járművezetőről, utastársról, szolgáltatásról)
		243. utazók közötti (szöveges) kommunikáció
		244. üzemzavar/vészhelyzet észlelése, bejelentése

A szempontokhoz tartozó értelmezési tartományt az alsó határ, a közbelső tartomány, és a felső határ definiálásával adtam meg (6.8 melléklet). A felső határ a kedvező, általában fejlettebb tulajdonságot képezi le. A felhasználói élményt gyakran szubjektív tényezők is alakítják (pl. a használat egyszerűsége, a képernyő beállítási lehetőségei stb.). A szempontrendszer alkalmazásával több alágazatra és mobilitási szolgáltatásra vonatkozóan is kidolgoztam az integrált információs mobilalkalmazás (mint jármű-utas kommunikációs „platform”) koncepcióját. A személyre szabási beállítások számának növelése fokozott utazói közreműködést igényel, ami például hangalapú beállításokkal és öntanuló működéssel mérsékelhető. Ezen beállításoknak nagyobb a jelentősége a lágy közlekedési módoknál.

Az alkalmazások általában nem tartalmaznak többféle beállítási lehetőséget, gyakran csak leírások szerepelnek az útvonalakról. *A személyre szabási beállítások köre és az útvonalválasztási preferenciák közlekedési módokként eltérőek*, és az alkalmazás elsődleges céljától is függenek. Például, ha a gyaloglás támogatása egy közforgalmú közlekedési alkalmazás része, akkor a beállítási lehetőségek nem olyan széleskörűek, mintha az alkalmazás kifejezetten a gyaloglás (vagy a mozgásukban korlátozottak) segítésére készült volna. A kerékpározást támogató alkalmazások jellemző hiányosságai: csak néhány beállítási lehetőség elérhető, nincsenek

figyelembe véve az utak statikus (pl. kátyúk) és dinamikus (pl. jegesedés) tulajdonságai, valamint a dinamikus forgalmi információk, továbbá a navigáció sem gyakori.

6.2 táblázat: Az utazót támogató mobilalkalmazások elemzési szempontrendszere – személyre szabási beállítások

főcsoport	csoport	beállítások	
1. utazó jellemzői	11. személyes jellemzők	111. utazói csoport besorolás	
		121. preferált kiinduló- és célpontok	
	12. utazási jellemzők	122. preferált utazási módok és szolgáltatástípusok	
		123. utazási minták	
		131. információérték (alap, prémium szolgáltatás)	
13. információkezelési jellemzők	132. utazói közreműködés (lekérdezések és/vagy hely-, idő-, állapot és eseményfüggő értesítések)		
	133. információ megjelenési mód (pl. üzenet, hang, rezgés)		
2. gyaloglás	21. mozgási jellemzők	211. sebesség	
		212. maximális gyaloglási távolság	
		213. fogyatékosági/mozgáskorlátozottsági jellemző	
	22. gyalogos hálózati elemek	221. útpadka jellemzői	
		222. lejtő/emelkedő	
		223. lépcső jellemzői	
		224. mozgólépcső	
		225. lift	
		226. felüljáró/aluljáró	
		227. gyalogátkelőhely	
3. kerékpározás	31. mozgási jellemzők	311. sebesség	
		312. maximális távolság (multimodális utazás esetén)	
	32. kerékpáros hálózati elemek	313. közforgalmú közlekedési eszközön szállítás	
		321. lejtő/emelkedő	
		322. infrastruktúra kerékpárosbarát jellege	
4. egyéni gépjárműhasználat	41. közúthálózati elemek	323. közúti/gyalogos forgalom mértéke	
		324. kerékpártároló típusa	
		411. fizetős utak	
		412. gyorsforgalmi utak	
		413. lejtő/emelkedő	
		414. közúti forgalom nagysága	
		415. parkolóhely típusa	
		416. parkolóhely biztonsága, hozzáférhetősége és szolgáltatási színvonala	
		417. töltőállomás jellemzői	
		5. közforgalmú közlekedés	51. mobilitási szolgáltatási jellemzők
512. maximális várakozási idő (adott járműtípusra)			
513. segítő személyzet			
52. utasforgalmi létesítmény jellemzők	521. biztonság, hozzáférhetőség és szolgáltatási színvonal		
	53. járműjellemzők		531. akadálymentes beszállás
			532. járműkategória/-típus
533. járműfelszereltség			
534. járműtelítettség/-foglaltság			
6. kerékpár-/autó-/fuvar-/utazásmegosztás/taxi/szofőrszolgálat	61. mobilitási szolgáltatási jellemzők	611. maximális várakozási idő	
		612. preferált sofőr/útitárs jellemzők	

jelmagyarázat:

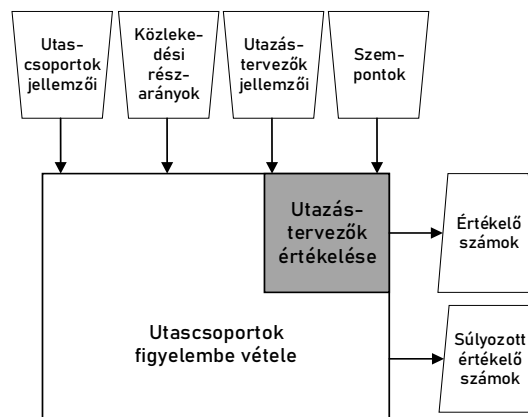
fehér háttérű beállítások: az utazók végzik (customization)

szürke háttérű beállítások: az utazók és a szolgáltatók is elvégezhetik (personalization)

Az egyéni gépjárműhasználat esetén kiemelendő az olyan parkolást támogató funkció, amely esetében a különböző üzemeltetőkhez tartozó parkolási létesítmények egyetlen felületen elérhetők. Azonban az utazástervezés és a parkolástámogatás funkciók közötti integráció még nem jellemző. A korszerű közforgalmú közlekedési

alkalmazások már a valós idejű és az előrejelzett forgalmi adatokat is közzéteszik, továbbá az utazástervezés mellett számos információs szolgáltatást is nyújtanak (pl. jegyvásárlás). A légi személyszállításban a légitársaságok és a repülőterek különböző alkalmazásokat használnak, így nem jellemző az integráció. Továbbá általános hiányosság, hogy csak a repülőtéri gyalogos mozgásokra és a légi utazási fázisra fókuszálnak. A rá- és az elhordó földi mozgásokat csak felületesen veszik figyelembe. A fuvarmegosztás és a korszerű taxi alkalmazások hasonlóak a funkciókat tekintve. Az autómegosztási alkalmazások valamennyi utazási műveletet támogatják. Az alkalmazásokat a szolgáltatók jellemzően önállóan fejlesztik, így a szolgáltatások közötti integráció nem jellemző. Néhány közlekedési mód (pl. sofőrszolgálat, kereslet vezérelt közforgalmú közlekedés) esetén a sajátosságok nem markánsak; ezeknél a hasonló módok (pl. egyéni gépjárműhasználat, közforgalmú közlekedés) beállítási lehetőségeit alkalmazzák.

A multimodális utazástervező alkalmazások értékelési módszerénél (6.6 ábra) a többkritériumos analízis módszerét adaptáltam.



6.6 ábra: Multimodális utazástervező alkalmazások értékelési módszere

A következő értékelési szempontokat határoztam meg: utazástervezéshez kapcsolódó információs szolgáltatások köre, helyfoglalás és díjfizetés jellemzői, kezelt adatok jellemzői, tájékoztatás a kényelmi szolgáltatásokról, kiegészítő információk közlése. Az értékelést az utazástervezők jellemzői alapján a megválasztott szempontok szerint végeztem el (sötétszürke kisebb téglalap). A felhasználói elvárásokhoz való jobb illeszkedés érdekében, az értékelést kiterjesztettem az utascsoportok jellemzőinek, preferenciáinak és a közlekedési részarányuknak (mint súlyok) a figyelembevételére is (világosszürke nagyobb téglalap).

A személyre szabható beállítások értékeléséhez a következő számítási módszert (6.1), (6.2) vezettem be:

$$u_j = \sum_k c_{k,j} \quad (6.1)$$

$$c_{k,j} = \frac{\sum_i c_{k,i,j}}{h_k} \quad (6.2)$$

Jelölések:

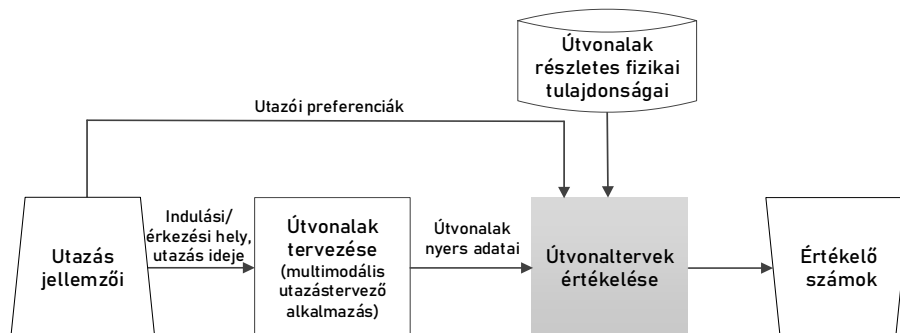
- u_j a j . alkalmazás minősítő értéke,
- k beállítási kategória (pl. gyaloglási preferenciák),

- $c_{k,j}$ a j . alkalmazás, k . beállítási kategóriájához tartozó (átlagos) minősítő érték,
 i beállítási szempont (pl. gyaloglási preferencia kategória esetén: gyaloglási sebesség, maximális gyaloglási távolság vagy idő),
 $c_{ki,j}$ a j . alkalmazás, k . beállítási kategóriájának i . szempontjához tartozó minősítő érték,
 h_k a k . beállítási kategóriában lévő szempontok száma.

A beállítási kategóriákat (k) és a beállítási szempontokat (i) a 6.9 melléklet példája mutatja a fejlécekben és a cellákban.

Az értékelési módszert népszerű, nemzetközi és magyar utazástervezők összehasonlítására alkalmaztam. Az elemzések közben feltárt innovatív tulajdonságokat rendszereztem. Megállapítottam, hogy a fejlesztések elsősorban a kezelt adatok „frissességével” és a kiegészítő információkkal foglalkoznak, míg a helyfoglalás és a díjfizetés tekintetében kevés igazán új megoldás született. A kidolgozott módszer segíti az üzemeltetőket az információs szolgáltatások utazói szempontú értékelésével. Bár az utascsoportok bevezetése csak kis mértékben változtatta meg az értékelő számokat, de rámutatott néhány szempontra, amelyek fontosabbak bizonyos utascsoportok esetében (pl. a fiataloknak fontos a járműfedélzeti WiFi szolgáltatás). A multimodális utazástervező alkalmazások fejlesztésénél cél, hogy a felhasználó szokásairól minél többet tudjunk meg a lehető legkevesebb kérdésre adott egyszerű válaszok alapján. Kérdőíves adatgyűjtési és feldolgozási módszert dolgoztam ki az információs szolgáltatással szembeni elvárások és az útvonalválasztási preferenciák meghatározásához. Amennyiben ismertek egy utazó személyes jellemzői, úgy az utazó besorolható egy csoportba. Útvonalak értékelésénél elegendő az utazó személyes jellemzőit megismerni, ami alapján meghatározhatók a preferenciái. (A módszert kerékpáros közlekedéshez részletesen is alkalmaztam, mivel ezen utazói típus esetében az útvonalak előzetes értékelése különös jelentőségű.) Definiáltam az ideális utazástervező legfontosabb tulajdonságait, melyek közül kiemelendő az utazási szokások és a járművek zsúfoltságának a figyelembevétele.

Az *útvonaltervek értékelési módszerével* (6.7 ábra) a multimodális utazástervező alkalmazások által részletesen megtervezett útvonalak jellemzői értékelhetők a személyes beállítások, mint egyéni preferenciák szerint.



6.7 ábra: Az útvonalterv értékelő módszer

A módszer alkalmazásának eredménye *egy időalapú ráfordítási érték* (értékelő szám), mely az útvonaltervhez tartozó érzékelt idő. *Az elemekhez rendelt ráfordítási érték az elem leküzdésének érzékelt ideje, ami a fizikai jellemzők, az utazók elvárásai és a mobilitási szolgáltatások jellemzői alapján számítható.* A módszer kiterjed a helyváltoztatás valamennyi fázisára (rágyaloglás, várakozás, utazás, átszállási gyaloglás, újbóli várakozás és utazás, végül elgyaloglás). A legnagyobb hangsúlyt a

gyaloglási fázisra helyeztem, mivel az utazási lánc különböző járműves elemeit minden esetben egy-egy gyaloglási fázis köti össze. Az útvonalértékelő módszer folyamatábráját a 6.10 melléklet mutatja. A közlekedési hálózat részletes leképezésével (*Mandloi and Thill, 2010*) és a személyes preferenciák figyelembevételével az útvonalak érzékelt és tényleges leküzdésének ideje is meghatározható. Kidolgoztam egy olyan *multimodális személyközlekedési hálózati modellt*, ami a különböző közlekedési módok és mobilitási szolgáltatások tulajdonságait is széles körben figyelembe veszi. A hálózati elemek tulajdonságai mellett a helyváltoztatási folyamatot is leképeztem figyelembevéve az egyes módok jellemzőit (pl. sebesség).

Az útvonaltervet minősítő ráfordítási érték (r) a helyváltoztatási fázisokhoz tartozó *érezkelt időértékek* összege (6.3):

$$r = t^I + t^{II} + t^{III} \quad (6.3)$$

Jelölések:

- t^I rágyaloglás érzékelt időértéke,
- t^{II} várakozás és utazás érzékelt időértéke,
- t^{III} elgyaloglás érzékelt időértéke.

A rágyaloglási fázis (I) érzékelt időértéke (6.4):

$$t^I = (t_w^I + t_o^I + t_c^I) \cdot X_d^I \quad (6.4)$$

Jelölések:

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

A várakozási és utazási fázis (II) érzékelt időértéke (6.5):

$$t^{II} = t_r(t) \cdot X_s + t_t \cdot X_v + Y \quad (6.5)$$

Jelölések:

- $t_r(t)$ a megállóban/peronon történő várakozás ideje [s],
- X_s az érzékelt várakozási időt befolyásoló korrekciós tényező,
- t_t a jármű menetideje (menetrendi, statikus adat) [s],
- X_v a járművet minősítő korrekciós tényező,
- Y átszállások miatti tényező (leképezi az egyes eszközökhöz tartozó időelemeket és a közvetlen utazás hiányából adódó kényelmetlenséget).

A megállóban/peronon történő várakozás ideje dinamikus változó, mivel függ a várakozás megkezdésének időpontjától és a jármű érkezési idejétől. Az elgyaloglási fázis (III) érzékelt időértéke hasonlóan számítandó, mint rágyaloglásnál. Az időtényezőket a mozgási műveletek és a közlekedési hálózati elemek szerint bontottam tovább, míg el nem jutottam az elemi összetevőkhöz. Hasonlóan több összetevőre bontottam a „zavarás mértékét” kifejező korrekciós tényezőket is az érzékelt minőséget befolyásoló ismérvek szerint. Az útvonaltervek értékelési módszerének alkalmazhatóságát és az eredmények „jóságát” mintaterületeken, mintaalkalmazással bizonyítottam. Az eredmények alapján megállapítottam, hogy a módszer által javasolt legkedvezőbb útvonal sokkal részletesebb és a valóságot

jobban leképezi, mint a már létező alkalmazások ajánlatai. A bemutatott módszerem felhasználásával a célforgalmi áramlások megfigyelésére alkalmas matematikai modelleket, módszereket és szimulációs eljárásokat fejlesztettek a forgalom-áramlási adatokat gyűjtő szenzorok optimális elhelyezéséhez (Karimi et al., 2019).

Az elemzések alapján azonosítottam az *utazói információs szolgáltatások fő fejlődési irányait*, melyek a következők:

- adatgyűjtés (valós idejű adatok, járművek és utazók pozíciói, járművek és közlekedési létesítmények állapota és kihasználtsága, utazói visszajelzések),
- adattárolás (szabványosítás),
- adatfeldolgozás (előrejelzés, értéknövelt információk előállítás),
- információ szolgáltatás (személyes preferenciák, multimodalitás, helyfüggő szolgáltatások, átszállások kezelése/garantálása, prémium információ, automatikus értesítések),
- új funkciók (pl. jogosultság ellenőrzés, jármű nyitása/zárása).

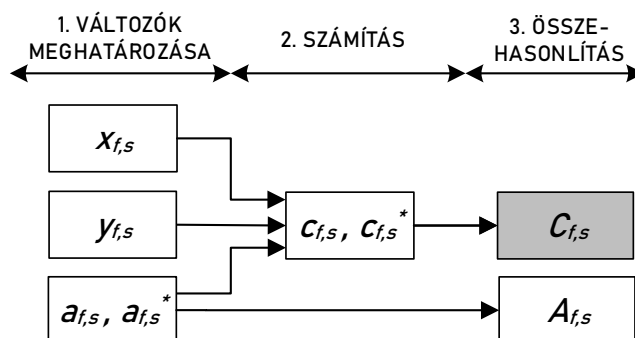
Ezen fejlődési tendenciák jelentős része megfigyelhető a mobilalkalmazások és az utazástervező funkció esetében is. A mobil alkalmazásoknak már kiemelkedő szerepük van a kereslet vezérelt és a megosztott mobilitási szolgáltatásoknál és meghatározó jelentőségűek lesznek az elektromos és az autonóm közúti járművekre épülő szolgáltatások használatakor.

6.3. Az utaskezelési funkciók automatizálása – az utazói képességek változása

Az *utaskezelési funkciók* automatizálási fejlesztéséhez a megosztott mobilitási szolgáltatások és az autonóm járművek elterjedése további lendületet ad; ami egyúttal az utazói képességek igénybevételének változását is eredményezi. Azonosítottam az utazás során szükséges képességeket, $i=1..9$ (6.3 táblázat). A képességek vagy érzékeléssel kapcsolatosak, vagy tanulás eredményei. A tanult képességek egy része valamilyen kézi művelet (pl. gépelés). A rezgésérzékelés, érintés, gépelés ($i=3,4,5$) képességek az okostelefon használatával függenek össze. Olyan módszert dolgoztam ki, amellyel az *automatizálási fejlesztés jelentősége* (potenciál) határozható meg (6.8 ábra). A jelöléseket a 6.4 táblázatban foglaltam össze.

6.3 táblázat: Az utazás során szükséges emberi képességek

1 látás	4 érintés	7 beszéd
2 hallás	5 gépelés	8 olvasás
3 rezgésérzékelés	6 működtetés kézzel	9 kognitív képesség



6.8 ábra: Az automatizálási fejlesztés jelentőségét meghatározó értékelő módszer

6.4 táblázat: Az alkalmazott jelöléstechnika – funkciók automatizálása

Jel	Megnevezés
f	funkció indexe $f = [1; \dots; F]$
s	alfunkció indexe $s \in [1; 2; \dots; S]$
$a_{f,s}$	automatizálási szint $a_{f,s} \in [1; 2; 3; 4]$
$x_{f,s}$	biztonságkritikus jelleg $x_{f,s} \in [1; 2; 3]$
$y_{f,s}$	használati gyakoriság $y_{f,s} \in [1; 2; 3; 4; 5]$
*	jövőbeli értékek
$c_{f,s}$	automatizálási indikátor $c_{f,s} \in [0..320]$
$C_{f,s}$	automatizálási fejlesztés jelentősége (potenciál) $C_{f,s} \in [0..320]$
$A_{f,s}$	automatizálási szint változása $A_{f,s} \in [1..3]$

1. Változók értékének meghatározása: az értékelendő szolgáltatásnál az alfunkciók automatizálási szintjének, biztonságkritikus jellegének és használati gyakoriságának meghatározása a jelenre és a jövőre (6.5 és 6.6 táblázatok). Az automatizálási szint esetében ezek az értékek eltérnek. Az alfunkciók jövőbeli automatizálási szintje általában a 4. szint, ugyanakkor nem minden esetben szükséges a legmagasabb automatizáltsági szint elérése (pl. rendkívüli helyzetek kezelésekor a személyzet közreműködése továbbra is indokolt).

6.5 táblázat: A biztonságkritikus jelleg leíró változó értékei

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

6.6 táblázat: A használati gyakoriságot leíró változó értékei

$y_{f,s}$	Használati gyakoriság	Leírás
0	Soha	Adott szolgáltatásnál nem releváns
1	Nagyon ritkán	Biztonságkritikus helyzetekben (pl. vész hívás)
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)

2. Számítás: a jelenlegi ($C_{f,s}$) és a jövőbeli ($C_{f,s}^*$) *automatizálási indikátor* számítása (6.6). A számítási mód a jelenlegi és a jövőbeli helyzetre megegyezik. Számos függvénykapcsolatot megvizsgálva, a hatványösszefüggést választva a biztonság szempontjából kritikus alfunkciók automatizálása jelentősen felértékelődik.

$$C_{f,s} = y_{f,s} \cdot a_{f,s}^{x_{f,s}} \quad (6.6)$$

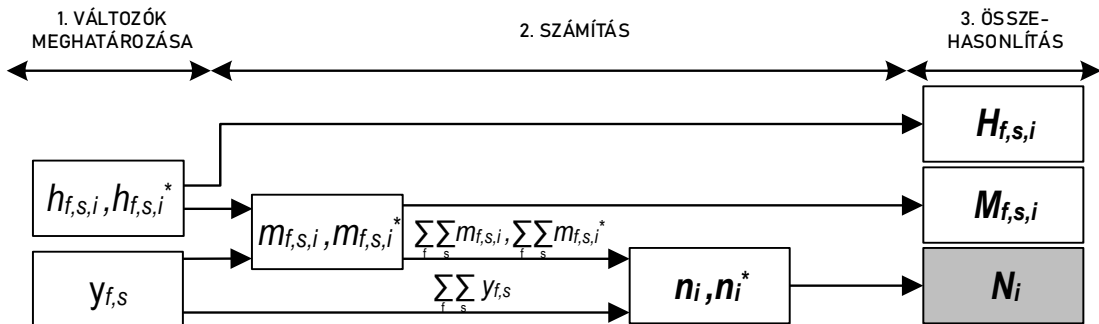
3. Összehasonlítás: az *automatizálási potenciál* (6.7) és az automatizálási szintváltozás (6.8) meghatározása.

$$C_{f,s} = c_{f,s}^* - c_{f,s} \quad (6.7)$$

$$A_{f,s} = a_{f,s}^* - a_{f,s} \quad (6.8)$$

A kidolgozott módszert egy budapesti kereslet alapú, kis kapacitású autóbusszos mobilitási szolgáltatásra (TeleBusz) alkalmaztam (6.11 melléklet). A nagy automatizálási szint változás és automatizálási potenciál értékkel rendelkező alfunkciók fejlesztendőek, melyek a következők: baleset elkerülése jármű-utas között, fel- és leszállás kezelése, tulajdon és életvédelem, váratlan események kezelése.

A funkciók fejlesztésénél az utazói képességek is figyelembe veendőek, mivel a használat jellemzői (pl. egyszerűsége) jelentősen befolyásolják a szolgáltatás minőségét. Ugyanakkor, *az automatizálás következtében a szükséges utazói képességek is megváltoznak.* Az aggregált képességváltozás mértékének megállapítása érdekében kidolgoztam egy olyan *értékelő módszert* (6.9 ábra), amely figyelembe vesz valamennyi alfunkciót a teljes utazásra vonatkozóan. A bevezetett jelöléseket a 6.7 táblázatban foglaltam össze.



6.9 ábra: A képességváltozást meghatározó értékelő módszer

6.7 táblázat: Az alkalmazott jelöléstechnika – utazói képességek változása

Jel	Megnevezés
f	funkció indexe $f = [1; \dots; F]$
s	alfunkció indexe $s \in [1; 2; \dots; S_i]$
i	emberi képesség indexe $i \in [1..9]$
$h_{f,s,i}$	képesség intenzitása $h_{f,s,i} \in [0..5]$
$y_{f,s}$	használati gyakoriság $y_{f,s} \in [1; 2; 3; 4; 5]$
$H_{f,s,i}$	képesség intenzitásának változása $H_{f,s,i} \in [0..4]$
$m_{f,s,i}$	képesség indikátora $m_{f,s,i} \in [0..25]$
$M_{f,s,i}$	képesség változása $M_{f,s,i} \in [0..24]$
n_i	aggregált képesség indikátor
N_i	aggregált képességváltozás
*	jövőbeli értékek

A módszerrel meghatározható a *képesség indikátor*, ami kifejezi a képesség szükségességét egy utaskezelési alfunkció használata során. Bevezettem az *aggregált képesség indikátort*, ami a *teljes utazásra vonatkozóan* fejezi ki egy adott képesség szükségességét. Az indikátorok a jelenlegi és az ideális jövőbeli helyzetre is számíthatók. Ez utóbbi esetben 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).

1. Változók meghatározása: az alfunkciók használati gyakoriságának és az értékelendő képesség intenzitásának meghatározása alfunkciónként a jelenre és a jövőre (6.8 táblázat). A képesség intenzitás esetében ezek az értékek eltérnek. A jövőbeli helyzetnél a képesség intenzitása a funkció fejlesztése (automatizálása) következtében csökkenhet, vagy egyes esetekben növekedhet (pl. a rezgésérzékelés jármű-utas kommunikáció esetén).

2. Számítás: a képesség indikátor (6.9) és az aggregált képesség indikátor (6.10) számítása. Ez utóbbi az alfunkciónként meghatározott képesség indikátorok összegének és az alfunkciók használati gyakoriság összegének hányadosa. A számítás módja a jelenlegi és a jövőbeli helyzetre megegyeznek.

$$m_{f,s,i} = y_{f,s} \cdot h_{f,s,i} \quad (6.9)$$

$$n_i = \frac{\sum_f \sum_s m_{f,s,i}}{\sum_f \sum_s y_{f,s}} \quad (6.10)$$

3. Összehasonlítás: képesség intenzitás változás (6.11), képességváltozás (6.12), valamint aggregált képességváltozás mutatók (6.13) meghatározása.

$$H_{f,s,i} = h_{f,s,i}^* - h_{f,s,i} \quad (6.11)$$

$$M_{f,s,i} = m_{f,s,i}^* - m_{f,s,i} \quad (6.12)$$

$$N_i = n_i^* - n_i \quad (6.13)$$

6.8 táblázat: A képesség intenzitást leíró változó 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, a funkcióhasználat során végéig (szinte folyamatosan)
5	Rendkívül magas	A funkció használata során folyamatosan

Az utaskezelési funkciók használati gyakoriságai és a szükséges képesség intenzitások mobilitási szolgáltatástípusonként eltérnek. A kidolgozott módszer alkalmazhatóságát egy budapesti kereslet alapú, kis kapacitású autóbusszal mobilitási szolgáltatásra vonatkozóan (TeleBusz) mutattam be (6.12 melléklet). A módszer alkalmazásával megállapítottam, hogy *a gépi támogatás hatására kevesebb gondolkodás szükséges; bizonyos funkcióknál a gép teljesen kiváltja az embert* (pl. útvonaltervezés). A képességek ($i=1..8$) jelenlegi és jövőbeli szükséges mértékét, az aggregált képesség indikátor (N_i) alapján, a 6.13 mellékletben foglaltam össze. A gépi támogatás hatására kevesebb gondolkodás szükséges, bizonyos funkcióknál a gép teljes mértékben kiváltja az embert (pl. utazástervezés). Ennek következtében növekszik az utazási komfort, az utazás teljes egyéni hasznossága fokozódik ugyanis a fárasztó, az utazással kapcsolatos gondolkodás helyett más tevékenység végezhető.

6.4. Új tudományos eredmények

Az innovatív személyközlekedési rendszerek és az utazók kölcsönösen hatnak egymásra. Az utazói viselkedés és döntések megismerésével, a befolyásoló információs szolgáltatások (tovább)fejlesztésével ez a kölcsönhatás alakítható. Az utazót támogató mobilalkalmazásoknál kevés a személyre szabható beállítás. Az utazástervezőknél többnyire hiányzik az utasforgalmi létesítmény belső kialakításának figyelembevétele, ami nélkül az útvonaltervek kevésbé pontosak. Az utazástervező alkalmazások, valamint az útvonaltervek értékelése és összehasonlítása a legtöbb tudományos munkában leíró jellegű. Ezidáig hiányoztak a kvantitatív értékelési módszerek és az ehhez szükséges szempontrendszerek.

5. Tézis. *Az utazói döntéseket befolyásoló információs rendszerek és szolgáltatások fejlesztését támogató modelleket és módszereket dolgoztam ki. Alkalmazásukkal a személyközlekedési rendszer működtetési célkitűzései szerinti keresletbefolyásolás érhető el. Továbbá, az új közlekedési megoldások elfogadottsága és használati élménye is fokozható.*

1. Kidolgoztam a multimodális mobilitásszervező és -irányító rendszer működési és funkcionális modelljeit. Azonosítottam és csoportosítottam az eljutási lehetőség választást befolyásoló tényezőket.
2. Bevezettem az utazót támogató mobilalkalmazások elemzési szempontrendszerét, különös tekintettel a személyre szabási beállításokra. Többkritériumos módszert dolgoztam ki az utazástervező alkalmazások értékeléséhez a fejlesztési lehetőségek azonosítása érdekében. Kifejlesztettem a multimodális útvonaltervek értékelő módszerét, mely a fizikai jellemzők és az utazói elvárások alapján adja meg a hálózati elemekhez az érzékelt időt, mint ráfordítási értéket.
3. Bevezettem az utaskezelési funkciók automatizálásának jelentőségét és az emberi képességek igénybevételének változását értékelő módszert. Megállapítottam, hogy a gépi támogatás és az automatizálás hatására az igényelt humán kognitív kapacitás mértéke csökken, az okoseszköz kezelésével összefüggő képességek jelentősége fokozódik. A módszerek a rendszerfejlesztési követelmények meghatározásához, valamint az utasoldali hatások becslésére használhatók.

A fejezet eredményeihez és a tézishoz kapcsolódó publikációk: *(Cserhádi és Csiszár 2015, 2016a, 2016b), (Csiszár 1999a, 1999b, 2004e), (Csiszár és Földes, 2015b), (Csiszár és Tóth, 2014), (Csonka és Csiszár, 2016b), (Esztergár-Kiss és Csiszár, 2012a, 2012b, 2015, 2016a, 2016b), (Esztergár-Kiss et al., 2013), (Földes és Csiszár, 2015a, 2016d, 2016e, 2018a), (He and Csiszár, 2020a), (Karádi et al. 2015a, 2015b, 2016), (Nagy és Csiszár, 2015, 2016a, 2017), (Tóth és Csiszár, 2000).*

7.

Új tudományos eredmények összefoglalása

7.1. Új tudományos eredmények

1. tézis: *Bevezettem a személyközlekedési rendszer szerkezeti és működési modell típusait. Kidolgoztam a személyközlekedési rendszerek és a mobilitási szolgáltatások elemzésének általános szempontrendszerét. Megállapítottam, hogy a jelenlegi, és a jövőbeli közlekedési módokkal nyújtott kínálat is illeszthető a keresleti jellemzőkhöz. Ezért a kereslet és a kínálat összerendezésének egyre fontosabb eszköze az integrált információkezelés.*

2. tézis: *A személyközlekedési információs rendszerek fejlesztését és integrációját támogató elemzési és modellezési módszereket fejlesztettem, amelyek alkalmazásával a közlekedési rendszerek és folyamatok egyre kisebb összetevőkre bonthatók fel, így az információs leképezéssel jobban megközelíthető a valóság. Az informatikai integráció általános módszereit a teljes személyközlekedési rendszerre, több alágazatra és közlekedési módra alkalmaztam. A módszerek az áruszállítási rendszerek informatikai integrációs feladatainál is hasznosíthatók.*

3. tézis: *A közúti elektromobilitást, elsősorban a töltőpontok helyszínének kijelölését és a töltési folyamatokat támogató, informatikai módszereket vezettem be, melyek alkalmazásával fokozható az üzemeltetési hatékonyság és az utazói elégedettség. A módszerek más alternatív energiaforrások esetében és más közlekedési módokra is adaptálhatók.*

4. tézis: *Modelleztem az autonóm közúti járműveket alkalmazó közlekedési rendszer szerkezetét és működését. Megállapítottam, hogy az autonómia relatív fogalom; az autonóm járműves mobilitási szolgáltatás több, eltérő funkciójú irányító központ koordinált együttműködésével valósítható meg; a forgalomirányítási és az üzemirányítási tevékenységek a jövőben szorosabban összekapcsolódnak. A rendszermodellek alapján szimulációs eljárások és döntéselőkészítési modellek fejleszthetők.*

5. tézis: *Az utazói döntéseket befolyásoló információs rendszerek és szolgáltatások fejlesztését támogató modelleket és módszereket dolgoztam ki. Alkalmazásukkal a személyközlekedési rendszer működtetési célkitűzései szerinti keresletbefolyásolás érhető el. Továbbá, az új közlekedési megoldások elfogadottsága és használati élménye is fokozható.*

7.2. Az új tudományos eredmények hasznosíthatósága és hasznosítása

A bemutatott tézisekhez a publikációk mellett a témavezetésemmel készült PhD értekezések, TDK dolgozatok, diplomatervek és szakdolgozatok is hozzárendelhetők. Az elért új tudományos eredményeket sikeresen hasznosítottuk kutatási projektekből és megbízásos munkák során (7.1. melléklet). Az utóbbi időszakban

jelentős érdeklődés mutatkozik a közlekedés átalakulását illetően, ezért számos alkalommal tartottam ismeretterjesztő előadásokat és vettem részt kerekasztal-beszélgetéseken. Ezt a feladatot kiemelten fontosnak tartom a jövőben is.

Elméleti jelentőség

Az innovatív technológiák és a változó társadalmi, környezeti stb. elvárások közlekedési rendszerre gyakorolt hatásának kutatásával, új összközlekedési és alágazat-specifikus eredményeket felmutatva *bővítettem a közlekedéstudomány ismeretanyagát*, különös tekintettel az informatikai integrációra. Egyúttal erősítettem a nemzetközi és a hazai publikációs tevékenységet is a Karon. A tématerület egyre fokozódó komplexitása, valamint a folyamatos változás miatt időtálló modellek és módszerek kidolgozására törekedtem; *különös figyelmet fordítottam a járműtudomány és a közlekedéstudomány egyre intenzívebb kapcsolatára* és az egységes szemlélet megerősítésére. Eredményeim hozzájárulnak a közlekedési rendszerben bekövetkező változások elősegítéséhez és a változásokra való felkészüléshez. A rendszermodellek alapján szimulációs eljárások és döntéselőkészítési modellek fejleszthetők, melyek a forgatókönyvek szerinti feltételezett vagy becsült paraméterértékek szerint a jövőbeli helyzetet bemutató, a fejlesztéseket számszerű eredményekkel alapozzák meg. Az összközlekedési és komplex szemléletű törekvéseimnek köszönhetően, bár nagyobb arányban és részleteiben a személyközlekedéssel foglalkoztam, az áruszállítás és különösen a városi logisztika vonatkozásai „panelszerűen” beilleszthetők az általam kialakított keretrendszerbe részletesebb vizsgálatok és kutatások után.

Gyakorlati hasznosulás

A kutatási eredmények a személyközlekedési rendszer- és szolgáltatásfejlesztési projektek informatikai alapú értékelését, döntéstámogatását és tervezését, illetve az üzemeltetést segítik műszaki, társadalmi, gazdasági és környezeti szempontok szerint. A kidolgozott modellek és módszerek megalapozzák a rendszerspecifikációk, majd a rendszertervek elkészítését, továbbá támogatják a közlekedési szervezetek átalakítását. Az integrált információs rendszerek és az utazók modelljei az információs szolgáltatások tervezésekor, az utazói viselkedés megismeréséhez és befolyásolásához, illetve az automatizálási folyamatokra való felkészítésnél hasznosíthatók.

Oktatási alkalmazás

Az innovatív mobilitási szolgáltatások sikeressége jelentős mértékben függ az utazói elégedettségtől. Az utazót meg kell tanítani az új technológiára, a szolgáltatások jellemzőire, a tudatos döntésekre/viselkedésre és a várható következményekre. Ez egyre nagyobb feladatokat ró az oktatási és ismeretterjesztési (társadalmisítási) tevékenységre. Az új tudományos eredményeket beépítettem a Tanszéken oktatott tantárgyak (Közlekedési információs rendszerek I-II, Közlekedési informatika, Személyközlekedés) korszerűsített, magyar és angol nyelvű anyagaiba (*Csiszár et al., 2019c*). Az eredményeket felhasználtuk a Közlekedési információs rendszerek c. egyetemi jegyzet, az Innovative Transportation Systems c. angol nyelvű egyetemi tankönyv, valamint a Reshaped Urban Mobility c. angol nyelvű könyvfejezet megírásakor (*Csiszár et al., 2018, 2019a, 2019b*). A modelleknek, a módszereknek és az értékelési eljárásoknak az oktatásával a hallgatók elsajátítják a rendszer- és folyamatszemléletű gondolkodásmódot. Az adatbázis elemzési módszerek fejlesztésének a gyakorlati oktatásban van kiemelt jelentősége (*Földes et al., 2019*).

8.

Összefoglalás

A személyközlekedési rendszer bonyolult belső és külső kapcsolatokkal, valamint sok humán összetevővel rendelkező dinamikus, nyílt, adaptív és sztochasztikus rendszer. A technológiai változások (pl. automatizálás), valamint a fenntarthatósági elvárások (pl. energiagazdálkodás) olyan jelentős átalakulásokat eredményeznek, amelyek az utazói viselkedést is megváltoztatják. Mindez a közlekedési rendszerekre és szolgáltatásokra vonatkozó alapelvek és módszerek újragondolását, valamint az új technológiai megoldásokhoz illeszkedő új módszereket igényel. A tudományos munkám célja az volt, hogy feltárjam és megalapozzam a személyközlekedési fejlesztési lehetőségek egy részét és a rendszermodellezés segítségével új, eredményesen és gazdaságosan használható megoldásokat adjak a közlekedési alap- és információs rendszer egyre szorosabb összekapcsolásával.

A személyközlekedési rendszerek és mobilitási szolgáltatások átfogó elemzési módszerével a jellemzők leírását és értékelését végeztem el, amely a mobilitási szolgáltatások fejlesztését és „kínálati pozícionálását” segíti elő. A komplex információs rendszerek elemzéséhez és tervezéséhez modellezési módszert dolgoztam ki, aminek alkalmazásával szerkezeti és működési modelleket hoztam létre számos alkalmazási területen, eltérő aggregáltsági szintek mellett. Ezek közül kiemelendő a parkolásmenedzsment, a légi személyszállítás, a közúti elektromobilitás, az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatások és az utaskezelési funkciók automatizálása. Ezek a modellek különösen jól hasznosíthatók az integrációt és az utazót segítő megoldások tervezésénél.

A közúti elektromobilitást támogató eljárások a telepítési helyszínek kijelölésével és az üzemeltetés támogatásával fokozzák a hatékonyságot és az utazói elégedettséget. A kidolgozott módszerek adaptálásával jelentős alkalmazási terület nyílt meg és további irányokat is kijelöltem. Az autonóm közúti járműveket alkalmazó közlekedési rendszer elemei és működése is nagy mértékben eltérnek a jelenlegi alkalmazásoktól; ezért a kidolgozott rendszermodellek gyakorlati adaptálásával az újszerű tervezési és üzemeltetési folyamatok bevezetése segíthető elő, amivel a városi közlekedés fenntarthatóbbá válik. A kidolgozott rendszermodellek alapján átfogóan használható komplex számítási modellek hozhatók létre.

Az utazói keresletbefolyásolás érdekében döntéstámogató információs rendszerek és szolgáltatások fejlesztését támogató modelleket és módszereket dolgoztam ki. Az utazót helyeztem a rendszerfejlesztés középpontjába, ezért az adatgyűjtésnél gyakran alkalmaztam az utazói kikérdezés módszerét. Továbbá közlekedési és szociodemográfiai, térinformatikai, statisztikai adatbázisokat használtam munkám során.

Olyan új elméleti struktúrákat dolgoztam ki, amelyek megfelelő alapot biztosítanak a közlekedési rendszerek hosszútávú fejlesztéséhez, ugyanakkor rugalmasan alakíthatók és bővíthetők a tudomány, a gyakorlat és az infokommunikációs eszközök fejlődésével párhuzamosan, úgy, hogy a törzsük (bázisuk) invariáns maradhat.

Fogalomtár

A kutatási témához tartozó fogalmakat a következő fogalomkörökbe soroltam:

- I. Közlekedési rendszer
- II. Mobilitási szolgáltatás
- III. Információs rendszer

I. Közlekedési rendszer

automata rendszer: előre programozott, egyértelműen leírt algoritmusok szerint működő rendszer, amely valamennyi lehetséges állapotra fel van készítve.

autonóm rendszer: képes önálló döntéseket hozni a kognitív és az öntanuló képességeit felhasználva. A működési állapotokat gépek érzékelik, amelyek azonosítják az elemeket és a szándékot, feltárják (megértik) az összefüggéseket és arra választ adnak.

integráció: a rendszerek szerkezetének és működésének összekapcsolása. Horizontális integráció esetén a feladatok között nincs hierarchikus függőség. Vertikális integráció esetében új, magasabb szintű, ún. átfogó funkciók valósulnak meg. Az integrációs feladatok logikai és fizikai szintekhez sorolhatók. A közlekedési integráció területei: informatikai, szervezeti, infrastruktúra, szolgáltatás, ágazatpolitikai integráció.

integrált személyközlekedési rendszer: különböző személyközlekedési alágazatokhoz és módokhoz tartozó rendszerek szerkezetének és működésének összekapcsolása.

közlekedés: személyek, áruk, hírek és információk továbbítása. A helyváltoztatás kifejezés a közlekedés szinonimája.

közlekedési alrendszer: az utazók, járművek stb. mozgási műveleteit (közlekedési alapfolyamat) levezető részrendszer. Az alrendszeri összetevők a technológiai folyamatok szerint szervezhetők és kapcsolhatók össze egymással, figyelembevéve az idő- és térparamétereket.

közlekedési rendszer: a személy- és az áruszállítási igények levezetésére hivatott nagy komplexitású rendszer.

közlekedési rendszertervezés: a közlekedési kínálat alakítását célzó elemzési, értékelési, tervezési, szervezési eljárások és tevékenységek összessége. A rendszertervezés feladata olyan állapot létrehozása, amelyben az erőforrások felhasználása révén a rendszerrel elérendő cél az adott körülmények között a leghatékonyabban megvalósítható. A hatékonyság alatt az eredmény és a ráfordítás viszonyát értjük (*Westsik, 1982*). A közlekedési rendszerekkel kapcsolatos tervezési feladatok vonatkozhatnak az alrendszerre és az információs rendszerre, mely területek egyre inkább összefüggenek.

modell: a komplex (és időben változó) valóság egy részletének leegyszerűsített mása; a rendszer (az adott vizsgálat szempontjából) lényeges összetevőinek, azok kapcsolatainak, tulajdonságainak fizikai, matematikai összefüggésekkel való leképezése, ami vonatkozhat a rendszer szerkezetére, működésére stb.

működési modell: a rendszer működési folyamatait leképező modell; a „Hogyan működik?” kérdésre válaszol.

rendszer: adott cél érdekében létrehozott, meghatározott struktúra szerint egymással kölcsönhatásban lévő elemek együttese; törvényszerűségeket mutató rendezett egész.

személyközlekedési rendszer: a személyek és a hozzájuk tartozó tárgyak (pl. poggyász) közlekedését, szállítását biztosítja; a személyszállítási igények levezetését végzi.

szervezeti modell: a rendszerösszetevőket és azok információs kapcsolatait leképező modell, ami alapján a „Milyen összetevőkből épül fel?” és a „Milyen kapcsolatok vannak az összetevők között?” kérdések válaszolhatók meg.

szervezet: technikai és emberi összetevőkből felépülő rendszer.

II. Mobilitási szolgáltatás

átmeneti közlekedési módok: olyan újszerű, infokommunikációs bázisú közlekedési módok, amelyek tulajdonságaikat tekintve az egyéni gépjárműves és a nagy kapacitású, hagyományos közforgalmú közlekedés között helyezkednek el. Infokommunikációs rendszerre épülnek és a működés gyakran a megosztás elvén alapul. Ebbe a csoportba tartozik:

Rugalmas (kereslet vezérelt) közforgalmú közlekedés (telebusz): előzetes igénybejelentés után vehető igénybe, a közforgalmú közlekedéssel megegyező tarifával. Jellemzőn ritkán lakott területeken, vagy olyan időszakokban, ahol az utazási igény alacsony és nem egyenletes eloszlású.

Autómegosztás, kerékpármegosztás (car-sharing, bike-sharing): közösségi szolgáltatások. Cél a járművek időbeli kapacitásának (időalapjának) jobb kihasználása; a kapacitáskihasználás extenzív növelése. A járműveket díj ellenében bárki igénybe veheti jellemzően rövidtávú, városi utazásokra, rövid időtartamra.

körzetbázisú (free-floating): egy kijelölt zónán belül bárhol felvehető és leadható a járművek. A használat közben a zónát elhagyhatja a jármű.

állomásbázisú, körutazásos (station-based, round-trip): a járművek kijelölt állomásokon vehetők fel és adhatók le. A használat végén a felvételi pontra kell visszavinni a járművet.

állomásbázisú, egyirányú (station-based, one-way): a járművek kijelölt állomásokon vehetők fel és adhatók le. A használat végén tetszőleges állomásra visszavihető a jármű.

Utazásmegosztás (ride-sharing) (telekocsi, személyfuvarbörze): a tulajdonos vagy üzemeltető a jármű szabad férőhelyeinek megosztásával több felhasználóval egyidejűleg használja ugyanazt a járművet közös utazás során; általában az utazási költséget is szétosztják. Cél a járművek kapacitáskihasználásának intenzív növelése. Gyengén szabályozott, nonprofit közlekedési mód, jellemzően hosszabb távú utazásokra.

Fuvarmegosztás (ride-sourcing, ride-hailing): infokommunikációs alapú fuvarközvetítő szolgáltatás, jellemzően rövid utazási távolságra, városi környezetben. A taxihoz hasonló, azonban kevésbé szabályozott. Igényektől és kapacitásoktól függő változó díjtételeket alkalmaznak. Diszpécser nélküli, automatikus igény-kapacitás összerendelés jellemzi.

Taxi, megosztott taxi: erősen szabályozott, profitorientált közlekedési mód, rövidebb utazásokra, jellemzően városi környezetben. Háztól-házig eljutást biztosít magas díjért. Megosztott használatnál a jármű szabad férőhelyein idegen utastársak utaznak.

Sofőrszolgálat: saját járműben utasként lehet utazni sofőr „bérlésével”.

elektromobilitás: elektromos járművek használata; a járművek és a járműhasználatot támogató kiszolgáló infrastruktúra, valamint a kapcsolódó információs és kommunikációs technológiák együttese. Elektromos közúti járműkategóriák:

tisztán akkumulátoros elektromos jármű (BEV - Battery Electric Vehicle)

hálózatról tölthető hibrid elektromos jármű (PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicle)

növelt hatótávolságú elektromos jármű (REEV - Range-Extended Electric Vehicle)

közlekedési folyamat (forgalom) menedzsment: a mobilitás menedzsmentnél „szűkebb” fogalom. A mobilitási igényekből az egyéni döntések hatására keletkező forgalmi folyamatokat befolyásolja az optimális levezetés érdekében, figyelembe véve az infrastruktúra kapacitáskorlátait és aktuális jellemzőit. Az utazókkal kapcsolatos információkezelési műveletek a helyváltoztatás közben, a közterületeken, az utasforgalmi létesítményeknél és a járműveken jellemzők.

megosztáson alapuló mobilitási szolgáltatás (shared mobility): olyan szolgáltatások, amelyek folyamatszervezési eljárásokkal növelik a járművek napi hasznos futásidejét és -teljesítményét, valamint a férőhelykihasználását.

mikromobilitási mód: kisméretű, általában egy- vagy kétszemélyes (többnyire emberi, vagy egyre inkább elektromos meghajtású) járművek használata rövidtávú utazásoknál (az utolsó kilométereknél). Például: roller, kerékpár, segway.

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, azaz a személyközlekedési, logisztikai és infokommunikációs folyamatokra.

mobilitás menedzsment: a közlekedési igények kezelése magas szolgáltatási minőségre törekedve és az erőforrásokkal való hatékony gazdálkodás mellett. Eszköze: az utazók döntési szempontjainak megismerése és befolyásolása. Eredménye: a befolyásolás hatására megváltozó utazói szokások. Kiterjedhet a helyváltoztatási igények térbeli, időbeli és egyéb jellemzőihez megfelelő közlekedési mód kiválasztására vagy az utazási lánc megtervezésére, vagy tágabb megközelítés szerint a szükséglet kielégítéséhez tartozó helyszín és időpont megválasztására is. Utóbbi esetben az egyes helyszínek aktuális közlekedési elérhetősége, valamint az ottani anyagi, szellemi javak és szolgáltatások dinamikus jellemzői együttesen befolyásolják a választást. A felkeresendő objektumok (pl. szolgáltatóház) aktuális hasznossági értékei az objektumok kínálata, térbeli helyzete, a személyközlekedési kínálat és az utazó személyes jellemzői szerint határozhatók meg.

mobilitás, mint szolgáltatás (Mobility as a Service=MaaS): személyre szabott, integrált mobilitási és információs szolgáltatás, amely a közlekedési módok széles palettáját (egyéni és közösségi közlekedési módok) összekapcsolt formában kínálja az utazói elégedettség fokozása érdekében. A járműtulajdonlásról a járműhasználatra helyezi a hangsúlyt. Az utaskezelési

funkciók (pl. multimodális utazástervezés, navigáció, helyfoglalás, fizetés, utaskapcsolat, visszajelzések, panaszkezelés, kártérítés) jelentős része a teljes helyváltoztatásra vonatkozóan elvégezhető egy közös felületen (többnyire okostelefonon). Az utazók és a közlekedési szolgáltatók közötti MaaS operátor feladatkör lényege az igények és a kapacitások összerendezésének optimalizálása.

mobilitási szolgáltatás: a közlekedéshez szükséges összetevőket (pl. közlekedési eszköz, férőhely, energia), a helyváltoztatási folyamatot és az egyéb kapcsolódó (információs) szolgáltatásokat (pl. helyfoglalás) biztosító tevékenységek összessége.

A kereslet vezérelt szolgáltatás (demand-responsive) rugalmas menetrend és kapacitás szerint működik az aktuális igények szerint; az útvonal általában előre meghatározott.

A kereslet alapú szolgáltatás (demand-driven) csak előzetesen bejelentett igény esetén áll rendelkezésre (pl. taxi); az útvonal és a menetrend sincs előzetesen meghatározva.

mobilitási szolgáltatáscsomag: különböző módokhoz tartozó utazási jogosultságok együttese, egy adott időszakra (pl. egy hónap) vonatkozóan, a MaaS keretében.

mobilitási szolgáltatás minőség: a szolgáltatás jellemzőinek összessége. Összetett, szubjektív fogalom, amely normatívák segítségével tehető objektívvá.

multimodalitás: különböző közlekedési módok használata egy utazási láncban. Az eszközök közötti váltás az átszállás, helyszíne az intermodális csomópont. A multimodális működés célja a személyközlekedési választék bővítése és a parciális előnyök egyesítése a különböző módok összerendezésével.

rugalmas mobilitási szolgáltatás: a szolgáltatás (pl. térbeli, időbeli, kényelmi) jellemzői az utazó jellemzői, elvárásai szerint alakíthatók.

személyközlekedési mód: a gyaloglás, valamint a közlekedési eszközök és azok használati jellemzői által definiált helyváltoztatási típus.

személyre szabott mobilitási szolgáltatás: egy konkrét utazáshoz vagy egy időszak utazási jellemzőihez mobilitási szolgáltatások kiválasztása, „csomagokba” rendezése, illetve a rugalmas mobilitási szolgáltatások jellemzőinek alakítása az utazó általános, és az adott utazáshoz/időszakhoz tartozó jellemzői és elvárásai szerint.

utazás: két pont közötti, közlekedési eszközzel megvalósuló helyváltoztatás. A gyalogos helyváltoztatás minden utazáshoz kapcsolódik.

utazási lánc: egy utazáson belüli utazási elemek láncolata.

utazó: a közlekedő személy; minden olyan szerepkört lefed, amit egy személy a helyváltoztatása során felvehet (pl. gyalogos, kerékpáros, járművezető, utas).

III. Információs rendszer

adat: egymástól jól megkülönböztethető jelzések, amelyek tényeket (szöveget, numerikus értéket stb.) képviselnek; objektív fogalom.

adatbázis: összetett logikai szerkezetű adathalmaz.

adatmodell: a valóság leképezése adatokra, azok kapcsolataira, felhasználásuk körülményeire, szabályaira. Az adatmodell alapján történik az adatbázis szerkezetének a megtervezése.

információ: az adatoknak egy bizonyos szerkezetben, meghatározott módon szervezett egyesítése. Az információ az objektív valóság emberi tudatban való visszatükröződése, mely nélkül lehetetlenné válna a valóságtól való elvonatkoztatás; szubjektív fogalom. Az információtartalmat befolyásolja a megjelenítés módja.

információs rendszer: információkezelési műveleteket és folyamatokat végrehajtó rendszer. Információkezelési műveletek: felvétel (gyűjtés), átvitel, tárolás, feldolgozás és felhasználás (megjelenítés). Az elemek között szerepelnek az információk (vagy azok hordozói az adatok) és az információkezelő elemek, melyek lehetnek emberi és gépi összetevők (*Westsik, 1982*).

információs szolgáltatás: a tevékenységekhez, folyamatokhoz szükséges információk közlése a megfelelő minőségben, megbízhatósággal, a megfelelő helyen és időpontban.

integrált információs rendszer: azonos hierarchiájú információs részrendszerek és eltérő hierarchiájú információs alrendszerek összekapcsolása; egységes adatrendszerek és közös, összehangolt információkezelési folyamatok. Fizikai szinten a tervezési feladatok kiterjednek (többek között):

a központi és a végberendezési intelligencia (adattárolás, -feldolgozás) közötti munka-megosztás arányának meghatározására,
az adatátviteli, -tárolási, -feldolgozási funkciókat végrehajtó elemek méretezésére.

- közlekedési információs rendszer:** a közlekedési rendszerrel összefüggő információkezelési műveleteket, folyamatokat végrehajtó rendszer.
- közlekedési informatika:** a közlekedési információk rendszerszintű kezelésével összefüggő ismeretek összessége. A közlekedési (szervezeti) rendszerek információellátásának biztosításával és fejlesztésével foglalkozik; az alkalmazott informatikai területhez tartozik.
- mesterséges intelligencia (Artificial Intelligence = AI):** gép által megvalósított intelligencia. Célja az emberi gondolkodás és problémamegoldó képesség gépi, szoftveres helyettesítése.
- okos infrastruktúra (smart infrastructure):** 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 (smart vehicle):** olyan jármű, amelyet mesterséges intelligenciával működő számítógépes rendszerekkel szerelnek fel elsősorban a járművezetés támogatása és a biztonság fokozása érdekében.
- okos közlekedés (smart mobility):** valós idejű adatok alapján működő közlekedési rendszer, amely célja az emberi tudás, intelligencia és döntési folyamatok csökkentése/helyettesítése számítógépek alkalmazásával. Fejlett infokommunikációs technológiák kooperatív alkalmazása az infrastruktúrában, a járművekben és az utazóknál.
- okos megállóhely (smart stop):** az okos infrastruktúra része; többféle szolgáltatással növelik az utazó fizikai és mentális komfortját. Egyfajta szolgáltató központoknak is tekinthetők, ahol közlekedéssel összefüggő és közlekedéstől független szolgáltatások érhetők el.
- okos (smart) rendszer:** folyamatos tanulásra képes, gyakran mesterséges intelligenciát alkalmazó rendszer; így tetszőleges helyzetben képes reagálni a rendelkezésre álló ismeretanyag és a kognitív képessége alapján.
- okos utazó (smart traveller):** olyan utazó, aki fejlett információs szolgáltatásokat használ a legmegfelelőbb utazási lehetőség (pl. utazási lánc) kiválasztása érdekében. Az információkezelés jellemzői és a szükséges kognitív kapacitás az aktuális utazói szerepkörtől függenek. A közlekedés többi résztvevőjével az okoseszköz funkciói segítségével kommunikál.
- okos város (smart city):** rendszerek rendszere szociális, gazdasági és környezeti problémák megoldása érdekében. A kapcsolatokat fizikai síkon a közlekedés és a telekommunikációs hálózat, míg virtuális síkon az információ valósítja meg. A részrendszerek más-más célhierarchiával működnek, miközben a teljes rendszer céljai magasabb rendű koordinációval érhetők el.
- okos villamosenergia-hálózat (smart grid):** szabályozott adat- és energiaáramlás, aminek a céljai a terhelésingadozás csökkentése az igények és a kapacitások összerendelésével (befolyásolásával) és a megújuló energiaforrások részarányának növelése.
- személyre szabott információs szolgáltatás:** az információs szolgáltatás jellemzőinek alakítása az utazó általános, és az adott utazáshoz tartozó jellemzői, elvárásai szerint; ezáltal az utazók viselkedésének befolyásolása, valamint a környezetbarát, erőforrás-takarékos, biztonságos és fenntartható megoldások használatának elősegítése.
- személyre szabható (customized):* az utazó számos beállítást elvégezhet,
- személyre szabott (personalized):* a mobilitás szolgáltatók az utazóról gyűjtött adatok alapján megismerik a személyes jellemzőket és elvárásokat (tanuló rendszer), majd ezek szerint közölnek információt.
- térinformatika:** ötvözi az informatikát a geodéziával és a földrajzi helyhez kapcsolódó tematikus adatokkal. A térinformatikai rendszerek gyűjtik és kezelik az entitások geometriai és egyéb adatait; lehetővé teszik az adatok elemzését és grafikus megjelenítését.
- utasinformatika:** az utazókhoz kapcsolódó információkezeléssel összefüggő ismeretek összessége. Az előkészítési szakaszban az utazó és a közlekedési szolgáltatás (jármű) kapcsolatba hozását, utazás közben és utána az utas bizonytalanságérzetének csökkentését, kényelmének fokozását segíti elő. A személyközlekedés minőségét jelentősen befolyásoló ismérv. Az utasinformatikai rendszerek feladata az utazók irányítása, befolyásolása, a döntések támogatása a személyes és a társadalmi célok együttes figyelembevételével.
- utastájékoztató:** a helyváltoztatáshoz kapcsolódó nyilvános információk közzététele az utasok részére.
- végberendezés:** az utazót támogató infokommunikációs eszköz vagy berendezés, mely telekommunikációs hálózaton kapcsolódik az információs rendszer többi eleméhez.
- virtuális megállóhely:** a közlekedési hálózat olyan pontja, ahol nem szükséges infrastruktúra; az utascsera a közúti járműforgalmat nem akadályozva, biztonságosan lebonyolítható.

Ábrák jegyzéke

1.1 ábra:	Az értekezés szerkezete	8
2.1 ábra:	A közlekedési részrendszerek csoportosításai	10
2.2 ábra:	A személyközlekedési rendszer szerkezetének modellje	12
2.3 ábra:	A személyközlekedési rendszer szakterületeinek modellje	13
2.4 ábra:	A jelenlegi személyközlekedési módok csoportosítása.....	14
2.5 ábra:	A kapacitáskihasználás növelése személygépkocsinál.....	15
2.6 ábra:	A városi személyközlekedési módok változása	17
2.7 ábra:	A jövőbeli személyközlekedési módok csoportosítása	18
2.8 ábra:	A mobilitás, mint szolgáltatás (MaaS) modellje.....	19
2.9 ábra:	Az utazási láncok modellje	20
2.10 ábra:	A kibővített minőségi hurok modell	22
2.11 ábra:	A mobilitási szolgáltatás minőség elemzésének informatikai modellje.....	23
3.1 ábra:	A közlekedési információs rendszerek elemzési és modellezési szempontjai; az összetevők felbontási szintjei.....	27
3.2 ábra:	Az információs rendszerek háromdimenziós térbeli modellje.....	30
3.3 ábra:	Az integrált személyközlekedési információs rendszer modellje az üzemeltető (szolgáltató) társaságok „oldalán”	33
3.4 ábra:	Az integrált személyközlekedési információs rendszer modellje az utazó „oldalán”	33
3.5 ábra:	Az integrált parkolási információs rendszer szerkezeti modellje	36
3.6 ábra:	Az integrált parkolási információs rendszer működési modellje	36
3.7 ábra:	A légi személyszállítási integrált információs rendszer modellje	38
4.1 ábra:	Az elektromos közúti járművek töltési igényének csoportosítása.....	42
4.2 ábra:	Elektromos közúti járművek töltési igényének számítási módszere	43
4.3 ábra:	A módszer lépései egy útkategória rétegen	48
4.4 ábra:	Az értékelés tárgyai – nagyobb területi egységek makró szinten, kisebb területi egységek (hatszögek) mezo szinten.....	50
4.5 ábra:	Mezo szinten a töltőállomás-helyszínek meghatározása	53
4.6 ábra:	Az információs rendszer funkciói (a járművek negatív jellemzőiből levezetve)	56
4.7. ábra:	A töltésoptimalizáló módszer bemeneti és kimeneti adatai	58
4.8 ábra:	A töltés optimalizáló módszer lépései.....	59
5.1 ábra:	Mobilitási szolgáltatástípusok	63
5.2 ábra:	Az automatizált városi közlekedési eszközök és szolgáltatások csoportosítása	64
5.3 ábra:	A kérdőív szerkezete	65
5.4 ábra:	Mobilalkalmazás funkciók fontossági sorrendje	67
5.5 ábra:	Fedélzeti szolgáltatások fontossági sorrendje	67
5.6 ábra:	Az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás szerkezeti modellje.....	68
5.7. ábra:	Automatizálási szintek a gépi támogatás mértéke alapján	70
5.8 ábra:	A közúti autonóm járművekre épített mobilitási szolgáltatás működési modellje	72
5.9 ábra:	Az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatások várható hatásai	74
5.10 ábra:	Az utazás közbeni preferált tevékenységek gyakorisága	74
5.11 ábra:	Átalakuló utascsoportok.....	75
5.12 ábra:	A megosztott autonóm járműves közlekedéstől várt hatások.....	76
6.1 ábra:	A közlekedés üzemeltetési feladatok és a mobilitási stratégia elemek közötti összefüggések	80
6.2 ábra:	Az utazókkal kapcsolatos információkezelési műveletek megoszlása	81
6.3 ábra:	A multimodális mobilitásszervező és -irányító rendszer működési modellje	82
6.4 ábra:	A multimodális mobilitásszervező és -irányító rendszer funkcionális modellje	83
6.5 ábra:	A gyalogosok és a kerékpárosok utazási döntéseit befolyásoló tényezők.....	84
6.6 ábra:	Multimodális utazástervező rendszerek értékelési módszere	87
6.7 ábra:	Az útvonalterv értékelő módszer	88
6.8 ábra:	Az automatizálási fejlesztés jelentőségét meghatározó értékelő módszer	90
6.9 ábra:	A képességváltozást meghatározó értékelő módszer	92

Táblázatok jegyzéke

2.1 táblázat:	A személyközlekedési rendszer összetevőinek csoportosítása.....	12
2.2 táblázat:	Személyközlekedési módok, szolgáltatások elemzési szempontrendszere	16
3.1 táblázat:	Az információszerkezeti táblázat (közúti példával)	28
3.2 táblázat:	Információáramlási táblázat (közúti példával).....	29
3.3 táblázat:	Az információáramlási táblázat értelmezése	29
3.4 táblázat:	Adatcsoportok jelölése a mini táblázatban	29
4.1 táblázat:	A változók jelölése és számítási módszerük - Elektromos közúti gépjárművek töltési igény számítási módszere	45
5.1 táblázat:	A mobilitási szolgáltatástípusok jellemzői.....	63
5.2 táblázat:	Komplex automatizálási szintek leírása	71
6.1 táblázat:	Az utazót támogató mobilalkalmazások elemzési szempontrendszere - általános tulajdonságok.....	85
6.2 táblázat:	Az utazót támogató mobilalkalmazások elemzési szempontrendszere - személyre szabási beállítások	86
6.3 táblázat:	Az utazás során szükséges emberi képességek	90
6.4 táblázat:	Az alkalmazott jelöléstechnika - funkciók automatizálása.....	91
6.5 táblázat:	A biztonságkritikus jelleg leíró változó értékei	91
6.6 táblázat:	A használati gyakoriságot leíró változó értékei	91
6.7 táblázat:	Az alkalmazott jelöléstechnika - utazói képességek változása	92
6.8 táblázat:	A képesség intenzitást leíró változó értékei.....	93

Irodalom – tézisek témájában megjelent közlemények

Fontosabb publikációk jegyzéke

Könyvek/Könyvfejezetek/Disszertációk

- van Arem, B., Aki Ackerman, A., Chang, T., Riggs, W., Wegscheider, A., Smith, S., Rupprecht, S. (2019): Building Automation into Urban and Metropolitan Mobility Planning. *Road Vehicle Automation 6. AVS 2019. Lecture Notes in Mobility*. 123-136. (ed. Meyer, G., Beiker, S.). Springer, Cham DOI: 10.1007/978-3-030-22933-7_13
- Beiker, S. (2016): Implementation of an Automated Mobility-on-Demand System. *Autonomous Driving* (ed. Maurer, M., Gerdes, J., Lenz, B., Winner, H.), Springer, Berlin, 277-295.
- Bragge, J., Korhonen, P., Wallenius, H. (2010): Bibliometric Analysis of Multiple Criteria Decision Making/Multiattribute Utility Theory. *Multiple Criteria Decision Making for Sustainable Energy and Transportation Systems. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* (ed. Ehrgott M., Naujoks B., Stewart T., Wallenius J.), Springer, Berlin, 634 DOI: 10.1007/978-3-642-04045-0_22
- Chapman, W. L., Bahill, A. T., Wymore, A. W. (1992): Engineering Modeling and Design. *CRC Press*, London, ISBN: 0-8493-8011-1
- Chorus, C. G., Timmermans, H. J. P. (2011): Personal Intelligent Travel Assistant. *A Handbook of Transport Economics* (ed. Palma, A., Lindsey, R., Quinet, E., Vickerman, R.), Edward Elgar, Cheltenham, 604-623. ISBN: 978 1 84720 203 1
- Coombes, T., Farthing, S., Winter, J. (2003): Travel behaviour and local accessibility to services and facilities. *The Compact City. A Sustainable Urban Form?* (ed. Jenks, M., Burton, E., Williams, K.) E. & F.N. Spon., London, 181-189. ISBN: 0 419 21300 7
- Denke, Zs. (2003): A városi közforgalmú személyközlekedési rendszer sztochasztikus folyamatainak hatása a szolgáltatás minőségére. PhD értekezés. BME.
- Farkas, A. (2014): Appraisal and Development of Transportation Systems Using Multiple Criteria Decision Making Methodology, DSc Dissertation.
- Flämig, H. (2016): Autonomous Vehicles and Autonomous Driving in Freight Transport. *Autonomous Driving* (ed. Maurer, M., Gerdes, J.C., Lenz, B., Winnerpp, H.), Springer, Berlin, 365-385. DOI:10.1007/978-3-662-48847-8
- Grossardt, T., Bailey, K. (2018). Public Participation in Transportation Planning and Design: Theory, Process, and Practice. *Transportation Planning and Public Participation*, 1-26. DOI: 10.1016/B978-0-12-812956-2.00001-3

- Gummesson, E. (1991): Service Quality, a Holistic View. *Service Quality: Multidisciplinary and Multinational Perspectives* (ed. Brown, S.W., Gummesson, E., Edvardsson, B., Gustavsson, B.), Lexington Books, New York, 3-22.
- Lindeis, A-E. (2010): Air Traffic Management. *Human Factors in Aviation* (ed. Salas, E., Maurino, D.), Elsevier, London, 627-657. DOI: 10.1016/B978-0-12-374518-7.00020-1
- Lindenbach, Á. Barsi, Á., Lovas, T. (2004): Az intelligens közlekedési rendszerek alkalmazása a közúti közlekedésben, szerzői kiadás, ISBN 963 460 019 0, 140 p.
- Lom, M. (2019): Modeling of Smart Cities Using Multi-Agent Systems. PhD Dissertation. Technical University of Prague.
- Lotz, F. (2013): System Architectures for Automated Vehicle Guidance Concepts. *Automotive Systems Engineering* (ed. Maurer, M., Winner, H.), Springer, Berlin, Heidelberg, 39-61. DOI: 10.1007/978-3-642-36455-6_3, ISBN: 978-3-642-36454-9
- Mahmassani, H. S., Koppelman, F. S., Frei, C., Frei, A., Haas, R. (2013): Synthesis of Traveler Choice Research: Improving Modeling Accuracy for Better Transportation Decision-making. Publisher: US Department of Transportation
- 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* (ed. Jiang, B., Yao, X.), GeoJournal Library. Springer, Dordrecht, 99: 197-220. DOI: 10.1007/978-90-481-8572-6_11
- Mándoki, P. (2005): Személyközlekedési rendszerek értékelési lehetőségei a városi és térségi közlekedésben. PhD értekezés. BME.
- Piet, R. (2011): The Economics of Information in Transport. *A Handbook of Transport Economics* (ed. Palma, A., Lindsey, R., Quinet, E., Vickerman, R.), Edward Elgar, Cheltenham, 586-603. ISBN: 978 1 84720 203 1
- Schlingensiepen, J., Nemtanu, F., Mehmood, R., McCluskey, L. (2016): Autonomic Transport Management Systems - Enabler for Smart Cities, Personalized Medicine, Participation and Industry Grid/Industry 4.0. Intelligent. *Transportation Systems - Problems and Perspectives* (ed. Sladkowski, A., Pamula, W.), Springer, New York, 3-36. ISBN: 978-3-319-19149-2
- Sieniutycz, S. (2020): Systems Design: Modeling, Analysis, Synthesis, and Optimization. Complexity and Complex Thermo-Economic Systems (ed. Sieniutycz, S.) Elsevier, London, pp. 85-115. DOI: 10.1016/B978-0-12-818594-0.00005-2, ISBN: 978-0-12-818594-0
- 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* (ed. Meyer, G., Beiker, S.). Springer, Cham DOI: 10.1007/978-3-319-05990-7_20
- Tomasello, M. (2008): Origins of Human Communication. MIT Press, Cambridge, ISBN: 978-0-262-20177-3
- 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 hozzáférés: 2018.10.07]
- Wang, D., Xiang, Z. (2012): The New Landscape of Travel: A Comprehensive Analysis of Smartphone Apps. *Information and Communication Technologies in Tourism 2012* (ed. Fuchs, M., Ricci F., Cantoni L.) Springer, Vienna, 308-319. DOI: 10.1007/978-3-7091-1142-0_27
- Westsik, Gy. (1969a): Közlekedési információs rendszerek és fejlesztésük. Tankönyvkiadó
- Westsik, Gy. (1975): Közlekedési információs rendszerek (Általános közlekedési informatika). Tankönyvkiadó
- Westsik, Gy. (1982): Közlekedési rendszertervezés. Tankönyvkiadó
- Westsik, Gy. (1983): Közlekedési informatika II. Tankönyvkiadó
- Westsik, Gy. (1988): Közlekedési informatika I. Tankönyvkiadó
- Wilson, B. (1984): Systems, concepts, methodologies, and applications. New York: Wiley, ISBN 0471904430.

Folyóiratcikkek

- Adegoke, E. I., Zidane, J., Kampert, E., Ford, C. R., Birrell, S. A., Higgins, M. D. (2019): Infrastructure Wi-Fi for Connected Autonomous Vehicle Positioning: A Review of the State-of-the-art. *Vehicular Communications*, 20: 100185 DOI: 10.1016/j.vehcom.2019.100185
- Apostolaki-Iosifidou, E., Codani, P., Kempton, W. (2017): Measurement of Power Loss During Electric Vehicle Charging and Discharging. *Energy*. 127: 730-742. DOI: 10.1016/j.energy.2017.03.015
- Alegre, S., Míguez, J. V., Carpio, J. (2017): Modelling of Electric and Parallel-Hybrid Electric Vehicle Using Matlab/Simulink Environment and Planning of Charging Stations Through a Geographic

- Information System and Genetic Algorithms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74: 1020-1027. DOI: 10.1016/j.rser.2017.03.041
- Alhazmi, Y. A., Mostafa, H. A., Salama, M. M. A. (2017): Optimal Allocation for Electric Vehicle Charging Stations Using Trip Success Ratio. *International Journal of Electric Power & Energy Systems*, 91: 101-116. DOI: 10.1016/j.ijepes.2017.03.009
- Alessandrini, A., Alfonsi, R., Site, P. D., Stam, D. (2014): Users' Preferences Towards Automated Road Public Transport: Results from European Surveys. *Transportation Research Procedia*, 3: 139-144. DOI: 10.1016/j.trpro.2014.10.099
- Alessandrini, A., Campagna, A., Site, P. D., Filippi, F., Persia, L. (2015): Automated Vehicles and the Rethinking of Mobility and Cities. *Transportation Research Procedia*, 5: 145-160. DOI: 10.1016/j.trpro.2015.01.002
- Alonso, M., Amaris, H., Germain, J. G., Galan, J. M. (2014): Optimal Charging Scheduling of Electric Vehicles in Smart Grids by Heuristic Algorithms. *Energies*, 7(4): 2449-2475. DOI: 10.3390/en7042449
- Amer, N. H., Zamzur, H., Hudha, K., Kadir, Z. A. (2017): Modelling and Control Strategies in Path Tracking Control for Autonomous Ground Vehicles: A Review of State of the Art and Challenges. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 86: 225-254. DOI: 10.1007/s10846-016-0442-0
- Andrenacci, N., Ragona, R., Valenti, G. (2016): A Demand-Side Approach to the Optimal Deployment of Electric Vehicle Charging Stations in Metropolitan Areas. *Applied Energy* 182: 39-46. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.07.137
- Awasthi, A., Venkitusamy, K., Pdmanaban, S., Selvamuthukumar, R., Blaabjerg, F., Singh, A. K. (2017): Optimal Planning of Electric Vehicle Charging Station at the Distribution System Using Hybrid Optimization Algorithm. *Energy* 133: 70-78. DOI: 10.1016/j.energy.2017.05.094
- 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*, 67: 1-14. DOI: 10.1016/j.trc.2016.01.019
- Berman, O., Verter, V., Kara, B. Y. (2007): Designing Emergency Response Networks for Hazardous Materials Transportation. *Computers & Operations Research* 34: 1374-1388. DOI: 10.1016/j.cor.2005.06.006
- 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
- Brown, S., Swartz, T. (1989): A Gap Analysis of Professional Service Quality. *Journal of Marketing*, 53(2): 92-98, DOI: 10.2307/1251416
- Cai, H., Jia, X., Chiu, A.S.F., Hu, X., Xu, M. (2014): Siting Public Electric Vehicle Charging Stations in Beijing Using Big-data Informed Travel Patterns of the Taxi Fleet, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 33: 39-46, DOI: 10.1016/j.trd.2014.09.003
- Caicedo, F. (2010): Real-time Parking Information Management to Reduce Search Time, Vehicle Displacement and Emissions, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 15 (4): 228-234. DOI: 10.1016/j.trd.2010.02.008
- Canals, L., Egoitz, M.-L., García, B. A., Nieto, N. (2016): Sustainability Analysis of the Electric Vehicle use in Europe for CO₂ Emission Reduction. *Journal of Cleaner Production*, 127: 425-437. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.03.120
- Cao, Z., Ceder, A. (2019): Autonomous Shuttle Bus Service Timetabling and Vehicle Scheduling Using Skip-stop Tactic. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 102: 370-395. DOI: 10.1016/j.trc.2019.03.018
- Carrillat, F. A., Jaramillo, F., Mulki, J. P. (2007): The Validity of the SERVQUAL and SERVPERF Scales: A Meta-analytic View of 17 Years of Research Across Five Continents. *International Journal of Service Industry Management*, 18(5): 472-490. DOI: 10.1108/09564230710826250
- Chen, N., Tan, C. W., Quek, T. Q. S. (2014): Electric Vehicle Charging in Smart Grid: Optimality and Valley-Filling Algorithms. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 8(6): 1073-1083. DOI: 10.1109/JSTSP.2014.2334275
- Chen, T. D., Kockelman, K. M., Khan, M. (2013): The Electric Vehicle Charging Station Location Problem: A Parking-Based Assignment Method for Seattle, Washington. *Transportation Research Record* 2385: 28-36. DOI: 10.3141/2385-04
- 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*, 94: 243-254. DOI: 10.1016/j.tra.2016.08.020
- Chica-Olmo, J., Gachs-Sánchez, H., Lizarraga, C. (2018): Route Effect on the Perception of Public Transport Services Quality. *Transport Policy*, 67: 40-48. DOI: 10.1016/j.tranpol.2017.03.024

- Cowan, K. R. (2013): A New Roadmapping Technique for Creatively Managing the Emerging Smart Grid. *Creativity and Innovation Management*, 22(1): 67–83. DOI: 10.1111/caim.12017
- Cyganski, R., Heinrichs, M., von Schmidt, A., Krajzewicz, D. (2018): Simulation of Automated Transport Offers for the City of Brunswick. *Procedia Computer Science*, 130, 872–879. DOI: 10.1016/j.procs.2018.04.083
- Daniels, R., Mulley, C. (2013): Explaining Walking Distance to Public Transport: The Dominance of Public Transport Supply. *Journal of Transport and Land Use*, 6(2): 5–20. DOI: 10.5198/jtlu.v6i2.308
- Druitt, J., Früh, W.-G. (2012): Simulation of Demand Management and Grid Balancing with Electric Vehicles. *Journal of Power Sources*, 216: 104–116. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2012.05.033
- Fagnant, D., Kockelman, K. M. (2014): The Travel and Environmental Implications of Shared Autonomous Vehicles, Using Agent-based Model Scenarios. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 40: 1–13. DOI:10.1016/j.trc.2013.12.001
- Fagnant, D., Kockelman, K. M. (2015): Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77: 167–181. DOI: 10.1016/j.tra.2015.04.003
- Fang, Z., Li, Q., Shaw, S.-L. (2015): What About People in Pedestrian Navigation? *Geo-spatial Information Science*, 18(4): 135–150. DOI: 10.1080/10095020.2015.1126071
- Fáskerty, P., Horváth, G., Rixer, A., Turi, J. (2012): The Public Transport Services to Measure the Quality of Standard Bases. *Acta Technica Jaurinensis*, 5(3): 207–222.
- Forrest, K. E., Tarroja, B., Zhang, L., Shaffer, B., Samuelsen, S. (2016) Charging a Renewable Future: The Impact of Electric Vehicle Charging Intelligence on Energy Storage Requirements to Meet Renewable Portfolio Standards. *Journal of Power Sources*, 336: 63–74. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2016.10.048
- Gál, L., Sipos, T. (2018): Autonóm gépjárművek elterjedésének hatása a fajlagos nemzetgazdasági veszteségértékekre vonatkozóan. *Közlekedéstudományi Szemle*, 68(4): 74–82. DOI: 10.24228/KTSZ.2018.4.6
- Gan, L., Topcu, U., Low, S. H. (2013): Optimal Decentralized Protocol for Electric Vehicle Charging. *IEEE Transactions on Power Systems*, 28(2): 910–951. DOI: 10.1109/TPWRS.2012.2210288
- Gavranovic, H., Barut, A., Ertek, G., Yüzbaşıoğlu, O. B., Pekpostalci, O., Tombus, Ö. (2014): Optimizing the Electric Charge Station Network of ESARJ. *Procedia Computer Science*. 31: 15–21. DOI: 10.1016/j.procs.2014.05.240
- Gong, L., Fu, Y., Li, Z. (2016): Integrated Planning of BEV Public Fast-charging Stations. *The Electricity Journal*, 29(10): 62–77. DOI: 10.1016/j.tej.2016.11.010
- Grotenhuis, J.-W., Wiegman, B. W., Rietveld P. (2007): The Desired Quality of Integrated Multimodal Travel Information in Public Transport: Customer Needs for Time and Effort Savings, *Transport Policy*. 14(1): 27–38. DOI: 10.1016/j.tranpol.2006.07.001
- Grönroos, C. (1988): Service Quality: The six Criteria of Good Perceived Service, *Review of Business*. 9(3): 10–13
- Grönroos, C. (1984): A Service Quality Model and its Marketing Implications, *European Journal of Marketing*. 18(4): 36–44. DOI: 10.1108/EUM00000000004784.
- Gruel, W., Stanford, JM. (2016): Assessing the Long-term Effects of Autonomous Vehicles: a Speculative Approach. *Transportation Research Procedia*, 13: 18–29. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.003
- He, F., Yin, Y., Zhou, J. (2015): Deploying Public Charging Stations for Electric Vehicles on Urban Road Networks. *Transportation Research Part C*, 60: 227–240. DOI: 10.1016/j.trc.2015.08.018
- Hernandez, L., Baladron, C., Aguiar, J. M., Calavia, L., Carro, B., Sanchez-Esguevillas, A., Cook, D.J., Chinarro, D., Gomez, J. (2012): A Study of the Relationship Between Weather Variables and Electric Power Demand Inside a Smart Grid/Smart World Framework. *Sensors*, 12(9): 11571–11591. DOI: 10.3390/s120911571
- Hidrue, M.K., Parsons, G.R., Kempton, W., Gardner, M.P. (2011): Willingness to Pay for Electric Vehicles and their Attributes. *Resource and Energy Economics*, 33(3): 686–705. DOI: 10.1016/j.reseneeco.2011.02.002
- Huang, K., Kanaroglou, P., Zhang, X. (2016): The Design of Electric Vehicle Charging Network. *Transportation Research Part D* 49: 1–17. DOI: 10.1016/j.trd.2016.08.028
- Joller, L., Varblane, U. (2016): Learning from an Electromobility Living Lab: Experiences from the Estonian ELMO Programme. *Case Studies on Transport Policy*, 4(2): 57–67. DOI: 10.1016/j.cstp.2015.11.001
- Juhász, J., Munkácsiné, L. E. (2008): Útvonalválasztás az aktuális közlekedési információk felhasználásával. *Városi Közlekedés*, XLVIII:(3) 137–141.
- Kamargianni, M., Li, W., Matyas, M., Schäfer, A. (2016): A Critical Review of New Mobility Services for Urban Transport. *Transportation Research Procedia*, 14: 3294–3303. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.277

- Kamel, J., Vosooghi, R., Puchinger, J., Ksontini, F., Sirin G. (2019): Exploring the Impact of User Preferences on Shared Autonomous Vehicle Modal Split: A Multi-Agent Simulation Approach, *Transportation Research Procedia*, 37, 115-122, DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.173
- Karimi, H., Shetab-Boushehri, S.-N., Zeinal Hamadani, A. (2019): Optimal Sensor Location and Origin-destination Matrix Observation with and without Sensors on Uncongested Networks. *Transport*, 1-12. DOI: 10.3846/transport.2019.11247
- Kelemen, Zs. (2009): Airport Information System Integration by Using Message Broker. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 37(1-2): 15-21, DOI: 10.3311/pp.tr.2009-1-2.03
- Kenyon, S., Lyons, G. (2003): The Value of Integrated Multimodal Traveller Information and Its Potential Contribution to Modal Change, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 6: 1-21. DOI: 10.1016/S1369-8478(02)00035-9
- Khoo, H. L., K. S. Asitha (2016): User Requirements and Route Choice Response to Smart Phone Traffic Applications (apps), *Travel Behaviour and Society*, 3: 59-70. DOI: 10.1016/j.tbs.2015.08.004
- Klappenecker, A., Lee, H., Welch J.L. (2014): Finding Available Parking Spaces Made Easy. *Ad Hoc Networks*, 12: 243-249.
- 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*, 67: 1-14. DOI: 10.1016/j.trc.2016.01.019
- Kövesné, Gilicze, É. (1996a): Térbeni-időbeni intézkedések a városi közforgalmú közlekedés minőségének javítására. *Városi Közlekedés*, XXXVI (3): 147-151.
- Kövesné, Gilicze, É. (1996b): A városi személyközlekedési rendszer értékelése minőségi ismérvek alapján. *Városi Közlekedés*, XXXVI (5): 267-273.
- Kövesné, Gilicze, É. (2000): Térségi közösségi közlekedés minőségi kérdései. *Városi Közlekedés*, XL (2): 92-96.
- Kövesné, Gilicze, É. (2007): A fenntartható felszíni közlekedés fejlesztésének rendszerkapcsolatai. *Innováció és fenntartható felszíni közlekedés konferencia*, Budapest. 1-8.
- Kövesné, Gilicze, É., Debreczeni, G. (2010): A közösségi közlekedés szolgáltatási kritériumrendszerének elméleti keretei. *Közlekedéstudományi Szemle*, LX (4): 25-30.
- Kövesné, Gilicze, É. (2017): A közlekedéstudomány helye, szerepe a hazai tudományos rendszerben. *Közlekedéstudományi Szemle*, LXVII (2): 7.
- Kramers, A. (2014): Designing Next Generation Multimodal Traveler Information Systems to Support Sustainability-oriented Decisions, *Environmental Modelling & Software, Thematic issue on Modelling and evaluating the sustainability of smart solutions*, 56: 83-93. DOI: 10.1016/j.envsoft.2014.01.017
- Krueger, R., Rashidi, T. H., Rose, J. M. (2016): Preferences for Shared Autonomous Vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 69: 343-355. DOI:10.1016/j.trc.2016.06.015
- Krupa, J. S., Rizzo, M. D., Eppstein, M. J., Lanute, D. B., Gaalema, D. E., Lakkaraju, K., Warrender, C. E. (2014): Analysis of a Consumer Survey on Plug-in Hybrid Electric Vehicles. *Transportation Research Part A*, 64: 14-31. DOI: 10.1016/j.tra.2014.02.019
- Lamotte, R., Palma, A., Geroliminis, N. (2017): On the Use of Reservation-based Autonomous Vehicles for Demand Management. *Transportation Research Part B: Methodological*, 99: 202-227. DOI: 10.1016/j.trb.2017.01.003
- Liu, Z., Wen, F., Ledwich, G. (2013): Optimal Planning of Electric Vehicle Charging Stations in Distribution Systems. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 28(1): 102-110. DOI: 10.1109/TPWRD.2012.2223489
- Lu, Z., Du, R., Dunham-Jones, R., Park, H., Crittenden, J. (2017): Data-Enabled Public Preferences Inform Integration of Autonomous Vehicles with Transit-Oriented Development in Atlanta. *Cities*, 63: 118-127. DOI: 10.1016/j.cities.2017.01.004
- Ma, J., Mitchell, G., Heppenstall, A. (2014): Daily Travel Behaviour in Beijing, China: An Analysis of Workers' Trip Chains, and the Role of Socio-demographics and Urban Form. *Habitat International*, 43: 263-273. DOI: 10.1016/j.habitatint.2014.04.008
- Madigan, R., Louw, T., Dziennus, M., Graindorge, T., Ortega, E., Graindorge, M., Merata, N. (2016): Acceptance of Automated Road Transport Systems (ARTS): An Adaptation of the UTAUT Model. *Transportation Research Procedia*, 14: 2217-2226. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.237
- Marković, N., Kim, M. (Edward), Kim, E., Milinković, S. (2019): A Threshold Policy for Dispatching Vehicles in Demand-responsive Transit Systems. *Promet - Traffic&Transportation*, 31(4): 387-395. DOI: 10.7307/ptt.v31i4.3027.
- Marois, R., Ivanoff, J. (2005): Capacity Limits of Information Processing in the Brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(6): 296-305. DOI: 10.1016/j.tics.2005.04.010

- Martinez L. M., Viegas J. M. (2017): Assessing the Impacts of Deploying a Shared Self-driving Urban Mobility System: An agent-based Model Applied to the City of Lisbon, Portugal, *International Journal of Transportation Science and Technology*, 6(1): 13-27, DOI: 10.1016/j.ijtst.2017.05.005
- Merlo, C., Girard, Ph. (2004): Information System Modelling for Engineering Design Co-ordination. *Computers in Industry*, 55(3): 317-334. DOI: 10.1016/j.compind.2004.08.008
- Miglani, A., Kumar, N. (2019): Deep Learning Models for Traffic Flow Prediction in Autonomous Vehicles: A Review, Solutions, and Challenges. *Vehicular Communications*, 20: 100184, DOI: 10.1016/j.vehcom.2019.100184
- 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*, 17(1): 63-85.
- Monigl, J. (2001): A telematika szerepe a városi és környéki közlekedés modális integrációjának javításában. *Városi Közlekedés*, 41(6): 332-337.
- Moreno A. T., Michalski A., Llorca C., Moeckel R. (2018): Shared Autonomous Vehicles Effect on Vehicle-Km Traveled and Average Trip Duration, *Journal of Advanced Transportation*, Article ID 8969353, DOI: 10.1155/2018/8969353
- Mouratidis, K., Ettema, D., Naess, P. (2019): Urban Form, Travel Behavior, and Travel Satisfaction *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 129: 306-320. DOI: 10.1016/j.tra.2019.09.002
- 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*, (101): 111-132. DOI: 10.1016/j.tra.2017.05.007
- Nadi, S., Delavar, M. R. (2011): Multi-criteria, Personalized Route Planning Using Quantifier-guided Ordered Weighted Averaging Operators. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13 (3): 322-335 DOI: 10.1016/j.jag.2011.01.003
- Namdeo, A., Tiwary, A., Dziurla, R. (2014): Spatial Planning of Public Charging Points Using Multi-dimensional Analysis of Early Adopters of Electric Vehicles for a City Region. *Technological Forecasting & Social Change*, 89: 188-200 DOI: 10.1016/j.techfore.2013.08.032
- Napoli, G., Polimeni, A., Micari, S., Andaloro, L., Antonucci, V. (2020): Optimal Allocation of Electric Vehicle Charging Stations in a Highway Network: Part 1. Methodology and test application. *Journal of Energy Storage* 27 (101102). DOI: 10.1016/j.est.2019.101102
- 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*, 2602: 60-67. DOI: 10.3141/2602-08
- Nordhoff, S., de Winter, J., Madiga, R., Merat, N., van Arem, B., Happee, R. (2018): User Acceptance of Automated Shuttles in Berlin-Schöneberg: A Questionnaire Study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58: 843-854. DOI: 10.1016/j.trf.2018.06.024
- dell'Olio, L., Ibeas, A., Cecin, P. (2011): The Quality of Service Desired by Public Transport Users. *Transport Policy*, 18(1): 217-227. DOI: 10.1016/j.tranpol.2010.08.005
- Olivková, I. (2017): Comparison and Evaluation of Fare Collection Technologies in the Public Transport. *Procedia Engineering*, 178: 515-525. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.01.099
- Ottomanelli, M., Dell'Orco, M., Sassanelli, D. (2011): Modelling Parking Choice Behaviour Using Possibility Theory. *Transportation Planning and Technology*, 34(7): 647-667 DOI: 10.1080/03081060.2011.602846
- 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 Procedia*, 10: 472-482. DOI: 10.1016/j.trpro.2015.09.001
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., Berry, L. L. (1985): A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research. *Journal of Marketing*, 49: 41-50. DOI: 10.2307/1251430
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., Berry L., L. (1988). SERVQUAL: A Multiple-item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality. *Journal of Retailing*, 64(1): 12-40.
- Payre, W., Cestac, J., Delhomme, P. (2014): Intention to Use a Fully Automated Car: Attitudes and a Priori Acceptability. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 27: 252-263. DOI: 10.1016/j.trf.2014.04.009
- Philipsen, R., Schmidt, T., van Heek, J., Ziefle, M. (2016) Fast-Charging Station Here, Please! User Criteria for Electric Vehicle Fast-Charging Locations. *Transportation Research Part F*. 40: 119-129. DOI: 10.1016/j.trf.2016.04.013
- 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*, 14: 2168-2177. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.232

- Redman, L., Friman, M., Garling, T., Hartig, T. (2013): Quality Attributes of Public Transport that Attract Car Users: A Research Review. *Transport Policy*, 25: 119–127. DOI: 10.1016/j.tranpol.2012.11.005
- Rodier, C. J., Shaheen, S. A. (2010): Transit-based Smart Parking: An Evaluation of the San Francisco Bay Area Field Test. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 18(2): 225–233. DOI: 10.1016/j.trc.2009.07.002
- Salah, B. (2020): Design, Simulation, and Performance-evaluation-based Validation of a Novel RFID-based Automatic Parking System. *Simulation-Transactions of the Society for Computer Simulation International* 96(5): 487–497. DOI: 10.1177/0037549719890676
- Sanchez-Hidalgo, M.-A., Cano, M.-D. (2018): A Survey on Visual Data Representation for Smart Grids Control and Monitoring. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 16: 351–369. DOI: 10.1016/j.segan.2018.09.007
- Sathaye, N., Kelley, S. (2013): An Approach for the Optimal Planning of Electric Vehicle Infrastructure for Highway Corridors. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 59: 15–33. DOI: 10.1016/j.tre.2013.08.003
- Schäuble, J., Kaschub, T., Ensslen, A., Jochem, P., Fichtner, W. (2017): Generating Electric Vehicle Load Profiles from Empirical Data of three EV Fleets in Southwest Germany, *Journal of Cleaner Production*, 150: 253–266. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.02.150
- Shahraki, N., Cai, H., Turkay, M., Xu, M. (2015): Optimal Locations of Electric Public Charging Stations Using Real World Vehicle Travel Patterns, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 41: 165–176, DOI: 10.1016/j.trd.2015.09.011
- Shen Y., Zhang H., Zhao J. (2018): Integrating Shared Autonomous Vehicle in Public Transportation System: A Supply-side Simulation of the First-mile Service in Singapore, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 113: 125–136, DOI: 10.1016/j.tra.2018.04.004
- Shin, J., Jun, H. (2014): A Study on Smart Parking Guidance Algorithm. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 44: 299–317. DOI: 10.1016/j.trc.2014.04.010
- Shirmohammadli, A., Vallée, D. (2017): Developing a Location Model for Fast Charging Infrastructure in Urban Areas. *International Journal of Transport Development and Integration*, 1 (2): 159–170. DOI: 10.2495/TDI-V1-N2-159-170
- Siddhartha, M., Arunabh, C., Albert, Y., Rajit, G. (2013): Electric Vehicle Smart Charging and Vehicle-to-grid Operation. *International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems*, 28 (3): 249–265. DOI: 10.1080/17445760.2012.663757
- Siegler, V. (2010): Multimédiás útvonalajánló és utastájékoztató portál: www.utvonalterv.hu *Közlekedésképzési szemle*. 60(4): 22–25.
- Smith, M., Butcher, T. (2008): How Far Should Parkers Have to Walk? *Parking*, 47(4): 28–31.
- Spitadakis, V., Fostieri, M. (2012): WISETRIP – International Multimodal Journey Planning and Delivery of Personalized Trip Information. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 48: 1294–1303. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.06.1105
- Sulabh, S., Nadia, A. (2018) Stochastic Charging of Electric Vehicles in Smart Power Distribution Grids. *Sustainable Cities and Society*. 40: 91–100. DOI: 10.1016/j.scs.2018.03.031
- Sun, X.-H., Yamamoto, T., Morikawa, T. (2016): Fast-Charging Station Choice Behavior Among Battery Electric Vehicle Users. *Transportation Research Part D*, 46: 26–39. DOI: 10.1016/j.trd.2016.03.008
- Tang, X., Chai M., Chen X., Chen W. (2020): Spatio-Temporal Reachable Area Calculation Based on Urban Traffic Data. *IEEE Systems Journal*, 1–12 DOI: 10.1109/JSYST.2020.2980076.
- Tchawou Tchuisseu, E.B., Gomila, D., Colet, P. (2019): Reduction of Power Grid Fluctuations By Communication Between Smart Devices. *Electrical Power and Energy Systems*, 108: 145–152. DOI: 10.1016/j.ijepes.2019.01.004
- Tettamanti, T., Varga, I., Szalay, Z. (2016): Impacts of Autonomous Cars from a Traffic Engineering Perspective. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 44(2): 244–250. DOI: 10.3311/PPtr.9464
- Teodorovic, D., Lucic, P. (2006): Intelligent parking systems. *European Journal of Operational Research*, 175(3): 1666–1681. DOI: 10.1016/j.ejor.2005.02.033.
- Thill, J.-C., Dao, T.H.D., Zhou, Y. (2011): Traveling in the Three-dimensional City: Applications in Route Planning, Accessibility Assessment, Location Analysis and Beyond. *Journal of Transport Geography*, 19: 405–421. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2010.11.007.
- Upchurch, C., Kuby, M. (2010) Comparing the p-median and Flow-refueling Models for Locating Alternative-fuel Stations. *Journal of Transport Geography*, 18, 750–758. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2010.06.015
- Yan, G., Yang, W., Rawat, D., Olariu, S. (2011): SmartParking: A Secure and Intelligent Parking System, *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 3(1): 18–30. DOI: 10.1109/MITS.2011.940473.

- 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*, 116: 30-40, DOI: 10.1016/j.aap.2017.11.010
- Yao, W., Zhao, J., Wen, F., Dong, Z., Xue, Y., Xu, Y., Meng, K. (2014): A Multi-Objective Collaborative Planning Strategy for Integrated Power Distribution and Electric Vehicle Charging Systems. *IEEE Transactions on Power Systems*, 29(4): 1811-1821. DOI: 10.1109/TPWRS.2013.2296615
- Wang, W., Wets, G., Shen, Y. (2019): Electromobility for Green Transportation Systems and Sustainable Environment. *Transportation Research Part D*, 66: 1-2. DOI: 10.1016/j.trd.2018.07.020
- Wanga, T., Xiea, C., Xiea, J., Waller, T. (2016): Path-Constrained Traffic Assignment: A Trip Chain Analysis Under Range Anxiety. *Transportation Research Part C*, 68: 447-461. DOI: 10.1016/j.trc.2016.05.003
- Westsik Gy. (1967): Kibernetikai módszerek a közlekedésben. *Közlekedéstudományi Szemle*, XVII (1): 9-17.
- Westsik Gy. (1969b): General Model of an Information System for Controlling Complex Organisations. *Periodica Polytechnica, Electrical Engineering*, 13 (1-2): 47-72.
- Westsik Gy. (1970): Számítógép-rendszerek a közlekedésben. *Közlekedéstudományi Szemle*, XX (10): 441-449.
- Westsik Gy. (1980): A számítógépes adatfeldolgozás és irányítás fejlesztésének helyzete a közlekedésben és hírközlésben. *Közlekedéstudományi Szemle*, XXX (9): 385-396.
- Westsik Gy. (1986): A közlekedés informatikai fejlesztése. *Közlekedéstudományi Szemle*, XXXVI (7): 294-300.
- Westsik Gy. (1987): Analytic System Model for the Analysis and Design of Distributed Information System. *Periodica Polytechnica, Transportation Engineering*, 15 (1): 15-27.
- Xi, X., Sioshansi, R., Marano, V. (2013): Simulation-optimization Model for Location of a Public Electric Vehicle Charging Infrastructure. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 22: 60-69. DOI: 10.1016/j.trd.2013.02.014
- Xydas, E., Marmaras, C., Cipcigan, L.M., Jenkins, N., Carroll, S., Barker, M. (2016): A Data-driven Approach for Characterising the Charging Demand of Electric Vehicles: A UK Case Study. *Applied Energy*, 162: 731-771. DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.10.151
- Yang, Y., Yao, E., Yang, Z., Zhang, R. (2016): Modeling the Charging and Route Choice Behavior of BEV drivers. *Transportation Research Part C*, 65: 190-204. DOI: 10.1016/j.trc.2015.09.008
- van der Waerden, P., Timmermans, H., Bruin-Verhoeven, M. (2017): Car Drivers' Characteristics and The Maximum Walking Distance Between Parking Facility and Final Destination. *Journal of Transport and Land Use*, 10(1): 1-11. DOI: 10.5198/jtlu.2015.568
- Zhang, W., Guhathakurta, S., Fang, J., Zhang G. (2015): Exploring the Impact of Shared Autonomous Vehicles on Urban Parking Demand: An Agent-based Simulation Approach. *Sustainable Cities and Society*, 19: 34-45 DOI: 10.1016/j.scs.2015.07.006
- Zheng, C., Xu, G., Xu, K., Pan, Z., Liang, Q. (2015): An Energy Management Approach of Hybrid Vehicles Using Traffic Preview Information for Energy Saving. *Energy Conversion and Management*, 105: 462-470. DOI: 10.1016/j.enconman.2015.07.061

Konferenci cikkek

- Boostani, A, Ghodsi, R, Miab, A. K. (2010): Optimal Location of Compressed Natural Gas (CNG) Refueling Station Using the Arc Demand Coverage Model. *Fourth Asia International Conference on Mathematical/Analytical Modelling and Computer Simulation*, 193-198 DOI: 10.1109/AMS.2010.49
- 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*, 140-152. DOI: 10.1007/978-3-642-11284-3_15
- Cyganski, R., Fraedrich, E., Lenz, B. (2015): Travel-time Valuation for Automated Driving: a Use-case Driven Study. *In TRB 94th Annual Meeting*. Paper No.: 15-4259
- Dohmen, C. (2017) Evolution of Passenger Information in Public Transport to Bi-directional Communication Gives Access to New Data Sources. *International Conference on Intelligent Transport Systems in Theory and Practice*, mobil.TUM, Munich.
- Drovtar, I., Rosin, A., Landsberg, M., Kilter, J. (2013): Large Scale Electric Vehicle Integration and Its Impact on the Estonian Power System. *2013 IEEE Grenoble Conference (PowerTech)*. DOI: 10.1109/PTC.2013.6652181
- Ge, S., Feng, L., Liu, H. (2011): The Planning of Electric Vehicle Charging Station Based on Grid Partition Method. *International Conference on Electrical and Control Engineering*, ICECE, Yichang, China. 2726-2730. DOI: 10.1109/ICECENG.2011.6057636

- 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. DOI: 10.1109/WF-IoT.2014.6803166
- Ip, A., Fong, S., Liu, E. (2010): Optimization for Allocating BEV Recharging Stations in Urban Areas by Using Hierarchical Clustering. *6th International Conference on Advanced Information Management and Service (IMS)*, Seoul, 460-465.
- Kashani, Z.N., Ronald, N., Winter, S. (2016): Comparing Demand Responsive and Conventional Public Transport in a Low Demand Context. *In Proceedings of the IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication Workshops*. DOI: 10.1109/PERCOMW.2016.7457089
- Katona, G., Lénárt, B., Juhász, J. (2016): Multimodális útvonaltervezés. *Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr, 367-379.
- Malokin, A., Circella, G., Mokhtarian, P. (2015): How Do Activities Conducted while Commuting Influence Mode Choice? Testing Public Transportation Advantage and Autonomous Vehicle Scenarios. *In: TRB 94th Annual Meeting Compendium of Papers*
- Meier, R., Harrington, A., Cahill, V. (2005): A Framework for Integrating Existing and Novel Intelligent Transportation Systems. *Proceedings of 2005 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference*, Vienna, 154-159
- Merat, N., Madigan, R., Nordhoff, S. (2017): Human Factors, User Requirements, and User Acceptance of Ride-Sharing in Automated Vehicles. *International Transport Forum*, Paris, Discussion Paper.
- Mets, K., Verschueren, T., Haerick, W., Develder, C., Turck, F. D. (2010): Optimizing Smart Energy Control Strategies for Plug-In Hybrid Electric Vehicle Charging. *IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium Workshops*, DOI: 10.1109/NOMSW.2010.5486561
- Nicolaidis, D., Cebon, D., Mile, J. (2017): An Autonomous Taxi Service for Sustainable Urban Transportation. *Smart City Symposium*, Prague, DOI: 10.1109/SCSP.2017.7973353
- Pereira, A.M., Anany, H., Pribyl, O., Prikryl, J. (2017). Automated Vehicles in Smart Urban Environment: A Review. *Smart City Symposium*, Prague, DOI: 10.1109/SCSP.2017.7973864
- Rungta, N., Mercer, E. G., Raimoni, F., Krantz, B. C., Stocker, R., Wallace, A. (2016): Modeling Complex Air Traffic Management Systems. *Proceedings of the 8th International Workshop on Modeling in Software Engineering*, 41-47. DOI: 10.1145/2896982.2896993
- Wang, F., Yang, M., Yang, R. (2006): Dynamic Fleet Management for Cybercars. *In Proceedings of the IEEE Intelligent Transportation Systems Conference*. DOI: 10.1109/ITSC.2006.1707393
- 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. *In TRB 95th Annual Meeting Compendium of Papers*.

Egyéb források

- Európai Szabványügyi Bizottság (2006): Public Passenger Transport – Basic Requirements and Recommendations for Systems that Measure Delivered Service Quality (EN15140)
- 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-Schumaner, S., Schwarz, J., Vogt, W. (2012): Legal Consequences of an Increase in Vehicle Automation, Consolidated final report of the project group, Part 1. (Report No. F 1100.5409013.01). <http://bast.opus.hbz-nrw.de>

Tézispontokhoz kapcsolódó saját közlemények jegyzéke

Könyvek/Könyvfejezetek

- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D. (2019a): Innovative Passenger Transportation Systems. Akadémia Kiadó, Budapest, DOI: 10.1556/9789630599412
- Csiszár, Cs., Földes, D., Csonka, B. (2018): Közlekedési információs rendszerek. Akadémia Kiadó, Budapest, DOI: 10.1556/9789634543053,
- Csiszár, Cs., Földes, D., He, Y. (2019b): Reshaped Urban Mobility. Könyvfejezet in: Urban Design, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.89211
- Kövesné, Gilicze, É., Debreczeni, G., Csiszár, Cs. (2015): Személyközlekedés. Felsőoktatási jegyzet.

Folyóiratcikkek

- Cserhádi, B., Csiszár, Cs. (2016a): Conception of Personalized Parking Assistant Application. *Periodica Polytechnica-Civil Engineering*. 60(2): 181-188. DOI:10.3311/PPci.7679, IF: 0,313
- Cserhádi, B., Csiszár, Cs. (2016b): Személyre szabott parkolást támogató alkalmazás koncepciója. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXVI (2): 31-42.

- Csiszár, Cs. (1999b): Számítógépes útitervkészítés az agglomeráció közforgalmú közlekedésében. *Városi Közlekedés*. XXXIX (3): 138-142.
- Csiszár, Cs. (2000c): Az integrált, intelligens utastájékoztató és információellátás rendszertechnikai modellje. *Közlekedéstudományi Szemle*. L (5): 161-174.
- Csiszár, Cs. (2000d): Városi közlekedésmenedzsment integrált, telematikai rendszerrel. *Városi Közlekedés*. XL (4): 224-238.
- Csiszár, Cs. (2001b): Az integrált intelligens utasinformaticai rendszer kialakulásának előzményei és alapjai. *Városi Közlekedés*. XLI (6): 360-366.
- Csiszár, Cs. (2003a): Az integrált, intelligens utasinformaticai rendszerénél alkalmazott hardver megoldások és azok általános modellje. *Közlekedéstudományi Szemle*. LIII (1): 21-32.
- Csiszár, Cs. (2003b): Az integrált, intelligens utasinformaticai rendszerénél alkalmazott szoftver eszközök és fő jellemzőik. *Közlekedéstudományi Szemle*. LIII (2): 60-64.
- Csiszár, Cs. (2003c): Az integrált intelligens utasinformaticai rendszer gyakorlati megvalósítása. *Városi Közlekedés*. XLIII (4): 216-222.
- Csiszár, Cs. (2003d): Model of Integrated Intelligent Passenger Information Systems. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 31 (1-2): 17-44. DOI: 10.3311/pp.tr.2003-1-2.02
- Csiszár, Cs. (2004a): Integrált díjbeszedő rendszer a személyközlekedésben. *Közlekedéstudományi Szemle*. LIV (12): 459-469.
- Csiszár, Cs. (2004b): A telematikai alkalmazások fejlődési irányai a közforgalmú közlekedésben. *Városi Közlekedés*. XLIV (6): 325-331.
- Csiszár, Cs. (2004d): Nagy települések személyforgalmának integrált dinamikus irányítása telematikai eszközökkel. *Városi Közlekedés*. XLIV (2): 84-97.
- Csiszár, Cs. (2004e): Elektronikus utastájékoztató rendszerek a helyi közösségi közlekedésben. *Közlekedéstudományi Szemle*. LIV (4): 147-155.
- Csiszár, Cs. (2005): Repülőtéri taxiforgalmat szabályozó telematikai rendszer. *Városi Közlekedés*. XLV (5): 280-287.
- Csiszár, Cs. (2006a): A biztonság fokozása telematikai rendszerekkel a közforgalmú közlekedésben. *Közlekedéstudományi Szemle*. LVI (1): 7-17.
- Csiszár, Cs. (2006b): Telematikailag irányított térben-időben rugalmas közforgalmú közlekedés. *Városi Közlekedés*. XLVI (3): 151-161.
- Csiszár, Cs. (2006c): Telematikailag integrált személyközlekedés. *Közlekedéstudományi Szemle*. LVI (12): 447-457.
- Csiszár, Cs. (2008): Tömegközlekedési minőségjavító intézkedések telematikai eszközökkel. *Városi Közlekedés*. XLVIII (2): 78-84.
- Csiszár, Cs. (2009a): Telematikai alapokon működő car-sharing rendszer. *Városi Közlekedés*. XLIX (4): 213-220.
- Csiszár, Cs. (2019a): Demand Calculation Method for Electric Vehicle Charging Station Locating and Deployment. *Periodica Polytechnica Civil Eng.* 63 (1): 255-265. DOI: 10.3311/PPci.13330, IF: 0,976
- Csiszár, Cs. (2019b): Innovatív személyközlekedési rendszerek és mobilitási szolgáltatások. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXIX (1): 14-23. DOI: 10.24228/KTSZ.2019.1.2
- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D., Dán, A., Farkas, Cs., Prikler, L. (2017): Az e-mobilitáshoz kapcsolódó közép- és hosszú távú villamos hálózati hatások. *Elektrotechnika*. 110 (9): 14-17.
- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D., Lovas, T., Wirth, E. (2018): Az országos átjárhatóságot biztosító elektromos villámtöltő-állomások helyszínét kijelölő módszer. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXVIII (1): 14-25. DOI: 10.24228/KTSZ.2018.1.2
- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D., Wirth, E., Lovas, T. (2019e): Urban Public Charging Station Locating Method for Electric Vehicles Based on Land Use Approach. *Journal of Transport Geography*, 74: 173-180; DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2018.11.016, IF: 3,56
- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D., Wirth, E., Lovas, T. (2020): Location Optimisation Method for Fast-Charging Stations Along National Roads. *Journal of Transport Geography*, DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102833 IF: 3,834
- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D., Wirth, E., Lovas, T. (2019f): Városi elektromos töltőállomások helyszínét kijelölő módszer. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXIX (3): 5-18. DOI: 10.24228/KTSZ.2019.3.1
- Csiszár, Cs., Földes, D. (2018a): System Model for Autonomous Road Freight Transportation. *Promet-Traffic&Transportation*. 30(1): 93-103; DOI:10.7307/ptt.v30i1.2566, IF: 0,768
- Csiszár, Cs., Földes, D., Tettamanti, T. (2019): Mobilitási szolgáltatások komplex automatizálási szintjei. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXIX (4): 33-48. DOI: 10.24228/KTSZ.2019.4.3

- Csiszár, Cs., Nagy, E. (2017): Model of Integrated Air Passenger Information System and its Adaptation to Budapest Airport. *Journal of Air Transport Management*. 64PA (33-41). DOI: 10.1016/j.jairtraman.2017.06.022; JATM1473, IF: 2,038
- Csiszár, Cs., Pauer, G. (2019): Concept of an Integrated Mobile Application Aiding Electromobility. *Transport Journal*. 34 (2): 187-194. <https://doi.org/10.3846/transport.2019.8629>, IF: 1,524
- Csiszár, Cs., Sándor, Zs. (2017): Method for Analysis and Prediction of Dwell Times at Stops in Local Bus Transportation. *Transport*. 32(3): 302-313. IF: 1,267
- Csiszár, Cs., Westsik, Gy. (1999a): Modelling of Computer Integrated Transportation. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 27 (1-2): 43-59. DOI: 10.3311/pp.tr.1999-1-2.04
- Csiszár, Cs., Westsik, Gy. (2014): A közlekedési informatika kutatása és oktatása a BME Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszékén. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXIV (2): 44-52.
- Csiszár, Cs., Zarkeshev, A. (2017): Demand-capacity Coordination Method in Autonomous Public Transportation. *Transportation Research Procedia*. 27: 784-790. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.12.109
- Csonka, B., Csiszár, Cs. (2015a): Carsharing rendszerek szolgáltatási minőségét elemző és értékelő módszer 1. rész: Alapfogalmak. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXV (4): 19-25.
- Csonka, B., Csiszár, Cs. (2015b): Carsharing rendszerek szolgáltatási minőségét elemző és értékelő módszer 2. rész: A módszer lépései és alkalmazása. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXV (5): 4-13.
- Csonka, B., Csiszár, Cs. (2016a): Service Quality Analysis and Assessment Method for European Carsharing Systems. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 44 (2): 80-88. DOI: 10.3311/PPtr.8559
- Csonka, B., Csiszár, Cs. (2017): Determination of Charging Infrastructure Locations for Electric Vehicles. *Transportation Research Procedia*. 27: 768-775, DOI: 10.1016/j.trpro.2017.12.115
- Csonka, B., Csiszár, Cs. (2019a): Integrated Information Service for Plug-In Electric Vehicle Users Including Smart Grid Functions. *Transport Journal*. 34(1):135-145. DOI:10.3846/transport.2019.8548, IF: 1,52
- Csonka, B., Havas, M., Csiszár, Cs., Földes, D. (2020): Operational Methods for Charging of Electric Vehicles. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 48(4): 369-376. DOI: 10.3311/PPtr.15853
- Esztergár-Kiss, D., Csiszár, Cs. (2012a): Közforgalmú internetes utazástervező rendszerek multikritériumos értékelő elemzése. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXII (6): 21.-31.
- Esztergár-Kiss, D., Csiszár, Cs. (2015): Evaluation of Multimodal Journey Planners and Definition of Service Levels, *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*. 13 (3): 154-165. DOI 10.1007/s13177-014-0093-0
- Esztergár-Kiss, D., Csiszár, Cs. (2016a): Multicriteria Analysis of Hungarian Journey Planners. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 44 (2): 97-104. DOI: 10.3311/PPtr.8570
- Esztergár-Kiss, D., Csiszár, Cs. (2016b): Utazástervező rendszerek értékelési szempontjaihoz tartozó súlyszámok meghatározása Fuzzy AHP módszerrel. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXVI(6):35-44.
- Földes, D., Csiszár, Cs. (2015a): Route Plan Evaluation Method for Personalized Passenger Information Service. *Transport*. 30 (3): 273-285. DOI: 10.3846/16484142.2015.1086889, IF: 0,594
- Földes, D., Csiszár, Cs. (2016e): Útvonal értékelő eljárás személyre szabott utastájékoztatáshoz. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXVI (4): 42-57.
- Földes, D., Csiszár, Cs. (2018a): Personalised Information Services for Bikers. International. *Journal of Applied Management Science, Special Issue on "Applied Logistics Management"*. 10 (1): 3-25. DOI: 10.1504/IJAMS.2018.10010961
- Gyürüs, M., Prácser, A., Csiszár, Cs. (2008a): Telematikai alapokon működő car pooling rendszer. *Városi Közlekedés*. XLVIII (5): 258-266.
- He, Y., Csiszár, Cs. (2020a): Concept of Mobile Application for Mobility as a Service Based on Autonomous Vehicles. *Sustainability*, 12(17), 6737; doi:10.3390/su12176737, pp. 1-16 IF: 2,576
- He, Y., Csiszár, Cs. (2020b): Quality Assessment Method for Mobility as a Service. *Promet-Traffic&Transportation* (accepted)
- Karádi, D., Nagy, E., Csiszár, Cs. (2015b): Integrált légi utasinformációs alkalmazás mobil eszközön I. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXV (6): 26-34.
- Karádi, D., Nagy, E., Csiszár, Cs. (2016): Integrált légi utasinformációs alkalmazás mobil eszközön II. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXVI (1): 4-10.
- Nagy, E., Csiszár, Cs. (2013a): Research on Automation of Operative Scheduling in Urban Public Transportation. *Acta Technica Jaurinensis 'Series Transitus'* 6(3): 94-109.
- Nagy, E., Csiszár, Cs. (2013b): Az operatív menetrendkészítés automatizálásának vizsgálata a városi közösségi közlekedésben. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXIII (6): 13-26.
- Nagy, E., Csiszár, Cs. (2015): Analysis of Delay Causes in Railway Passenger Transportation. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 43 (2): 73-80. DOI: 10.3311/PPtr.7539
- Nagy, E., Csiszár, Cs. (2017): Revealing Influencing Factors of Check-in Time. *Acta Polytechnica Hungarica*. 14 (4): 225-243. DOI: 10.12700/APH.14.4.2017.4.13, IF: 0,909

- Nagy, E., Csiszár, Cs. (2018): A „smart” és automatizált repülőterek jellemzőinek feltárása. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXVIII (3): 35-44.
- Németh, M. M., Csiszár, Cs. (2009): Telematikailag támogatott sofőrszolgálatok. *Városi Közlekedés*. XLIX (1): 22-31.
- Péter, T., Csiszár, Cs., Mándoki P. (2017): Különböző felszíni közlekedési hálózatok forgalmának együttes modellezése és komplex analízise. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXVII (1): 16-34.
- Sándor, Zs., Csiszár, Cs. (2010a): Integrált informatikai rendszerek a hazai gyorsforgalmú úthálózaton. *Közlekedéstudományi Szemle*. LX (3): 38-45.
- Sándor, Zs., Csiszár, Cs. (2013): Development Stages of Intelligent Parking Information Systems for Trucks, *Acta Polytechnica Hungarica*. 10(4): 161-174. DOI: 10.12700/APH.10.04.2013.4.10, IF: 0,471
- Sándor, Zs., Csiszár, Cs. (2015a): Role of Integrated Parking Information System in Traffic Management. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 59 (3): 327-336. DOI: 10.3311/PPci.7361, IF: 0,271
- Sándor, Zs., Csiszár, Cs. (2015b): A közúti közlekedés információrendszerének modellje 1. rész: Információszerkezeti modell. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXV (4): 32-41.
- Sándor, Zs., Csiszár, Cs. (2015c): A közúti közlekedés információrendszerének modellje 2. rész: Információkapcsolati modell. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXV (5): 29-39.
- Sándor, Zs., Csiszár, Cs. (2016): A parkolási információs rendszerek integrálása a forgalmi menedzsmentbe. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXVI (4): 22-35.
- Skrúcaný, T., Kendra, M., Stopka, O., Milojevic, S., Figlus, T., Csiszár, Cs. (2019): Impact of the Electric Mobility Implementation on the Greenhouse Gases Production in Central European Countries. *Sustainability*. 11(18), 4948; DOI:10.3390/su11184948, 1-15, IF: 2,592
- Soltész, T., Kózel, M., Csiszár, Cs., Centgráf, T., Benyó, B. (2010): A közúti útvonalfoglalás koncepciója. *Városi Közlekedés*. L (4): 231-235.
- Soltész, T., Kózel, M., Csiszár, Cs., Centgráf, T., Benyó, B. (2011): Information System for Road Infrastructure Booking. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 39 (2): 55-62. DOI: 10.3311/pp.tr.2011-2.02
- Szigeti, Sz., Csiszár, Cs., Földes, D. (2017): Information Management of Demand-Responsive Mobility Service Based on Autonomous Vehicles. *Procedia Engineering*. 187: 483-491. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.404
- Tóth, J., Csiszár, Cs. (2000): Korszerű utasinformációs rendszerek. *Városi Közlekedés*. XL (6): 345-347.
- Válóczy, D., Csiszár, Cs. (2011a): Telematikai rendszerekkel támogatott intermodális csomópontok. *Városi Közlekedés*. LI (3-4): 207-214.
- Zarkeshev, A., Csiszár, Cs. (2019a): Are People Ready to Entrust their Safety to an Autonomous Ambulance as an Alternative and more Sustainable Transportation Mode? *Sustainability*. 11(20), 5595; DOI:10.3390/su11205595, 1-12, IF: 2,592
- Zarkeshev, A., Csiszár, Cs. (2019b): Rescue Method Based on V2X Communication and Human Pose Estimation. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 63(4):1139-1146. DOI:10.3311/PPci.13861, IF: 0,976
- Zarkeshev, A., Csiszár, Cs. (2020): Patients' Willingness to Ride on a Driverless Ambulance: a Case Study in Hungary. LOGI 2019 – Horizons of Autonomous Mobility in Europe Transportation Research Procedia 44, 8-14. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.02.002

Konferenci cikkek

- Ágoston, Gy., Csiszár, Cs. (2010): Az igény szerinti közlekedés (Demand Responsive Transport) és ipari parkokra történő adaptálási lehetősége a TRIAD közlekedésinformatikai kutatási projektben. *Informatika Korszerű Technikái Konferencia*, Dunaújváros, 23-33.
- Anis S., Csiszár, Cs. (2019): Management of Potential Conflicts between Pedestrians and Autonomous Vehicles. *Smart Cities Symposium*, Prague, 1-6. DOI: 10.1109/SCSP.2019.8805678
- Cserháti, B., Csiszár, Cs. (2015): Parking Management System with Dynamic Pricing and Personalized Assistant Application. *22nd ITS World Congress* Bordeaux. 1-12. Paper ID: ITS-2151.
- Csiszár, Cs. (1999a): Computerised route choice planning on public transport network. *International Students' Conference „Environment, Development, Engineering”, Zakopane*, 97-104. ISBN 83-7242-054-8.
- Csiszár, Cs. (2000a): Urban transport management by integrated, telematics system. *International Students' Conference II, „Environment, Development, Engineering”, Krakow*, 238-245. ISBN 83-7242-105-6.
- Csiszár, Cs. (2000b): Development of integrated, intelligent passenger information supplying system beyond 2000. *„Expo 2000-Shaping the future” conference*. Hannover, ISBN 3-00-006462-1.
- Csiszár, Cs. (2000e): Városi közlekedésmenedzsment integrált telematikai rendszerrel. *Pro Scientia aranyérmesek V. tudományos konferenciája*. 137-141. ISBN 963 00 5158 3.

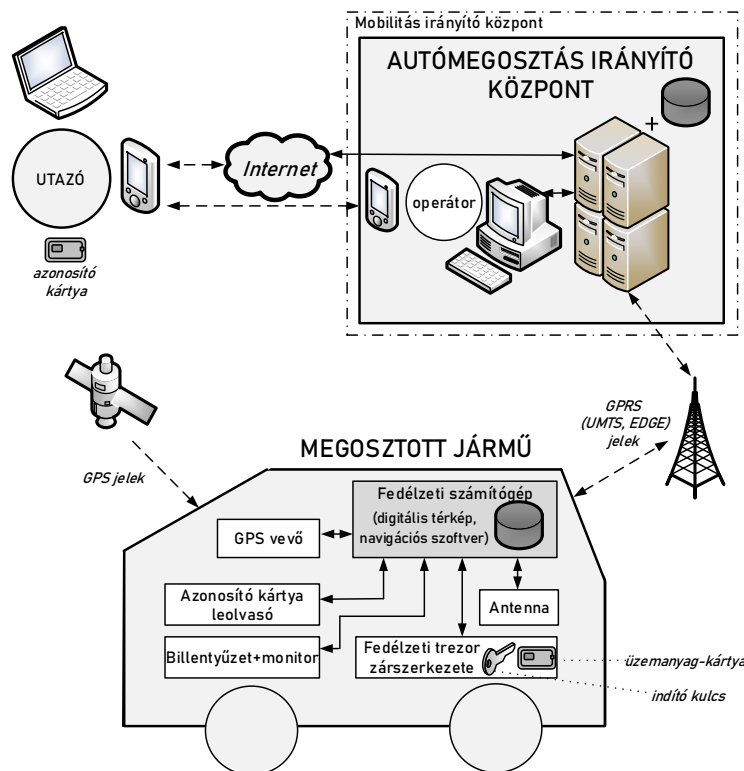
- Csiszár, Cs. (2001a): The information system model of the integrated intelligent passenger informatics system. *"MicroCAD 2001" conference*, Miskolc, 7-12. ISBN 963 661 457 1, ISBN 963 661 467 9.
- Csiszár, Cs. (2003e): Az integrált intelligens utasinformatikai rendszer modellje. *Pro Scientia aranyérmesek VI. tudományos konferenciája*, Miskolc, 97-103. ISBN 963 216 837 2
- Csiszár, Cs. (2004c): A telematikai alkalmazások fejlődési irányai a közösségi közlekedésben. *Pro Scientia aranyérmesek VII. tudományos konferenciája*, Gödöllő, 195-201.
- Csiszár, Cs. (2007): Telematikailag integrált személyközlekedés. *Innováció és fenntartható felszíni közlekedés*, Budapest.
- Csiszár, Cs. (2009b): Telematikai alapokon működő car sharing rendszer. *Innováció és fenntartható felszíni közlekedés*, Budapest.
- Csiszár, Cs. (2009c): Integrated Telematics System for Passenger Transport in Budapest Region. *Public Passenger Transport 2009 conference*, Bratislava, 31-34.
- Csiszár, Cs. (2012): Személyközlekedési módok összekapcsolása informatikai eszközökkel – tudatos közlekedés. *„Hogyan tovább közforgalmú közlekedés? – Közlekedéstudományi Konferencia”*, Győr, 341-350. ISBN 978-963-9819-84-9.
- Csiszár, Cs., Csonka, B. (2017): Elektromos járművek töltőinfrastruktúrájának kiépítéséhez a felhasználói elvárások feltárása. *Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr, 376-385.
- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D. (2019c): A közlekedési informatika elméleti oktatása és kutatása a BME Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszékén. *Matematikát, fizikát és informatikát oktatók 43. országos konferenciája*, Dunaújváros, 179-185. ISBN 978-963-9915-98-5.
- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D. (2019d): Innovatív személyközlekedési rendszerek és mobilitási szolgáltatások. *Innováció és Identitás települési, vidéki, regionális dimenzióban. Tudományos-közéleti konferencia*, Budapest, 148-164. ISBN 978-615-00-5046-1 ISBN 978-615-00-5047-8
- Csiszár, Cs., Földes, D. (2015a): Analysis and Modelling Methods of Urban Integrated Information System of Transportation. *Smart Cities Symposium*, Prague, 1-10. DOI:10.1109/SCSP.2015.7181574
- Csiszár, Cs., Földes, D. (2015b): Advanced Information Services for Cognitive Behaviour of Traveller. *6th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications*, Győr, 133-138. DOI: 10.1109/CogInfoCom.2015.7390578
- Csiszár, Cs., Földes, D. (2017): Autonóm járműveket is alkalmazó városi személyközlekedési rendszer modellje. *Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr, 401-411.
- Csiszár, Cs., Földes, D. (2018b): Operational Model and Impacts of Mobility Service Based on Autonomous Vehicles. *International Conferences on Traffic and Transport Engineering, ICTTE*, Belgrade, 893-900.
- Csiszár, Cs., Nagy, E. (2015): Integrált légi utasinformációs rendszer elemzési-modellezési módszere és annak adaptációja. *Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr, 100-112. ISBN 978-615-5298-54-7
- Csiszár, Cs., Nagy, S. (2019): Személyközlekedési szolgáltatások elemzési módszerei. *Matematikát, fizikát és informatikát oktatók 43. országos konferenciája*, Dunaújváros, 193-199. ISBN 978-963-9915-98-5
- Csiszár, Cs., Tóth, J. (2014): BusEye online személyre szabott utastájékoztató mobil alkalmazás fejlesztése. *Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr, 57-70.
- Csiszár, Cs., Válóczy, D., Shestakov, D. (2011): Integrated Telematics System for Passengers' Guide at Intermodal Traffic Centres *In-tech 2011 International Conference on Innovative Technologies* Bratislava. 758-762. ISBN 978-80-904502-6-4, 978-80-904502-7-1
- Csiszár, Cs., Westsik, Gy. (1999b): A számítógéppel integrált szállítás (CIT) modellezése. *Informatika a felsőoktatásban '99 konferencia*, Debrecen. II 880-885. ISBN 963 03 8320 9
- Csiszár, Cs., Westsik, Gy. (2002): Vidékfejlesztés integrált informatikai szemléletben. *Tartamkísérletek, tájtermesztés, vidékfejlesztés konferencia*, Debrecen, II 19-24. ISBN 963 472 654 20, 963 472 655 0
- Csonka, B., Csiszár, Cs. (2016b): Az elektromobilitást támogató utazói információs szolgáltatások fejlesztése. *Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr, 37-46.
- Csonka, B., Csiszár, Cs. (2016c): A helyváltoztatási láncok választási valószínűségét számító módszer. *Innováció és fenntartható felszíni közlekedés*, Budapest, 13. cikk
- Csonka, B., Csiszár, Cs. (2018): Töltés ütemezési módszerek smart gridhez csatlakoztatott elektromos járműveknél. *Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr, 326-335.
- Csonka, B., Csiszár, Cs. (2019b): Elektromos töltőállomás helyszín optimalizáló módszer városi autóbusz közlekedésben. *Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr, 31. cikk
- Csonka, B., Csiszár, Cs., Földes, D. (2019): Elektromos autóbuszok statikus és dinamikus töltési infrastruktúrájának optimalizálása. *Matematikát, fizikát és informatikát oktatók 43. országos konferenciája*, Dunaújváros, 200-208. ISBN 978-963-9915-98-5
- Esztergár-Kiss, D., Csiszár, Cs. (2012b): Analysis of multimodal journey planners using a multi-criteria evaluation method. *19th ITS World Congress* Vienna, Austria. 1-12. Paper ID: EU-00662

- Esztergár-Kiss, D., Csiszár, Cs., Kózel, M., Tóth, J. (2013): Valós idejű utastájékoztató mobil eszközön. *Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr, 35-47.
- Földes, D., Csiszár, Cs. (2016a): Conception of Future Integrated Smart Mobility. *Smart Cities Symposium*, Prague, 29-35. DOI:10.1109/SCSP.2016.7501022
- Földes, D., Csiszár, Cs. (2016b): Az autonóm városi személyközlekedés hatásai *Innováció és fenntartható felszíni közlekedés konferencia*, Budapest, 15. cikk
- Földes, D., Csiszár, Cs. (2016c): Passenger Handling Functions in Autonomous Public Transportation. *International Conferences on Traffic and Transport Engineering, ICTTE*, Belgrade, 533-540.
- Földes, D., Csiszár, Cs. (2016d): A kerékpározást támogató utazói információs szolgáltatások fejlesztése. *Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr, 52-65.
- Földes, D., Csiszár, Cs. (2017): Model of Information System for Combined Ride-sourcing Service. *Smart Cities Symposium*, Prague, 1-6. DOI: 10.1109/SCSP.2017.7973841
- Földes, D., Csiszár, Cs. (2018b): Utazói elvárások az autonóm járműveket alkalmazó mobilitási szolgáltatásoknál. *Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr, 315-325.
- Földes, D., Csiszár, Cs. (2018c): Framework for the Mobility Service Based on Autonomous Vehicles. *Smart Cities Symposium*, Prague, 15-20. DOI: 10.1109/SCSP.2018.8402651
- Földes, D., Csiszár, Cs. (2019): Autonóm járműves mobilitási szolgáltatás üzemeltetési modellje. *Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr, A02 cikk.
- Földes, D., Csiszár, Cs., Zarkeshev, A. (2018): User Expectations Towards Mobility Services Based on Autonomous Vehicle. *8th International Scientific Conference, CMDTUR 2018*, Žilina, 7-14.
- Földes, D., Csonka, B., Csiszár, Cs. (2019): A közlekedési informatika gyakorlati oktatása a BME Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszékén. *Matematikát, fizikát és informatikát oktatók 43. országos konferenciája*, Dunaújváros, 186-192. ISBN 978-963-9915-98-5
- Gyűrűs, M., Prácser, A., Csiszár, Cs. (2008b): Telematikai alapokon működő car pooling rendszer. *Innováció és fenntartható felszíni közlekedés*, Budapest.
- He, Y., Csiszár, Cs. (2018a): Information Management for Mobility-as-a-Service Based on Autonomous Vehicles. *Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr, 293-303.
- He, Y., Csiszár, Cs. (2018b): Quality Assessment Method for Mobility-as-a-Service Based on Autonomous Vehicles. *International Conferences on Traffic and Transport Engineering, ICTTE*, Belgrade, 901-910.
- Karádi, D., Nagy, E., Csiszár, Cs. (2015a): Integrated Information Application on Mobile Devices for Air Passengers. *4th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS 2015)*, Budapest, 304-311. DOI:10.1109/MTITS.2015.7223272
- Nagy, E., Csiszár, Cs. (2016a): Autonóm repülőterek folyamatszervezési módszerei, *Innováció és fenntartható felszíni közlekedés*, Budapest, 29. cikk
- Nagy, E., Csiszár, Cs. (2016b): Airport Smartness Index – repülőterek minőségértékelése információs szempontból. *Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr. 328-341. ISBN 978-615-5298-82-0
- Nagy, E., Esztergár-Kiss, D., Csiszár, Cs. (2013): Késési okok vizsgálata a vasúti személyszállításban. *Innováció és fenntartható felszíni közlekedés*, Budapest 18 c. ISBN 978-963-88875-3-5; ISBN 978-963-88875-2-8
- Sándor, Zs., Csiszár, Cs. (2010b): Integrált informatikai rendszerek a hazai gyorsforgalmú úthálózaton – a jelen és jövő lehetőségei. *Innováció és fenntartható felszíni közlekedés*, Budapest.
- Sándor, Zs., Csiszár, Cs. (2012): Integration of Parking Information Systems into Traffic Management. *European Platform of Transport Sciences (EPTS): X. European Transport Congress in Budapest*, 93-99. ISBN: 978-615-5298-00-4
- Sándor, Zs., Csiszár, Cs. (2013): Késési események elemzése helyi autóbusz közlekedésben. *Innováció és fenntartható felszíni közlekedés*, Budapest, 6. cikk. ISBN 978-963-88875-3-5; ISBN 978-963-88875-2-8
- Sándor, Zs., Csiszár, Cs. (2015d): Modelling and Analysis Methods of Integrated Information Systems of Transportation. *4th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS 2015)*, Budapest, 348-355. DOI:10.1109/MTITS.2015.7223278
- Válóczy, D., Csiszár, Cs. (2011b): Átszállási időre ható tényezők összetett helyváltoztatási láncoknál. *Innováció és fenntartható felszíni közlekedés*, Budapest, 20. cikk
- Zarkeshev, A., Csiszár, Cs. (2018): Charging Reservation Service for Electric Vehicles Using Automatic Notification. *Közlekedéstudományi Konferencia*, Győr, 278-282.

Mellékletek

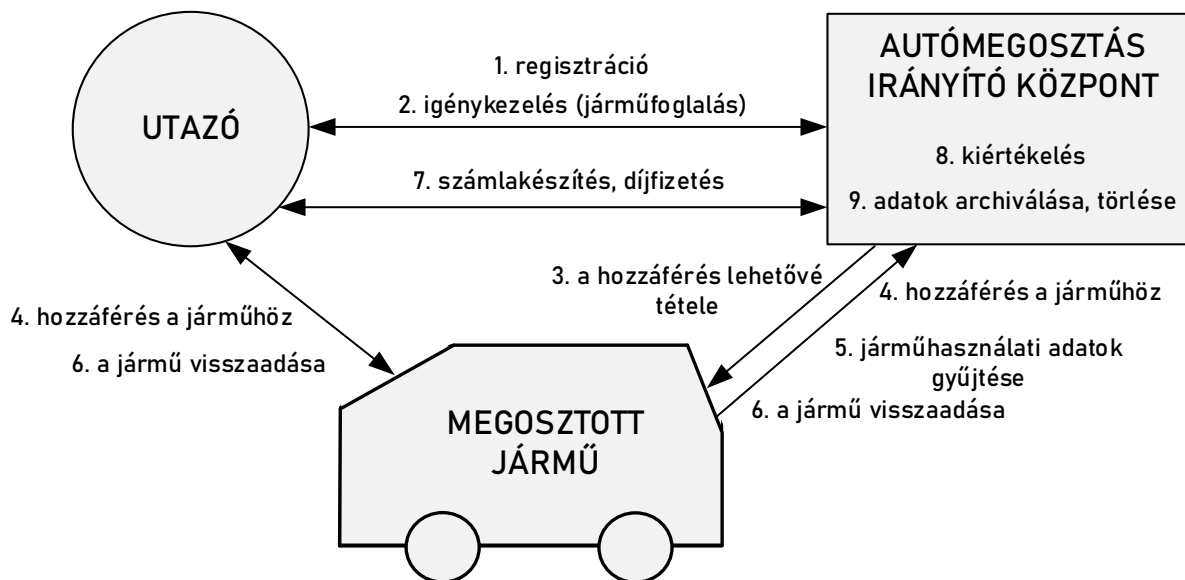
2.1 melléklet:	Autómegosztási információs rendszer szerkezeti modellje	118
2.2 melléklet:	Autómegosztási információs rendszer működési modellje	118
2.3 melléklet:	A személyközlekedési módok és szolgáltatások elemzési szempontrendszere – értelmezési tartomány	119
2.4 melléklet:	A személyközlekedési módok kiszolgálási minőségének összehasonlítása	121
2.5 melléklet:	Autómegosztás szolgáltatás minőség elemzési módszere	121
2.6 melléklet:	Elektromos mikromobilitási módok értékelése	122
3.1 melléklet:	Az informatikai elemzés összetevők szerinti vertikális kiterjesztése	123
3.2 melléklet:	A parkolási információs rendszerek információkezelése	123
3.3 melléklet:	A rugalmas közforgalmú közlekedés információkezelése	123
3.4 melléklet:	A légi személyszállítási integrált információs rendszer összetevői	124
3.5 melléklet:	A légi személyszállítási integrált információs rendszer összetevői közötti kapcsolatok	125
4.1 melléklet:	Az elektromos közúti járművek ösztöltési igényét befolyásoló tényezők és azok hatásainak időhorizontja	126
4.2 melléklet:	Az elektromos közúti járművek töltési igény számítási módszere - példa	126
4.3 melléklet:	Az országos átjárhatóságot biztosító villámtöltő-állomások helyszíneit kijelölő módszer – a változók értékelő számai	128
4.4 melléklet:	Az országos átjárhatóságot biztosító villámtöltő-állomások helyszíneit kijelölő módszer alkalmazása Magyarországra	129
4.5 melléklet:	A városi töltőállomások helyszíneit kijelölő módszer – töltésjellemzők	130
4.6 melléklet:	A városi töltőállomások helyszíneit kijelölő módszer – elvonó hatás	130
4.7 melléklet:	A városi töltőállomások helyszíneit kijelölő módszer alkalmazása makró szinten	131
4.8 melléklet:	A városi töltőállomások helyszíneit kijelölő módszer alkalmazása mezo szinten	132
4.9 melléklet:	Az elektromobilitást támogató információs funkciók	133
4.10 melléklet:	Az elektromobilitást támogató információs alfunkciók	133
4.11 melléklet:	Az elektromobilitást támogató integrált információs rendszer adatcsoportjai	133
4.12 melléklet:	A töltés támogatás (F_3) funkció folyamatábrája	134
4.13 melléklet:	A töltés optimalizáló módszer alkalmazása	134
5.1 melléklet:	Autonóm járműves mobilitási szolgáltatások összehasonlítása	136
5.2 melléklet:	Elvárások az autonóm járműves mobilitási szolgáltatásokkal szemben - Kérdőív	137
5.3 melléklet:	Szolgáltatástípusok választási aránya motivációnként	140
5.4 melléklet:	Díjmértékek választási aránya szolgáltatástípusonként	140
5.5 melléklet:	Szolgáltatástervezési és -szervezési funkciók automatizálási szintjei ($c = 1$)	141
5.6 melléklet:	Irányítási funkciók automatizálási szintjei ($c = 2$)	141
5.7 melléklet:	Utaskezelési funkciók automatizálási szintjei ($c = 3$)	141
5.8 melléklet:	Utaskezelési alfunkciók automatizálási szintjei	142
5.9 melléklet:	Jelenlegi mobilitási szolgáltatások „automatizáltsági” elemzése – példa	143
5.10 melléklet:	Az átalakuló modal share számításának módszere – budapesti példa	144
6.1 melléklet:	Az utazói döntéstípusok jellemzői	144
6.2 melléklet:	Az utazó információkezelésének modellje	145
6.3 melléklet:	Az utazó főbb információkezelési jellemzői utazási módonként	145
6.4 melléklet:	Utazói végberendezés típusok csoportosítása	146
6.5 melléklet:	A multimodális mobilitási szervező és irányító rendszer funkciói	146
6.6 melléklet:	Az okos megállóhely szolgáltatásai	147
6.7 melléklet:	Az információ utazóra gyakorolt hatását és az utazói viselkedést befolyásoló tényezők	147
6.8 melléklet:	Az utazót támogató mobilalkalmazások elemzési szempontrendszere – általános tulajdonságok – értelmezési tartomány	148
6.9 melléklet:	A személyre szabható beállítások és azok csoportosítása	149
6.10 melléklet:	Az útvonalértékelő módszer folyamatábrája	149
6.11 melléklet:	Az utaskezelési alfunkciók jellemzőinek változása	150
6.12 melléklet:	A szükséges képességek változása	150
6.13 melléklet:	Az emberi képességek igénybevételének változása	152
7.1 melléklet:	Legfontosabb kutatási projektek	153

2.1 melléklet: Autómegosztási információs rendszer szerkezeti modellje



2.2 melléklet: Autómegosztási információs rendszer működési modellje

A nyilak az adatok áramlási irányát szemléltetik az adott műveletben.



A járművek weboldalakon és okostelefonos alkalmazásokon keresztül foglalhatók (pl. a szabad járművek térképen való jelzésével). A jármű nyitása és zárása, valamint a fizetés szintén elvégezhető az okostelefonos alkalmazással. Az utazó az azonosító kártyával vagy a mobilalkalmazással nyitja a járművet (általában azonosító kód megadásával). Az indítókulcsot a fedélzeti „trezor” tartalmazza, amely azonosítást követően nyitható; intelligens jármű esetében a jármű gombnyomásra indítható. A járművek pozíciójának és állapotának követése valós időben történik. Ha az utazó menet közben megáll, és rövid időre kiszáll, akkor a jármű hagyományos módon bezárható („parkoltatható”). Az utazás végén az indítókulcs visszahelyezendő a „trezorba” és a jármű az azonosító kártyával vagy az okostelefonos alkalmazással zárható be.

2.3 melléklet: A személyközlekedési módok és szolgáltatások elemzési szempontrendszere – értelmezési tartomány

	szempont	alsó határ	tartomány	felső határ
111	közlekedés (utazás) kezdő- és végpontja, lefedettség-megközelíthetőség, megállóhelyek sűrűsége (rágyaloglási távolság)	<i>kiépített megállóhelyeken/ állomásoknál - hosszú gyaloglási távolság</i>	<i>virtuális megállóhelyeken - közepes gyaloglási távolság</i>	<i>tetszőleges helyen - rövid gyaloglási távolság</i>
112	közlekedési távolság típusok	<i>jellemzően csak egy távolság típus</i>	<i>jellemzően néhány távolság típus</i>	<i>minden távolság típus</i>
113	utazási láncban való alkalmazás (közvetlenség)	<i>jellemző - általában ráhordó</i>	<i>közepesen jellemző - részben ráhordó, részben közvetlen</i>	<i>nem jellemző - általában közvetlen</i>
121	üzemidő	<i>korlátozott</i>	<i>folyamatos (időbeli differenciálással)</i>	<i>folyamatos (időbeli differenciálás nélkül)</i>
122	menetrendi kötöttség - aktuális igényekhez illesztett kapacitás	<i>menetrend szerinti</i>	<i>kereslet vezérelt</i>	<i>kereslet alapú</i>
123	indulási gyakoriság (várakozási idő, „kiállási” időtartam)	<i>alacsony gyakoriság - hosszú várakozási idő</i>	<i>közepes gyakoriság - közepes várakozási idő</i>	<i>magas gyakoriság - rövid várakozási idő</i>
131	regisztráció	<i>szükséges</i>	<i>lehetséges</i>	<i>nem szükséges</i>
132	előzetes igénybejelentés (férőhely/ infrastruktúra foglalás)	<i>szükséges</i>	<i>lehetséges</i>	<i>nem szükséges</i>
133	kiegészítő műveletek (járművel kapcsolatosan)	<i>nagyon megterhelő</i>	<i>közepesen megterhelő</i>	<i>nem megterhelő</i>
141	mobilitási szolgáltatás személyre szabhatósága	<i>nincsenek szolgáltatás csomagok</i>	<i>előre definiált szolgáltatás csomagok</i>	<i>személyre szabott szolgáltatás csomag</i>
142	férőhelymegosztás	<i>minden potenciális utazóval</i>	<i>választás (szimpátia) alapján</i>	<i>nincs</i>
143	utazótárs/szolgáltatás értékelése	<i>kevésbé jellemző</i>	<i>közepesen jellemző</i>	<i>többnyire jellemző</i>
144	információs szolgáltatás személyre szabhatósága	<i>nincs személyre szabási lehetőség</i>	<i>kevés személyes beállítási lehetőség; előre definiált felhasználói csoportokból választás;</i>	<i>sok személyes beállítási lehetőség (öntanuló szolgáltatás)</i>
211	akadálymentes megközelíthetőség/megállók (fizikai segítségnyújtás)	<i>nincs</i>	<i>részben</i>	<i>mindenütt</i>
212	(megállóhelyi) információs szolgáltatások köre, színvonala	<i>alacsony</i>	<i>közepes</i>	<i>magas</i>
213	(megállóhelyi) várakozás körülményeinek színvonala (szolgáltatások köre)	<i>alacsony</i>	<i>közepes</i>	<i>magas</i>
221	utazási sebesség	<i>alacsony</i>	<i>közepes</i>	<i>magas</i>
222	forgalombiztonság	<i>alacsony</i>	<i>közepes</i>	<i>magas</i>
223	biztonságérzet (személyes védelem megítélése)	<i>alacsony</i>	<i>közepes</i>	<i>magas</i>
224	éberség/a többi utazó viselkedésének információtartalma	<i>teljes mértékben szükséges (vezetés) / jelentős</i>	<i>közepes mértékben szükséges / közepes</i>	<i>nem szükséges / alacsony</i>
225	igényelt kognitív képesség	<i>jelentős</i>	<i>közepes</i>	<i>alacsony</i>
226	akadálymentes járművek	<i>nincs</i>	<i>részben</i>	<i>minden esetben</i>
227	fedélzeti/útmenti információs szolgáltatások köre, színvonala	<i>alacsony</i>	<i>közepes</i>	<i>magas</i>
228	utazás kényelme (jármű menettulajdonságai, férőhelykínálat, ergonómia, tisztaság)	<i>alacsony</i>	<i>közepes</i>	<i>magas</i>

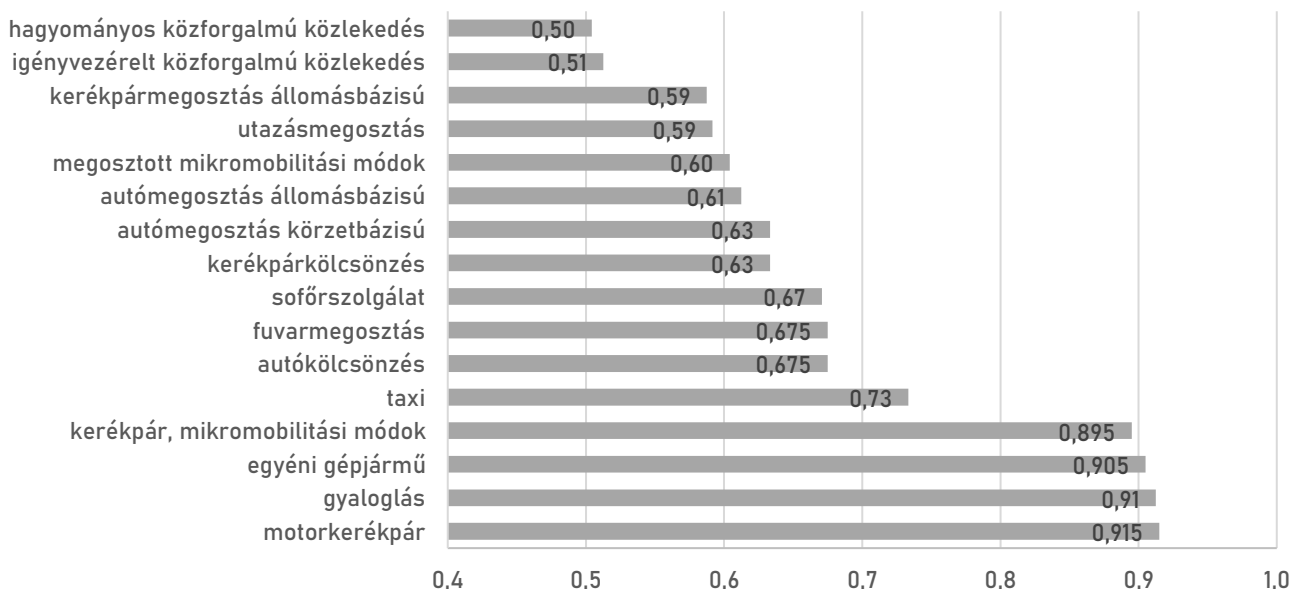
A személyközlekedési módok és szolgáltatások elemzési szempontrendszere – értelmezési tartomány (folytatás)

	szempont	alsó határ	tartomány	felső határ
231	természeti környezeti hatásoknak kitétség	<i>magas</i>	<i>közepes</i>	<i>alacsony</i>
232	infrastruktúra hatásainak való kitétség	<i>magas</i>	<i>közepes</i>	<i>alacsony</i>
233	forgalmi hatásoknak /parkolásnak való kitétség	<i>magas</i>	<i>közepes</i>	<i>alacsony</i>
311	térbeli (hálózati) kiterjedtség	<i>szigetszerű üzem</i>	<i>részben integrált</i>	<i>szinte teljesen integrált</i>
312	pálya	<i>elkülönített</i>	<i>részben összekapcsolt (inkább közös)</i>	<i>összekapcsolt, (közös)</i>
321	módok szerinti kiterjedtség	<i>nincs integráció a módok között</i>	<i>néhány közlekedési mód</i>	<i>szinte valamennyi közlekedési mód</i>
322	üzemeltetési integráció (interoperabilitás)	<i>szigetszerű üzem</i>	<i>részben integrált</i>	<i>teljesen integrált</i>
331	szervezetek száma	<i>mobilitási szolgáltatók</i>	<i>átfogó feladatok szervezetei + mobilitási szolgáltatók</i>	<i>koordináló szervezet(ek)+mobilitási szolgáltatók</i>
332	szervezetek feladatainak hierarchiája	<i>azonos hierarchiájú feladatok, együttműködés nélkül</i>	<i>azonos hierarchiájú feladatok, együttműködéssel, átfogó feladatok kiszervezése</i>	<i>magasabb hierarchiájú feladatok a koordináló szervezet(ek)nél, csökkentett feladatkör a mobilitási szolgáltatóknál</i>
333	a működés jogi szabályozottságának mértéke	<i>alacsony</i>	<i>közepes</i>	<i>magas</i>
341	tájékoztató rendszer	<i>nincs integráció</i>	<i>részben integrált</i>	<i>teljesen integrált</i>
342	tarifa rendszer	<i>nincs integráció</i>	<i>részben integrált (egy díjtermék több módra érvényes)</i>	<i>teljesen integrált (egy díjtermék minden módra érvényes)</i>
343	díjbeszedő rendszer	<i>nincs integráció</i>	<i>részben integrált (részben közös platform)</i>	<i>teljesen integrált (közös platform)</i>
344	forgalomirányító rendszer	<i>nincs integráció</i>	<i>részben integrált</i>	<i>teljesen integrált</i>
345	informatikai biztonság	<i>alacsony</i>	<i>közepes</i>	<i>magas</i>
411	szolgáltatástervezés, -szervezés	<i>nincs</i>	<i>részleges automatizálás</i>	<i>teljes automatizálás</i>
412	szolgáltatásirányítás	<i>nincs</i>	<i>részleges automatizálás</i>	<i>teljes automatizálás</i>
413	járműirányítás	<i>nincs</i>	<i>részleges automatizálás</i>	<i>teljes automatizálás (autonóm jármű)</i>
421	utaskezelés	<i>nincs</i>	<i>részleges automatizálás</i>	<i>teljes automatizálás</i>
422	díjfizetés	<i>nincs</i>	<i>részleges automatizálás</i>	<i>teljes automatizálás</i>
511	utazó használattal összefüggő költségei	<i>magas</i>	<i>közepes</i>	<i>alacsony</i>
512	díj mértékének személyre szabottsága	<i>nincs differenciálás</i>	<i>utazó jellemzői szerint</i>	<i>utazói és utazási jellemzők szerint</i>
513	utazó egyéb kiegészítő költségei (pl. járművásárlás, adók, biztosítások)	<i>magas</i>	<i>közepes</i>	<i>alacsony</i>
521	környezetterhelés	<i>magas</i>	<i>közepes</i>	<i>alacsony</i>
522	területfoglalás	<i>magas</i>	<i>közepes</i>	<i>alacsony</i>
523	energiaellátás fenntarthatósága	<i>csak rövid távon tartható fenn</i>	<i>csak középtávon tartható fenn</i>	<i>hosszútávon fenntartható</i>

2.4 melléklet: A személyközlekedési módok kiszolgálási minőségének összehasonlítása

Az alsó határhoz 0-t, a felső határhoz 1-t rendeltem, míg a közbenső tartományhoz a]0,1[intervallum egy elemét rendeltem szakértői becslés alapján. Az aggregált értékelő szám (számtani átlag) képzésekor valamennyi szempontot azonos súllyal vettem figyelembe.

szempontok																
	gyaloglás	kerékpár, mikromobilitási módok	motorkerékpár	egyéni gépjármű	hagyományos közforgalmú közlekedés	kereslet vezérelt közforgalmú közlekedés	kerékpármegosztás állomásbázisú	megosztott mikromobilitási módok (kerékpármegosztás körzetbázisú...)	autómegosztás állomásbázisú	autómegosztás körzetbázisú	utazásmegosztás	taxi	fuvarmegosztás	sofőrszolgálat	autó kölcsönzés	kerékpár kölcsönzés
111	1	0,95	0,9	0,85	0,15	0,45	0,2	0,75	0	0,65	0,8	0,9	0,9	0,85	0,2	0
112	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9	0,4	0,1	0,1	0,4	0,4	0,8	0,4	0,4	0,3	0,65	0,4
113	-	0,95	0,95	0,85	0,3	0,8	0,6	0,8	0,65	0,75	0,8	1	1	1	1	1
121	1	1	1	0,95	0,5	0,55	1	1	1	1	1	1	1	0,3	0,5	0,3
122	1	1	1	1	0,1	0,85	0,7	0,8	0,9	0,8	0,5	1	1	1	1	1
123	1	1	1	1	0,4	0,8	1	1	1	1	0,5	0,8	0,8	0,7	0,9	0,9
131	1	1	1	1	1	0,4	0	0	0	0	0	0,8	0	0,4	0	0
132	1	1	1	1	1	0	0,75	0,1	0,5	0,1	0	0,5	0	0,5	0,5	0,7
133	-	0,65	0,7	0,6	1	1	0,8	0,8	0,6	0,6	1	1	1	1	0,7	0,8
141	-	-	-	-	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0	0,2	0	0,65	0,5
142	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0,5	0,9	0,8	1	1	1
143	-	-	-	-	0,2	0,3	0,4	0,4	0,8	0,8	1	0,5	1	1	1	1
átlag	0,915	0,895	0,92	0,905	0,50	0,51	0,59	0,60	0,61	0,63	0,59	0,73	0,675	0,67	0,675	0,63



2.5 melléklet: Autómegosztás szolgáltatás minőség elemzési módszere

Mivel az autómegosztás a hagyományos közösségi közlekedés és az egyéni gépjárműhasználat között helyezkedik el, ezért a felhasználói elvárásokat (oszlopfejlécek) a két közlekedési móddal szembeni elvárásokból vezettem le. Azonosítottam a minőséget befolyásoló ismérveket (sorfejlécek). Nem reprezentatív kérdőíves felmérést végeztem, ami alapján meghatároztam a felhasználói elvárások és a minőségi ismérvek közötti kapcsolat erősségét. A minőségi ismérvek (c_j) és a felhasználói elvárások (e_i) közötti kapcsolati táblázat (r_{ij}) megmutatja, hogy egy adott ismerv (sorfejléc) milyen mértékben (%) szolgál ki egy felhasználói elvárást (oszlopfejléc).

	e ₁	e ₂	e ₃	e ₄	e ₅	e ₆	e ₇	e ₈	e ₉		
	Szabadság, függetlenség	Szabad parkolóhely	Közösségi közlekedéssel való kapcsolat	Megbízhatóság	Kényelem, könnyű kezelhetőség	Közösséghez tartozás	Biztonság	Környezet védelme	Szolgáltatással kapcsolatos információk	Kapcsolatok száma [db]	
C ₀	Szolgáltatástípus	18,8								1	
C ₁₁	Legközelebbi szabad jármű átlagos távolsága	10,7	34,5	25,7	14,1					4	
C ₁₂	Min. és max. használati időtartam	24,7								1	
C ₁₃	Üzemidő	18,1		34,6						2	
C ₂₁	Lefoglalhatóság, rugalmasság	27,7								1	
C ₃₁	Járművek megközelíthetősége		65,5		6,4					2	
C ₃₂	Jármű megjelenése				17,8					1	
C ₃₃	Jármű menettulajdonságai			39,7	7,2		30,1			3	
C ₃₄	Férőhelykínálat, csomagtér				15,4					1	
C ₃₅	Energiatöltés körülményei				11,2					1	
C ₃₆	Parkolás körülményei		100							1	
C ₃₇	Egyéb teendők szükségessége									0	
C ₄₁	Jármű külső megjelenése				5,1	100				2	
C ₄₂	Jármű külső mérete				8					1	
C ₄₃	Jármű biztonság						69,9			1	
C ₄₄	CO ₂ kibocsátás							100		1	
C ₅₁	Rendszer kezelhetősége				14,8				31,1	2	
C ₆₁	Információs rendszer								68,9	1	
Kapcsolatok száma [db]		5	1	2	3	9	1	2	1	2	26

A módszer súlyozott összeg modellen alapul. A kapcsolat erőssége és a felhasználónak a személyes elvárásokra adott preferencia pontszámából vezethetők le a súlyszámok, és így személyre szabott módon értékelhetők a szolgáltatások. A módszer utazói és üzemeltetői döntéshozatalnál alkalmazható. Több szolgáltató esetén, az utazó a számára kedvezőbbet választhatja; míg az üzemeltető a szolgáltatás fejlesztésének a fókuszpontjait tudja azonosítani.

2.6 melléklet: Elektromos mikromobilitási módok értékelése

	pedelec városi kerékpár	pedelec hegyi kerékpár	pedelec teherszállító kerékpár	elektromos kerékpár	elektromos robogó	elektromos roller	segway
felhasználói csoport	ingázók, turisták	sportos személyek	személyek, szállítási cégek	idős, nehezen mozgó személyek	személyek, szállítási cégek	fiatalabb személyek	fiatalabb személyek, turisták
szándék	ingázás, városnézés	szabadidős tevékenység	városi áruszállítás	ingázás	ingázás, áruszállítás, városnézés	ráhordás	ingázás, városnézés
utazási távolság	rövid	rövid	rövid	közepes	közepes	rendkívül rövid	rendkívül rövid
használati terület	város	szabadidős terület	város	város, külváros	város, külváros	város	városközpont (szabadidős terület)
előnyök	könnyű használat (támogatás)			jogosítvány nélkül	környezetbarát, hagyományos robogó kiváltása	hordozható	jó vezethetőség
hátrányok	korlátozott hatótáv, nehéz hajtás			egészség fokozó hatása nincs	csak jogosítvánnyal	veszélyes a gyalogosokra	bonyolult használat, veszélyes
teljesítmény [W]	max. 250			250	800	100	2x350-1500
hatótávolság [km]	10-150			30-60	30-50	10-15	20-25
sebesség [km/h]	max. 25			max. 45	45-50	15-20	15-25

3.1 melléklet: Az informatikai elemzés összetevők szerinti vertikális kiterjesztése

Példa: parkolóhely-foglalás időpontjának módosítása

információ- kezelés	funkció	közlekedési folyamat (forgalom) menedzsment
	folyamat	parkolás menedzsment
	részfolyamat	parkolóhely-foglalás
	művelet	időpont-módosítás
információ- kezelő elemek	szervezet	városi közlekedés menedzselő társaság
	szervezeti egység	parkoló üzemeltető társaság
	alkalmazott	diszpécser
	számítógép-hálózat	a parkoló létesítmény(ek) számítógép-hálózata
információk	számítógép, periféria, ember-gép illesztőfelület	szenzorok, adatátviteli utak, szervergép, asztali számítógép
	adatbázis	parkolási adatbázis
	adattábla	foglalások adattábla
	adatrekord	jármű foglalási rekord
	adatelem	foglalás kezdete (idő) adatelem

3.2 melléklet: A parkolási információs rendszerek információkezelése

Egy összetevő típus felbontásának szemléltetése táblázatos leírással: a funkciókhoz (világosszürke sorfejlécek) tartozó információkezelési műveleteket (cellák) határoztam meg a helyváltoztatási alapfolyamat elemeihez (oszlopfejlécek) rendelve.

Funkciók	a. utazás előtt	b. létesítmény megközelítések	c. létesítménynél	d. létesítmény elhagyásakor	e. utólag
1. tájékoztatás	létesítmény megközelíthetősége, aktuális kapacitása, használati feltételek, díjszabás, fizetési módok, közlekedési kapcsolatok		használati feltételek, díjszabás, fizetési módok, közlekedési kapcsolatok	díjszabás, fizetési módok, fizetendő díj	[felhasználói elégedettség mérése]
2. igénykezelés (helyfoglalás)	létesítmény választás, parkolóhely foglalás	(módosítás, törlés)	„bejelentkezés” [időtartam megadása]	„kijelentkezés”	kihasználtsági adatok gyűjtése
3. navigáció	útvonaltervezés	jármű navigáció	létesítményen belüli jármű és gyalogos navigáció	jármű navigáció	utazás - térbeli jellemzők elemzése
4. díjfizetés, díjbeszedés	a díjszabásra és a díjbeszedő rendszer működésére vonatkozó tájékoztatás		előzetesen	utólag	utólag
5. biztonság (safety)	veszélyekre figyelmeztetés	jármű funkciók (vezetéstámogatás)	aktív és passzív megoldások	jármű funkciók (vezetéstámogatás)	videófelvételek eljárásokban
6. védelem (security)	tájékoztató a rendszerekről	járművek és személyek megfigyelése			videófelvételek eljárásokban

3.3 melléklet: A rugalmas közforgalmú közlekedés információkezelése

Három összetevő típus kapcsolatainak szemléltetése táblázatos leírással: a helyváltoztatási alapfolyamat fázisaihoz (sorfejlécek) illetve határoztam meg az információkezelési műveleteket (z), valamint az azokhoz tartozó információkezelő elemeket (y) és információkat (x).

	INFORMÁCIÓKEZELÉSI MŰVELETEK (z)	INFORMÁCIÓKEZELŐ ELEMEL (y)				KEZELT INFORMÁCIÓK (x)
		gépi összetevők	utas	jármű- vezető	diszpécser	
I. Szállítási előtti műveletek	Z ₁ utazási igények bejelentése - fogadása	Y ₃ -Y ₇ , Y ₁₄ -Y ₁₆	Y ₁₇		Y ₁₉	X ₆ , X ₁₁
	Z ₂ kiszolgálási tervek készítése (járattev, jármű-, személyzet-vezénylési terv stb.)	Y ₁₄ , Y ₁₅			Y ₁₉	X ₁ -X ₁₁
	Z ₃ utazási igény teljesíthetőségének visszaigazolása	Y ₃ , Y ₅ -Y ₇ , Y ₁₄ -Y ₁₆	Y ₁₇		Y ₁₉	X ₆ , X ₁₀ , X ₁₁
	Z ₄ járattev továbbítása - fogadása	Y ₈ -Y ₁₀ , Y ₁₄ -Y ₁₆		Y ₁₈	Y ₁₉	X ₂ , X ₄ -X ₉ , X ₁₁
II. Szállítási feladat végrehajtás a közbeni műveletek	Z ₅ a jármű helyzet (és állapot-) adatainak lekérdezése	Y ₁₀ , Y ₁₃ , Y ₁₅				X ₂ , X ₅ , X ₇ -X ₁₀
	Z ₆ váratlan események bejelentése - fogadása	Y ₅ , Y ₇ , Y ₉ , Y ₁₄ -Y ₁₆	Y ₁₇	Y ₁₈	Y ₁₉	X ₂ , X ₄ -X ₉ , X ₁₁
	Z ₇ menet közbeni diszpozíciók (járatmódosítások) közlése - fogadása	Y ₈ -Y ₁₀ , Y ₁₄ -Y ₁₆		Y ₁₈	Y ₁₉	X ₂ , X ₄ -X ₉ , X ₁₁
	Z ₈ járműfedélzeti tájékoztató eszközök vezérlése	Y ₁₀ -Y ₁₂				X ₅ , X ₇ -X ₁₀
	Z ₉ utasforgalmi létesítmény tájékoztató eszközeinek vezérlése	Y ₁ , Y ₂ , Y ₁₄				X ₂ , X ₅ , X ₇ -X ₁₀
III. Szállítási utáni műveletek	Z ₁₀ feladatteljesítés visszaigazolása	Y ₈ , Y ₁₀ , Y ₁₄		Y ₁₈		X ₂ , X ₅ -X ₉ , X ₁₁
	Z ₁₁ díjbeszedés automatikus végrehajtása	Y ₁₄				X ₅ -X ₉ , X ₁₁
	Z ₁₂ összesítések, statisztikák készítése	Y ₁₄ , Y ₁₅			Y ₁₉	X ₁ -X ₁₁

3.4 melléklet: A légi személyszállítási integrált információs rendszer összetevői

szervezettípusok és gépi alrendszerek			
Jelölés	Szervezet típusok	Jelölés	Gépi alrendszerek
O ₁	Repülőtér üzemeltetők	M ₁₁	Erőforrás allokációs rendszer
		M ₁₂	Repülőtéri integrált információs rendszer
		M ₁₃	Járatinformációs rendszer
		M ₁₄	Útasbiztonsági rendszer
		M ₁₅	Poggyászsztírozó és azonosító rendszer
O ₂	Légitársaságok	M ₂₁	Helyfoglalási (jegyértékesítő) rendszer
		M ₂₂	Globális elosztó rendszer
		M ₂₃	<i>Útvonal és hálózattervezési, menetrend és géprotációs tervezési rendszer</i>
		M ₂₄	<i>Személyzettervezési és vezénylési rendszer</i>
		M ₂₅	<i>Navigációs rendszer (útvonal- és üzemanyag tervezés)</i>
		M ₂₆	<i>Üzemirányítási rendszer</i>
		M ₂₇	<i>Karbantartás tervezési rendszer</i>
		M ₂₈	Útas felvételi, jegykezelési és járatindítási rendszer
O ₃	Légiforgalmi irányítók	M ₃₁	<i>Korlátozásokat figyelő rendszer</i>
		M ₃₂	<i>Navigációs rendszer</i>
		M ₃₃	<i>Meteorológiai rendszer</i>
		M ₃₄	Üzenetküldési rendszer
O ₄	Földi kiszolgálók	M ₄₁	Repülőtéri üzemeltetési rendszerek
		M ₄₂	Elveszett poggyászkereső rendszer
O ₅	Hatóságok	M ₅₁	Nyilvántartási rendszerek
O ₆	Egyéb (közlekedési) szolgáltatók	M ₆₁	Parkolás menedzsment rendszer
		M ₆₂	Forgalomirányító és utastájékoztatási rendszer
O ₇	Idegenforgalmi szolgáltatók	M ₇₁	Szállásfoglalási rendszerek
		M ₇₂	Autóbérlési, foglalási rendszerek
		M ₇₃	Egyéb információs rendszerek
O ₈	Egyéb repülőtéri szolgáltatók	M ₈₁	Szolgáltatás nyilvántartási rendszerek

Normál: az utasinformatikai folyamatokhoz kapcsolódó rendszerek

Dólt: az utasinformatikai folyamatokhoz nem kapcsolódó rendszerek

adatscsoportok

Jelölés	Adatscsoport
D ₁	Repülőtéri infrastruktúra adatok
D ₂	Üzemirányítási adatok
D ₃	Díjbeszedési, helyfoglalási adatok
D ₄	Útas és poggyász adatok
D ₅	Idegenforgalmi szolgáltatással összefüggő adatok

funkciótípusok

Jelölés	Funkciótípusok
F ₁	Tájékoztatás
F ₂	Útaskezelés
F ₃	Poggyászkezelés
F ₄	Díjbeszedés
F ₅	Biztonsággal összefüggő feladatok

végberendezés típusok

Jelölés	Végberendezés
E ₁	Statikus (passzív) kijelző
E ₂	Dinamikus (interaktív) kijelző
E ₃	Önkiszolgáló terminál (kiosk)
E ₄	Mobil eszköz
E ₅	Személyzeti terminál

3.5 melléklet: A légi személyszállítási integrált információs rendszer összetevői közötti kapcsolatok

szervezet - funkció típus (O-F) táblázat

	Funkció típus					
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	
Szervezet	O ₁	1	1	1	1	1
	O ₂	1	1	1	1	1
	O ₃	1	0	0	0	1
	O ₄	1	1	1	1	1
	O ₅	1	1	1	0	1
	O ₆	1	1	1	1	1
	O ₇	1	1	0	1	0
	O ₈	1	1	0	1	0

szervezet - adatcsoport (O-D) és gépi alrendszer - adatcsoport (M-D) táblázat

		D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
O ₁	11	2	4	0	0	0
	12	2	4	4	4	0
	13	2	2	0	0	0
	14	2	0	0	2	0
	15	2	4	2	2	0
O ₂	21	0	4	4	2	0
	22	0	4	4	2	2
	23	2	4	4	0	0
	24	2	4	2	0	0
	25	0	4	2	0	0
	26	2	4	0	0	0
	27	2	2	0	0	0
M	28	2	2	2	2	0
	31	2	4	0	0	0
O ₃	32	2	4	0	0	0
	33	2	3	0	0	0
	34	2	0	4	0	0
O ₄	41	2	4	4	2	0
	42	0	0	2	2	0
O ₅	51	2	0	2	2	0
O ₆	61	2	0	0	2	2
	62	2	0	0	2	2
O ₇	71	0	0	2	2	2
	72	0	0	2	2	2
	73	0	0	2	2	2
O ₈	81	2	0	0	0	0

adatcsoport - funkció típus (D-F) táblázat

	Funkció típus					
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	
Adatcsoport	D ₁	2	4	4	2	4
	D ₂	2	4	4	4	4
	D ₃	2	4	4	4	0
	D ₄	2	4	4	2	2
	D ₅	2	0	0	4	0

végberendezés - funkció típus (E-F) táblázat

	Funkció típus					
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	
Végberendezés	E ₁	1	0	0	0	0
	E ₂	1	0	0	0	0
	E ₃	1	1	1	1	0
	E ₄	1	1	0	1	0
	E ₅	1	1	1	1	1

Jelmagyarázat: 0: nincs kapcsolat

1: van kapcsolat

2: bemeneti adatcsoport

3: kimeneti adatcsoport

4: az adatcsoport bemenet és kimenet is

normál: esemény-vezérelt átvitel

aláhúzott: idő-vezérelt átvitel

dőlő: esemény-vezérelt és idő-vezérelt átvitel

4.1 melléklet: Az elektromos közúti járművek ösztöltési igényét befolyásoló tényezők és azok hatásainak időhorizontja

	Tényezők	A hatások időhorizontja		
		0-5 év	5-10 év	10+ év
Jármű tech-nológia	Járműgyártási költségek csökkenése		▪	▪
	Az energiahatékonyság javulása			▪
	Akkumulátorok fejlődése		▪	▪
	A műszaki paraméterek javulása	▪		
Töltési technológia	Több töltőállomás, jobb térbeli lefedettség	▪		
	Töltési teljesítmény növekedése		▪	▪
	Innovatív töltési technológiák			▪
	Okos villamosenergia-hálózatok (smart grid) terjedése			▪
Ösztönzők	Elektromos áram előállítása "tisztá" energiaforrásokból			▪
	Járművásárlási támogatások	▪		
	Járműhasználat támogatása	▪		
	Töltőállomások telepítésének támogatása	▪		
	Töltőállomások üzemeltetésének támogatása	▪	▪	▪
	További, indirekt ösztönzők		▪	▪

4.2 melléklet: Az elektromos közúti járművek töltési igény számítási módszere - példa

Tekintsünk egy vállalatot, amely egy 5 BEV és 5 PHEV járműből álló flottát tervez vásárolni. A járművek töltését saját töltőinfrastruktúra telepítésével és üzemeltetésével oldják meg. A töltési igényeket kívánják meghatározni, figyelembe véve a vállalat közlekedési teljesítményeit, amelyekhez az adatok heti bontásban állnak rendelkezésre.

Valósághű bemeneti adatok

adatbázis	α (jármű)									
adat	Q_{BEV}	Q_{PHEV}	$C_{BEV,r}$	$C_{BEV,id}$	$C_{PHEV,r}$	$C_{PHEV,id}$	B_{BEV}	B_{PHEV}	U_{BEV}	U_{PHEV}
érték	5	5	17.2	19.1	23	24.9	30	8.8	0.8	1
mérték-egység	db	db	kWh/100km	kWh/100km	kWh/100km	kWh/100km	kWh	kWh	-	-
adatbázis	β (megtett távolság)									
adat	G_{BEV}	G_{PHEV}	$g_{BEV,r}$	$g_{BEV,id}$	$g_{PHEV,r}$	$g_{PHEV,id}$	$S_{BEV,r}$	$S_{BEV,id}$	$S_{PHEV,r}$	$S_{PHEV,id}$
érték	700	600	0.9	0.1	0.2	0.8	1	1	0.8	0.25
mérték-egység	km/hét	km/hét	-	-	-	-	-	-	-	-
adatbázis	δ (töltő infrastruktúra)									
adat	P_n	P_r	η_n	η_r	V_n	V_r				
érték	3.6	20	0.83	0.88	168	168				
mérték-egység	kW	kW	-	-	h/hét	h/hét				

A következő kérdésekre keresik a választ:

1. Mennyi energia szükséges a teljes flotta üzemeltetéséhez járműtípusonként, közlekedési távolság típusonként és összesen?
2. Az egyes járműveket, és járműtípusonként a teljes flottát hányszor kell tölteni hetente?
3. Mekkora egy jármű átlagos töltési ideje az egyes járműtípusok esetében a különböző teljesítményű töltőtípusoknál?
4. Mennyi időbe telik járműtípusonként a teljes flotta heti energiaigényének kiszolgálása a különböző teljesítményű töltőtípusoknál?

A vállalat még nem tudja, hogy mennyi és milyen teljesítményű töltőt érdemes telepítenie; a döntést a számítás eredményei alapján hozza meg. Ezért a példában a számítás ezen pontjánál a felhasználó töltési preferenciáit (γ adatbázis, z_k érték), és a töltőpontok számát (X_k érték) még nem vettem figyelembe. Az átlagos energiafelhasználás (C_{ij}) és az akkumulátor kapacitás (B) értékek a 2015-ös Nissan Leaf 30 kWh akkumulátoros BEV, és Audi A3 e-tron PHEV modellre vonatkoznak. Az akkumulátor átlagos kapacitáskihasználási tényezője (u) a várható használati jellemzők alapján határozható meg. A példában 0,8 értéket vettem a BEV járművekhez, míg 1 értéket a PHEV járművekhez, mivel ez utóbbiak teljesen lemerült akkumulátorok mellett is működőképeseek. A BEV járművek főként helyi forgalomban ($g_{BEV,r} - 90\%$) tesznek meg járművenként hetente átlagosan 700 km-t (G_{BEV}). A PHEV járművek főként távolsági forgalomban ($g_{PHEV,ld} - 80\%$) használatosak, járművenként hetente átlagosan 600 km-t (G_{PHEV}) megtéve. 25 %-os elektromos hajtást terveznek távolsági forgalomban ($s_{PHEV,ld}$), és 80 %-osat helyi forgalomban ($s_{PHEV,r}$). Normál és gyors töltők is telepíthetők 3.6 kW (P_n), illetve 20 kW (P_f) töltési teljesítménnyel, non-stop rendelkezésre állással ($V_k=168$ h/hét). A töltés átlagos hatékonyságát az egyes töltőtípusoknál (η_k) tudományos eredmények (Apostolaki-Iosifidou et al., 2017) és tapasztalati adatok (<http://teslaliving.net/2014/07/07/measuring-ev-charging-efficiency/> [Accessed: 6.8.2018]) alapján határoztam meg.

Lépések

1: A járműállomány adott a példában.

2: Az elektromos hajtással megtett távolságokat [jműkm] járműtípusonként és közlekedési távolság típusonként, illetve összesítve számítottam:

- $M_{BEV,r} = 3150$ jműkm; $M_{BEV,ld} = 350$ jműkm; $M_{PHEV,r} = 480$ jműkm; $M_{PHEV,ld} = 600$ jműkm;
- $M_r = 3630$ jműkm; $M_{ld} = 950$ jműkm.

3: Az energiaigényt [kWh] járműtípusonként és közlekedési távolság típusonként, illetve összesítve számítottam, választ adva az 1. kérdésre:

- $E_{BEV,r} = 541.8$ kWh; $E_{BEV,ld} = 66.9$ kWh; $E_{PHEV,r} = 110.4$ kWh; $E_{PHEV,ld} = 149.4$ kWh;
- $E_r = 652.2$ kWh; $E_{ld} = 216.3$ kWh;
- $E = 868.5$ kWh.

4: A töltési igényt (a töltések számát) járművenként és járműtípusonként összesítve számoltam (egy hetes időtartamra), választ adva a 2. kérdésre:

- $N'_{BEV} = 5.1$; $N'_{PHEV} = 5.9$;
- $N_{BEV} = 25.4$; $N_{PHEV} = 29.5$.

5: Egy jármű átlagos töltési idejét járműtípusonként és töltőtípusonként számoltam, választ adva a 3. kérdésre:

- $T'_{BEV,n} = 8$ h; $T'_{BEV,f} = 1.4$ h; $T'_{PHEV,n} = 2.9$ h; $T'_{PHEV,f} = 0.5$ h.

A töltőinfrastruktúrára vonatkozó döntést elősegítendő, töltőtípusonként és járműtípusonként számoltam a teljes flotta heti teljes töltési idejét, választ adva a 4. kérdésre:

- $T_{BEV,n} = 203.7$ h; $T_{BEV,f} = 34.6$ h; $T_{PHEV,n} = 86.9$ h; $T_{PHEV,f} = 14.8$ h.

A töltőpontok száma és típusa a felhasználói preferenciák és a villamosenergia-hálózati jellemzők figyelembevételével határozható meg. Ezek a szempontok nincsenek beépítve a módszerbe. A töltőinfrastruktúra jellemzőinek ismeretében (X_k , P_k , η_k , V_k) számítható a töltőpontok kapacitáskihasználási tényezője ($W_k - 54$. számítási lépés).

A példa szemlélteti a módszer időbeli rugalmasságát; mind az időintervallum, mind pedig a vizsgálat időpontja tetszőleges. A példában egy hetes időintervallum és a jelenlegi adatok szerepelnek.

4.3 melléklet: Az országos átjárhatóságot biztosító villámtöltő-állomások helyszíneit kijelölő módszer – a változók értékelő számai

A kategóriákat Magyarországra vonatkozóan határoztam meg.

x_1 forgalomnagyság: átlagos napi forgalomnagyság (ÁNF) összesített értéke a lehetséges helyszínen 250 méteres körzetében a figyelembe vett utakon [személygépjármű/nap].

Forgalomnagyság [személygépjármű/nap]	x_1
<5000	1
5001-10000	2
10001-15000	3
15001-25000	4
>25000	5

x_2 lakosság szám: összlakosság szám a lehetséges helyszínen 10 kilométeres körzetében.

Település	Lakosság szám [fő]	x_2
Egyéb település	<1000	1
Község	1000-19999	2
Kisváros	20000-299999	3
Nagyváros	300000 – 999999	4
Metropolisz	≥ 1 M	5

x_3 szolgáltatási szint: a gyalog elérhető kiegészítő szolgáltatások alapján képzett csoportok:

- alap pihenőhely: parkoló, WC,
- minimum pihenőhely: alap pihenőhely szolgáltatásai + kisbolt (pl. benzinkút shop),
- médium pihenőhely: minimum pihenőhely szolgáltatásai + étkezési lehetőségek (pl. étterem, büfé) és további szolgáltatások (pl. gyógyszertár, supermarket),
- superior pihenőhely: médium pihenőhely szolgáltatásai + szállás (pl. hotel).

A gyaloglási hajlandóság kb. 500 méter (*Smith és Butcher, 2008; van der Waerden et al., 2017*), ezért az ilyen sugarú körben található szolgáltatásokat vettem figyelembe.

Szolgáltatási szint	x_3
Alap pihenőhely	0
Minimum pihenőhely	1
Médium pihenőhely	3
Superior pihenőhely	5

x_4 legközelebbi töltőállomás elvonó hatása: a hatás nagyságát a távolság függvényében határoztam meg.

A harmadik hatványt azért alkalmaztam, hogy jelentősen csökkentsem egy lehetséges helyszínen IP értékét egy már meglévő villámtöltő közelében. A töltőhálózat térbeli terjedését az α és β paraméterekkel lehet befolyásolni. Az x_4 változó csökkenti IP értékét, ha a legközelebbi villámtöltő-állomás α távolságon belül van, és növeli IP értékét, ha α és β távolság között van. Az α és β paraméterek bevezetésével a töltőállomás hálózat terjedése a kiválasztási folyamatban egy olajfoltéhoz hasonlítható. Egy újonnan telepített töltőállomás a legközelebbi meglévő töltőállomástól minimum α , maximum β távolságra fog elhelyezkedni. A két paraméter változtatásával a szomszédos töltőállomások közötti átlagos távolság szórása befolyásolható. Ha a különbség alacsony, a szórás is alacsony. Ha a közlekedési hálózaton a szomszédos töltőállomások közötti távolság egyenletes, akkor az növeli a hálózat megbízhatóságát az utazó számára. A magas α és β közötti különbség nagyobb szabadságot ad a helyszínek kijelölés során, így valószínűsíthető, hogy a kiválasztott helyszínek átlagos telepítési potenciálja magasabb lesz, vagyis a töltőállomások számára kedvezőbb helyszíneket jelöl ki az algoritmus. Mivel a tisztán elektromos járművek átlagos hatótávja autópályán nem haladja meg a 200 kilométert, 100 kilométernél nagyobb β érték beállítása nem javasolt.

4.4 melléklet: Az országos átjárhatóságot biztosító villámtöltő-állomások helyszíneit kijelölő módszer alkalmazása Magyarországra

A módszer magyarországi implementálása és az eredmények megjelenítése QGIS szoftver környezetben valósult meg. Az alkalmazásfejlesztésben Dr. Wirth Ervin, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Fotogrammetriai és Térinformatikai Tanszék munkatársa működött közre. A QGIS egy ingyenes és nyílt forráskódú térinformatikai rendszer, ami támogatja a térbeli adatok szerkesztését, feldolgozását és megjelenítését. Az OpenStreetMap adatbázisában megtalálható pihenőhelyeket határoztam meg, mint lehetséges telepítési helyszínek. A gyorsforgalmi utak mentén (1. réteg) 134, az egyéb főutak mentén (2. réteg) 706 helyszínt vettem figyelembe.

Az ország nagyforgalmú útjainak töltőállomással való lefedését tűztem ki célul úgy, hogy a töltőállomások közötti átlagos távolság körülbelül 50 kilométer legyen. Ennek megfelelően egy útszakasz akkor van lefedve, ha 25 kilométeres távolságon belül töltőállomás található. A telepítési eljárás akkor áll le, ha egymást követő két lépésben a teljes lefedett úthálózat hossza kevesebb, mint 30 kilométerrel nő. Az alkalmazás során minden távolság légvonalban mért távolság, ami csökkenti a módszer jóságát, de jelentősen egyszerűsíti a számítást.

A súlyok javasolt értéke:

a_1	a_2	a_3
0,7	0,2	0,1

A telepítési cél egy adott összhúthossz (8300 km) közel egyenletes "lefedése" volt minél kevesebb töltőállomással. $a=40$ km, $\beta=60$ km esetén a lefedett úthossz 8385,2 km, a töltőállomások száma 72 db; a telepítésre a javasolt töltőállomás helyszínek a következők:



Jelmagyarázat:

- | | | | |
|-------|----------------------------|---|----------------------------------|
| ———— | Lefedett út (1. réteg) | ● | Javasolt töltőállomás (1. réteg) |
| ----- | Nem lefedett út (1. réteg) | ▲ | Javasolt töltőállomás (2. réteg) |
| ———— | Lefedett út (2. réteg) | | |
| ----- | Nem lefedett út (2. réteg) | | |

4.5 melléklet: A városi töltőállomások helyszíneit kijelölő módszer – töltésjellemzők

Helyszíntípus	Átlagos töltési gyakoriság (f) [töltés/nap/jármű]	Átlagos töltési idő töltésenként (t) [óó:pp/töltés/jármű]	Töltési igény ($d=f \cdot t$) [óó:pp/nap]
Szupermarket	0,18	0:43	0:08
Közhivatal/posta/bank	0,09	0:21	0:02
P+R létesítmény	0,15	2:09	0:19
Vasútállomás/autóbuszállomás	0,08	1:21	0:06
Benzinkút	0,25	0:21	0:05
Turisztikai célpont/kulturális- vagy sportlétesítmény	0,12	1:15	0:09

A nem reprezentatív felmérésben kb. 800 fő jelenlegi és potenciális elektromos járműhasználó válaszolta meg, hogy hol, milyen gyakran és mennyi ideig töltenek/töltenének.

Az alábbi kategóriákat képeztem:

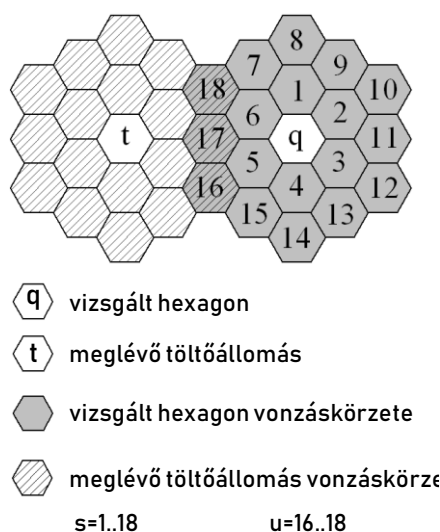
- gyakoriság (f): soha; évente néhányszor; havonta néhányszor; hetente 2-3 alkalommal; hetente 4-5 alkalommal; mindennap,
- időtartam (t): kb. 10 perc; kb. 30 perc; 2-4 óra; 6-8 óra. Az időtartam kategóriák megegyeznek a különböző töltőtípusok jellemző töltési idejével.

Az átlagértékeket a kategóriák középértéke alapján számoltam.

4.6 melléklet: A városi töltőállomások helyszíneit kijelölő módszer – elvonzó hatás

A példában a vizsgált hatszög a q , a $w2w$ távolság 2 „hatszögnyi”. A vizsgált hatszög vonzaskörzetében lévő hatszögek jelölése $s=1..18$. Minden 2 hatszög sugarú „körön” belüli hatszög növeli, míg minden 5 hatszög sugarú „körön” belüli meglévő töltőállomás elvonzó hatása csökkenti a töltőtelepítési potenciál (W_q) értékét. A példában t hatszögben található egy meglévő töltőállomás. A vizsgált q hatszög és a meglévő t töltőállomás vonzaskörzetének metszetében lévő hatszögek a 16, a 17 és a 18-as, így $u=16..18$. Azon utazók, akiknek célpontja a 16..18 hatszögek egyikében található, a járművét t vagy q hatszögben található töltőállomásnál is töltheti. Ennek a megoszlásnak a mértékét

fejezi ki a $\frac{Y_t}{2Y_q}$ hányados.



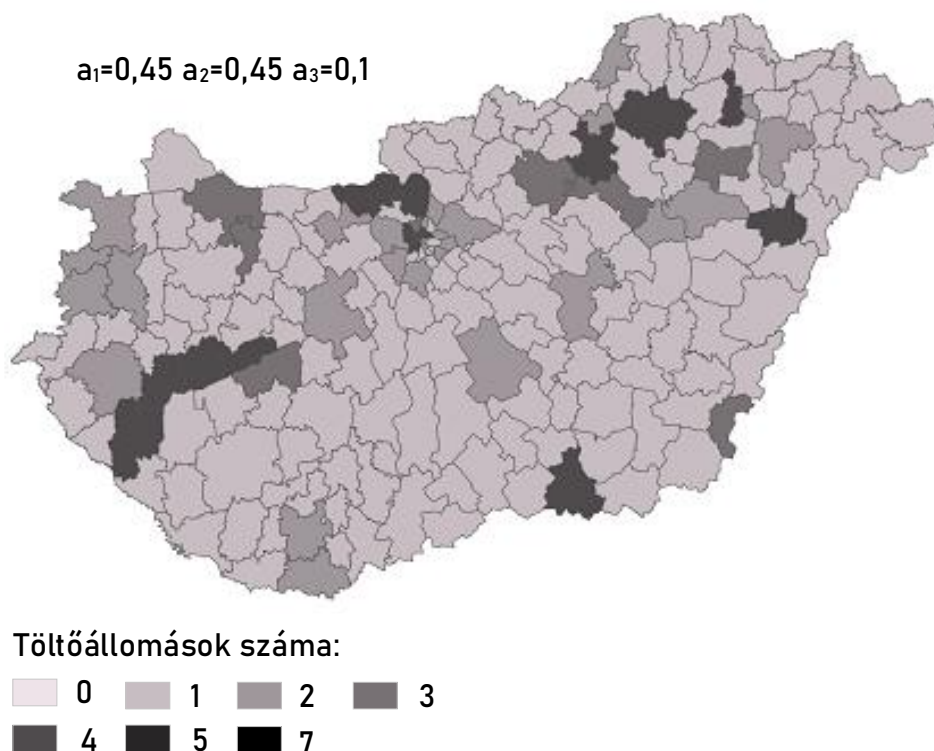
4.7 melléklet: A városi töltőállomások helyszíneit kijelölő módszer alkalmazása makró szinten

Magyarország 164 járásra, míg Budapest 23 kerületre bontható. A példában összesen $N=300$ töltőállomás telepítése volt a cél. A módszer QGIS szoftver környezetben való implementálásához és az eredmények megjelenítéséhez szükséges alkalmazásfejlesztésben Dr. Wirth Ervin, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Fotogrammetriai és Térinformatikai Tanszék munkatársa működött közre.

Területi egységenként becsültem az elektromos személygépjárművek számát a járásonkénti, illetve kerületenkénti járműszám és az elektromos személygépjárművek országos aránya alapján. A jövedelem adatok forrása a Központi Statisztikai Hivatal volt. A turizmus értékeléséhez négy kategóriát határoztam meg az értékelő számokkal együtt.

Turizmus kategóriák és értékelő számok	
Turizmus kategória	x_3
Elhanyagolható turizmus	0
Alacsony jelentőségű turizmus	1
Közepes jelentőségű turizmus	3
Jelentős turizmus	5

Az eltérő súlyok hatását több esetre is megvizsgáltam. Budapest kerületeiben, környékén, valamint a nagyobb városokat (Miskolc, Győr, Debrecen, Szeged, Pécs, Székesfehérvár, Kecskemét, Nyíregyháza) tartalmazó területi egységekben a legmagasabb az IP értéke. A súlyok beállítását követően, a legkedvezőbbnek talált esetet ábrázoltam a javasolt töltőállomások számával együtt. Ebben az esetben minden terület egységbe legalább egy töltőállomás került.



4.8 melléklet: A városi töltőállomások helyszíneit kijelölő módszer alkalmazása mezo szinten

A példát Budapest XI. kerületére vonatkozóan mutatom be. A w_2w távolságot 1 hatszögnek (250 m) választottam. A forgalomvonzó létesítményekkel kapcsolatos adatforrásként az OpenStreetMap nyílt forráskódú szoftvert használtam. Tapasztalatok szerint a nappali töltési igény fontosabb, így a súlyokat az alábbiak szerint határoztam meg: $b_r=0,6$ és $b_z=0,4$. A makró szintű értékelés eredményeként ebbe a kerületbe a 300 töltőállomásból 4 db telepítése javasolt. A kerületben a vizsgálat elvégzésekor már 4 telepített töltőállomás volt. Ennek megfelelően a B1-B4 lépéseket végeztem el. Lakóterület kategóriákat képeztem, amihez értékelő számot rendeltem. Publikus töltőállomásra ott van szükség, ahol az elektromos jármű töltése privát beállóhelyen (garázsban) nem lehetséges.

Lakóterület kategóriák és értékelő számok

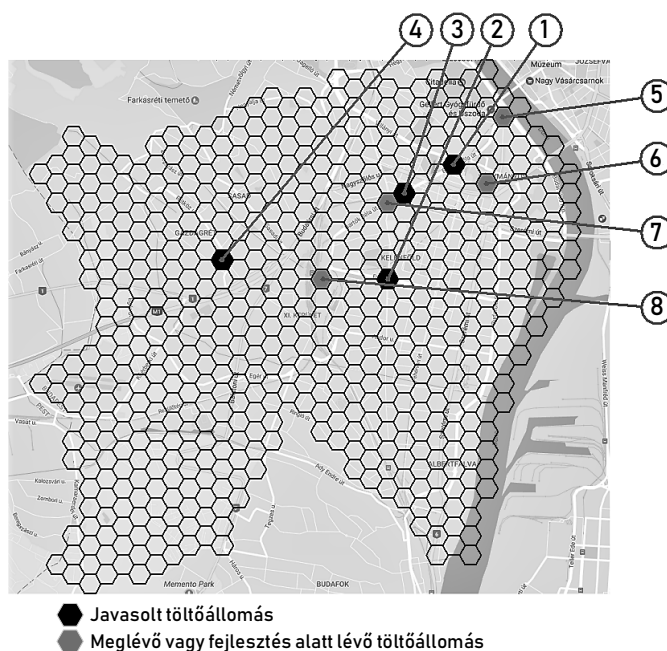
Lakóterület kategória	r
Kertesház	1
Zöldövezeti társasház	3
Zárt beépítésű (belvárosias), lakótelep	5

Kiszámoltam az elméleti eredő potenciál értékeket a legvonzóbb hatszögek esetében.

Elméleti és gyakorlati eredő potenciál

Elméleti eredő potenciál - javasolt töltőállomások		Gyakorlati eredő potenciál - meglévő töltőállomások	
q (hatszög azonosító)	W_q	q (hatszög azonosító)	W_q
1	4,11	5	3,44
2	3,38	6	2,94
3	3,19	7	2,57
4	3,12	8	1,73
$\sum W_q$	13,8	$\sum W_q'$	10,68

A már meglévő töltőállomások gyakorlati eredő potenciálja lényegesen alacsonyabb, mint a legvonzóbb hatszögek elméleti eredő potenciál értéke ($\sum W_q' \ll \sum W_q$). Ezért további töltőállomás(ok) telepítése javasolt, amíg $\sum W_q'$ el nem éri, vagy meg nem haladja az elméleti eredő potenciál értékét, vagyis a 13,8-at. További egy töltőállomás telepítése javasolt a $q=2$ hatszögben ($W_2=3,38$). Ezzel az új $W_q'=14,06$. Mivel a makró szintű értékelés során eredetileg 4 töltőállomás telepítése ajánlott a kerületben, de valójában csak 1-re volt szükség, a maradék 3 töltőállomás újra osztható a többi terület egység között. A meglévő és a javasolt töltőállomás helyszíneket térképen szemléltettem. Mivel a meglévő töltőállomások helyszíne befolyásolja a telepítési potenciált, a legkedvezőbb ($q=1$) helyszínen töltőállomás telepítése nem ajánlott.



4.9 melléklet: Az elektromobilitást támogató információs funkciók

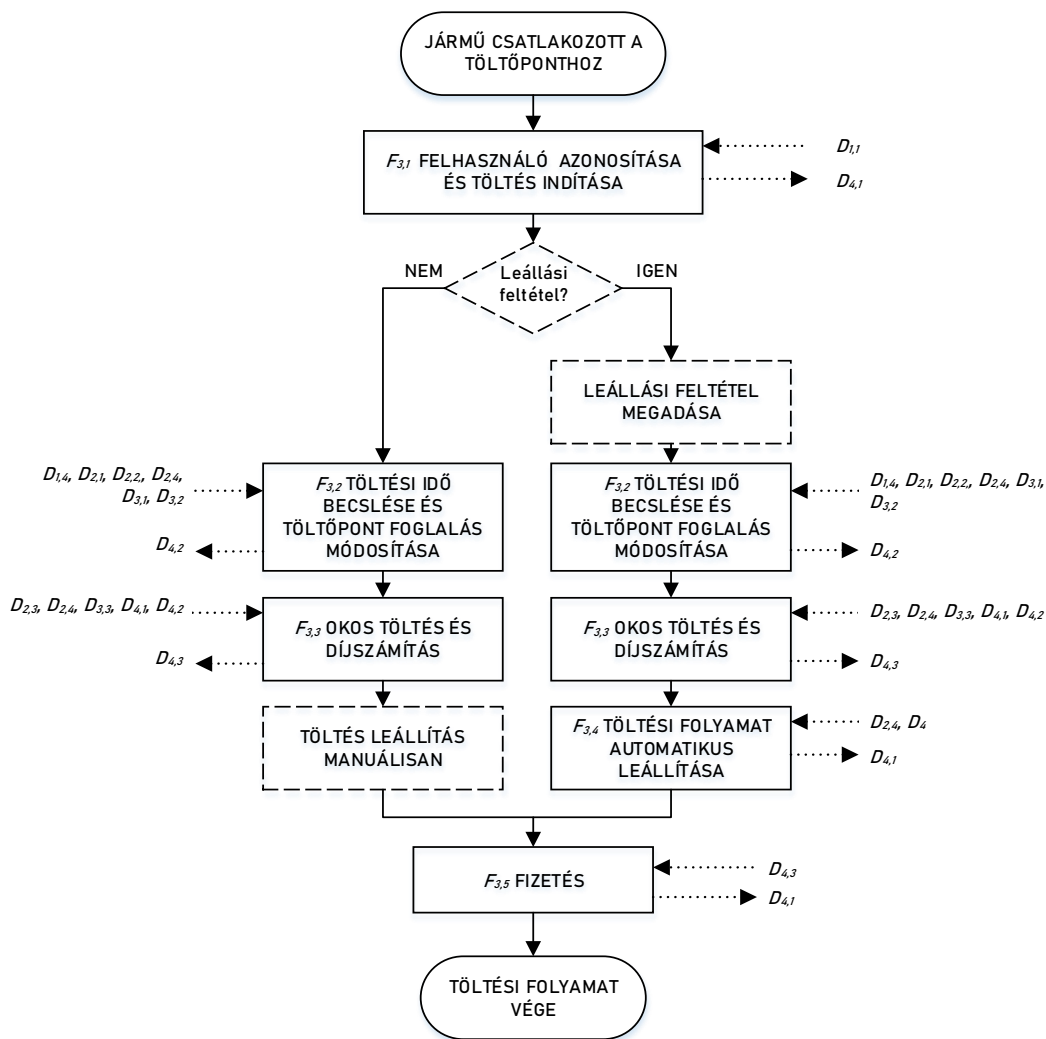
Üzemeltetési fázisok	F ₁ : Új jármű választás támogatása	F ₂ : Utazástervezés/ navigáció	F ₃ : Töltés támogatás	F ₄ : Töltési terv optimalizálás
Jármű kiválasztás (vásárlás)	✓			
Töltés menedzsment és útvonaltervezés		✓		✓
Utazás közben		✓		
Tényleges helyváltoztatás				
Töltés			✓	✓

4.10 melléklet: Az elektromobilitást támogató információs alfunkciók

Funkció	Alfunkció
<i>F₁</i>	<i>F_{1,1}</i> Járműhasználati adatok megadása/ -rögzítése
	<i>F_{1,2}</i> Elektromos személygépkocsik értékelése
<i>F₂</i>	<i>F_{2,1}</i> Megfelelő helyszínek keresése (tevékenység alapján)
	<i>F_{2,2}</i> Útvonaltervezés
	<i>F_{2,3}</i> Töltőpont foglalás
<i>F₃</i>	<i>F_{3,1}</i> Felhasználó azonosítása és töltés indítása
	<i>F_{3,2}</i> Töltési idő becslés és töltőpont foglalás módosítás
	<i>F_{3,3}</i> Okos töltés és díjszámítás
	<i>F_{3,4}</i> Töltési folyamat automatikus leállítása
	<i>F_{3,5}</i> Fizetés
<i>F₄</i>	<i>F_{4,1}</i> Töltés tervezés
	<i>F_{4,2}</i> Visszatáplálás tervezés

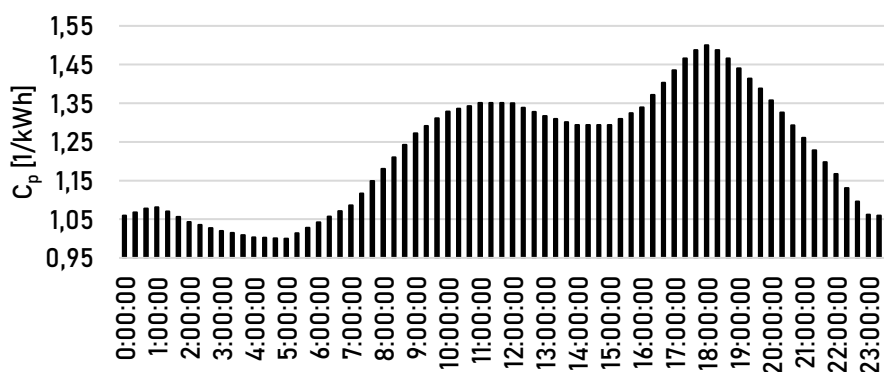
4.11 melléklet: Az elektromobilitást támogató integrált információs rendszer adatcsoportjai

Adat kategória	Jelölés	Adatcsoport megnevezés	Érvényesség
<i>D₁</i> Személygépkocsi használati adatok	<i>D_{1,1}</i>	általános vezetési stílus (és személyes azonosító)	statikus
	<i>D_{1,2}</i>	gyakori úticélok (pl. munkahely) és útvonalak	statikus
	<i>D_{1,3}</i>	kedvenc töltőállomások	statikus
	<i>D_{1,4}</i>	tervezett útvonal	dinamikus
<i>D₂</i> Személygépkocsi adatok	<i>D_{2,1}</i>	fajlagos energiafogyasztás	statikus
	<i>D_{2,2}</i>	akkumulátor kapacitása	statikus
	<i>D_{2,3}</i>	csatlakozó típusa és töltési teljesítménye	statikus
	<i>D_{2,4}</i>	töltöttségi szint	dinamikus
<i>D₃</i> Töltőinfrastruktúra adatok	<i>D_{3,1}</i>	publikus töltőállomások adatai	statikus
	<i>D_{3,2}</i>	privát töltőállomások adatai	statikus
	<i>D_{3,3}</i>	villamos energia tarifa	dinamikus
<i>D₄</i> Töltési folyamat adatok	<i>D_{4,1}</i>	tényleges töltés adatai	statikus
	<i>D_{4,2}</i>	tervezett töltés adatai	dinamikus
	<i>D_{4,3}</i>	töltési költség	dinamikus
<i>D₅</i> Közlekedési hálózat adatok	<i>D_{5,1}</i>	úthálózat adatai	statikus
	<i>D_{5,2}</i>	forgalmi adatok	dinamikus

4.12 melléklet: A töltés támogatás (F_3) funkció folyamatábrája

4.13 melléklet: A töltés optimalizáló módszer alkalmazása

Többféle töltési stratégia szimulációs vizsgálatát végeztem el. Egy 50kWh akkumulátor kapacitású járművet feltételeztem, ami mindig csatlakoztatva van az villamosenergia-hálózathoz amikor nincs mozgásban. A jármű energiafogyasztását leegyszerűsítve vettem figyelembe: 7,5kWh/h mozgás közben. A töltési- és visszatáplálási teljesítmény 3,6kW. A vizsgált időszak kezdetekor a töltöttségi szint 5% volt. Változó díjtételt feltételeztem, ami követi az egy napon belüli terhelés ingadozását az elektromos hálózaton. A vételi (C_p) és eladási (C_s) ár 20 percenként változhat. A villamos energia tarifát a terhelés függvényében határoztam meg: amikor a terhelés a legkisebb, az eladási ár a legalacsonyabb (C_p^{\min}), amikor a terhelés a legnagyobb, az eladási ár a legmagasabb (C_p^{\max}). A két érték között az eladási árat lineáris interpolációval számoltam. A díjtétel a következő grafikon szerint változik egy napon belül $C_p^{\max}/C_p^{\min} = 1,5$ esetén.



Rövidtávú rendszeres és hosszútávú mobilitási igényeket, valamint a hozzá tartozó töltési igényeket vettem figyelembe, a következő táblázat szerint:

Dátum	Időpont	Jármű helyzete	Hatótáv követelmény a töltés végén (töltöttségi szint)
első n nap – rövidtávú rendszeres utazások	0:00–7:20	Otthon	25%
	7:20–8:20	Mozgásban	-
	8:20–17:00	Nem otthon	20%
	17:00–17:40	Mozgásban	-
	17:40–19:40	Nem otthon	30%
	19:40–20:40	Mozgásban	-
	20:40–0:00	Otthon	-
$(n+1)$ nap – hosszútávú utazás	0:00–7:20	Otthon	25%
	7:20–8:20	Mozgásban	-
	8:20–17:00	Nem otthon	90%

Mobilitási igényenként a következő töltési stratégiák szerint végeztem érzékenységvizsgálatokat:

1. folyamatos töltés: a jármű mindig töltődik amikor csatlakoztatva van és az akkumulátor töltöttsége kisebb, mint 100%,
2. éjszakai töltés: a jármű csak éjszaka, otthon töltődik,
3. töltési terv optimalizálás, csak töltéssel,
4. töltési terv optimalizálás, töltés és visszatáplálás.

Meghatároztam az egyes paramétereknek a teljes töltési költségre kifejtett hatását:

a., C_p^{\max}/C_p^{\min} értéke, vagyis a változó díjtétel szélsőértékei közötti különbség változik.

Megállapítottam, hogy a C_p^{\max}/C_p^{\min} hányados értékének növekedésével csökken a teljes töltési költség e töltés menedzsmenttel támogatott 3. és 4. töltési stratégiák esetén. Ennek oka, hogy a visszatáplálásból származó bevétel gyorsabb ütemben nő, mint a töltési költség. Az 1. stratégia a legkedvezőtlenebb a felhasználó számára. A 2. és a 3. stratégiákhoz tartozó teljes költség értékek között a különbség nem jelentős; utóbbi kevésbé érzékeny C_p^{\max}/C_p^{\min} változására.

b., C_s/C_p értéke, vagyis az eladási és vételi ár aránya változik.

Megállapítottam, hogy a visszatáplálás ösztönzéséhez magas C_s/C_p szükséges. Ezért az elektromos hálózat szempontjából a nagyteljesítményű töltőberendezések a kedvezők, amivel növelni lehet az egységnyi idő alatt átvitt energiamennyiséget. Ugyanakkor, az akkumulátor élettartamának szempontjából a lassú töltés a kedvező.

c., Az előzetes igénybejelentés időpontja változik (a vizsgálatot a hosszútávú utazás előtti töltési igényre végeztem el).

A töltés menedzsmentet alkalmazó 3. és 4. töltési stratégiák jobban teljesítenek a többi töltési stratégiánál, és a különbség enyhén nő minél előbb jelenti be a felhasználó a töltési igényét. Megfigyelhető, hogy a töltési költség csökken, aminek oka, hogy a minél korábbi igénybejelentés egyre nagyobb szabadságot ad az optimalizálás során, így egyre jobb megoldásokat talál a módszer. A korai előzetes igénybejelentés (137 órával korábban) jelentősen csökkenti a fajlagos töltési költséget (5,3–8,7%).

5.1 melléklet: Autonóm járműves mobilitási szolgáltatások összehasonlítása

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) nagyobb részben autonóm (pl. útba épített markerek követése), c) autonóm (GNSS vagy egyéb helymeghatározó technológia alapján).

jármű típus	megnevezés	város (ország)	1 szolgáltatás célja	2 kiszolgált terület	3 pálya	4 járműirányítás	férőhely [utas]
szgk.	Grab (nuTonomy)	Szingapúr	b fuvar-megosztás	a üzleti negyed	c városi utak	c GNSS, akadály felismerés	2(-4)
	Uber	Pittsburgh, San Francisco (USA)	b fuvar-megosztás	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
	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 repülőtéri parkoló - terminál	a keresztezési prioritás	b programozott útvonal, akadály felismerés	8
GRT/pod	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
	Civax*	Civax (Franciaország)	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 (Ausztria)	a új mobilitási szolgáltatás	b új, okos városrész	b forgalom csökkentett övezet	c GNSS, akadály felismerés	12
busz	CityPilot	Amsterdam (Hollandia)	b meglévő szolgáltatás helyett	d repülőtér - városközpont	a keresztezési prioritás	c programozott útvonal, akadály felismerés	>20

* jelenleg nem működő szolgáltatás (tesztelési időszak véget ért)

5.2 melléklet: Elvárások az autonóm járműves mobilitási szolgáltatásokkal szemben - Kérdőív

A nem reprezentatív felmérést 2018 februárjában végeztem. Összesen 510 db válasz érkezett.

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, kerekesszékekkel közlekedés)
 - igen, látássérült vagyok
 - nem
- I.7. Lakóhelyének nagysága
- metropolisz (lakosság > 1.500.000; pl. Budapest)
 - metropolisz agglomerációja
 - nagyváros (lakosság 100.000-1.500.000)
 - kisváros (lakosság 10.000-100.000)
 - kisebb település (lakosság < 10.000)
- I.8. Lakóhely beépítettségi övezet típusa
- belvárosi sűrűbeépítésű övezet
 - lakótelep
 - társasházakból álló övezet
 - kertesházás 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 gyakorisággal végzi a következő tevékenységeket? *(Tevékenységként - 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

III.1. A következő motivációk esetében melyik autonóm járműves szolgáltatástípust használná leginkább a jelenleg használt mód helyett? *(Motivációként - 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.2. 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.3. Mekkora gyaloglási időt tart elfogadhatónak kijelölt megállóhelyeknél igénybe vehető autonóm járműves szolgáltatásnál? - pl. S₄ kijelölt útvonalú kisbusz esetén *(Egyet jelöljön meg!)*

- < 2 perc (<150 m)
- 2-5 perc (150-400 m)
- > 5 perc (>400 m)

III.4. Legfeljebb mekkora várakozási időt tart elfogadhatónak tetszőleges pontnál igénybe vehető autonóm járműves szolgáltatásnál? A várakozási idő az igénybejelentéstől a jármű érkezéséig eltelt időtartam. - pl. S₁ taxi, S₂ megosztott taxi, vagy S₃ ráhordó/elhordó kisbusz esetén *(Egyet jelöljön meg!)*

- < 5 perc
- 5-10 perc
- 10-15 perc

III.5. 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. S₃ ráhordó/elhordó kisbusz, vagy S₄ kijelölt útvonalú kisbusz esetén *(Egyet jelöljön meg!)*

- < 5 perc
- 5-10 perc
- 10-15 perc

III.6. Összesen mekkora maximális kitérés időt tart elfogadhatónak utasok felvételéhez/leadásához megosztott autonóm járműves szolgáltatástípusoknál? - pl. S₂ megosztott taxi, vagy S₃ ráhordó/elhordó kisbusz esetén *(Egyet jelöljön meg!)*

- < 5 perc
- 5-10 perc
- 10-15 perc

III.7. A tarifarendszer kialakítása során milyen alapvető szempontot tart elfogadhatónak az egyes autonóm járműves szolgáltatástípusok esetében? *(Minden sorban egyet jelöljön meg!)*

		a	b	c	d
		távolság alapú tarifa	időtartam alapú tarifa	távolság+időtartam alapú tarifa	egy utazáshoz tartozó (távolságtól, időtartamtól független)
S ₁	taxi				
S ₂	megosztott taxi				
S ₃	ráhordó kisbusz				
S ₄	kijelölt útvonalú kisbusz				

III.8. 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.9. A fizetendő díj mértéke számos tényező hatására dinamikusan változhat. Adja meg az elfogadható százalékos változás mértékét a következő esetekben!

- a. Csúsidőszakokban, 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.10. Milyen gyakran használná a következő fizetési módokat?

(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.11. 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.12. 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)			
c	elektronikus eszközök töltési lehetősége			
d	étel/ital automaták			
e	általános információ kijelzése (következő megálló, átszállási kapcsolatok)			
f	személyzet jelenléte (biztonságérzet, információ nyújtás)			

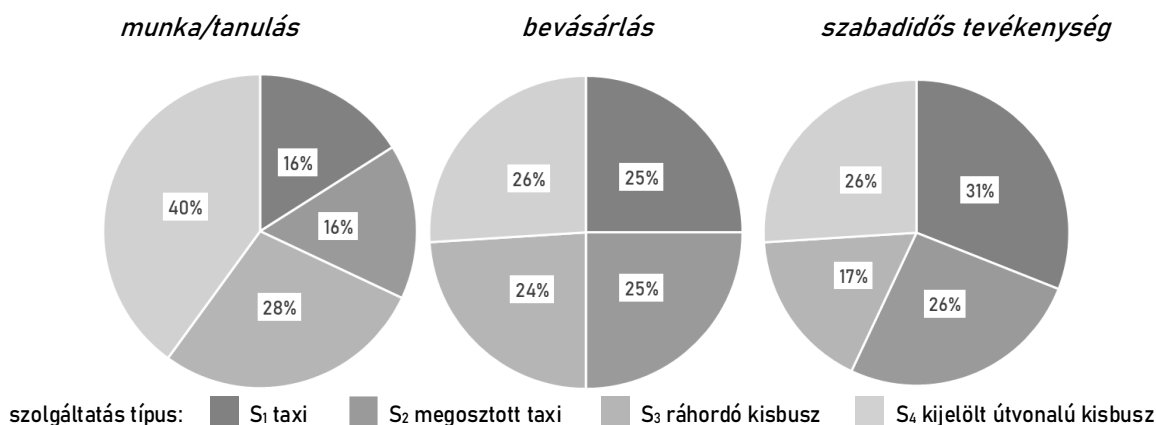
III.13. Milyen gyakran végezné a következő tevékenységeket autonóm járműves szolgáltatások használatakor? (Válassza ki az Önnek megfelelő lehetőséget: 1: soha, 2: néha, 3: gyakran)

		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.14. 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)

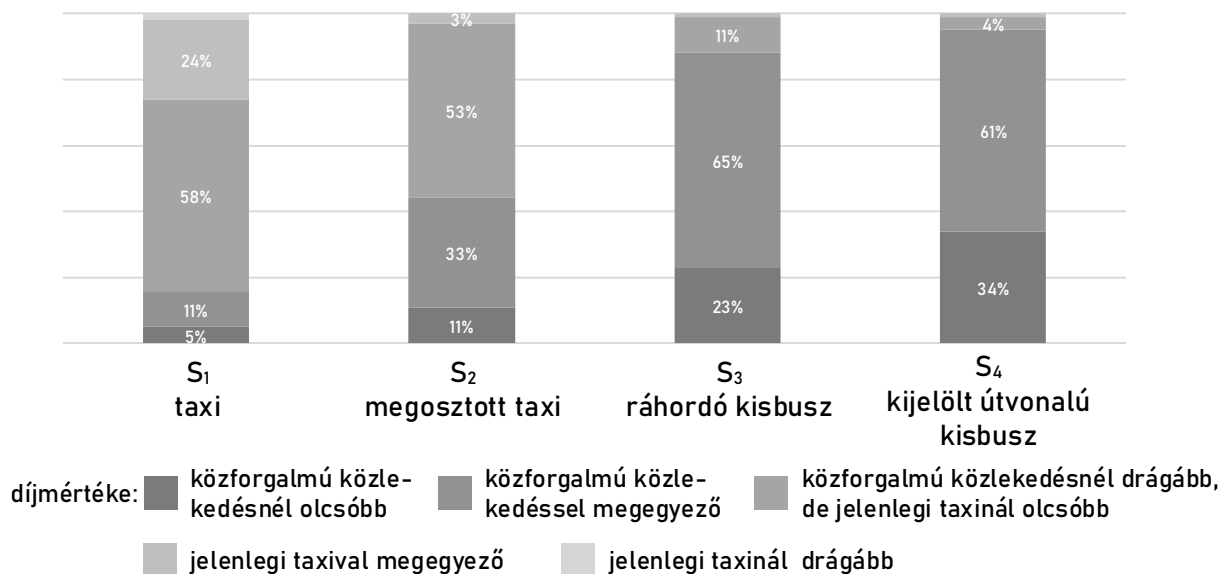
		1	2	3
		nem értek egyet	nem tudom megítélni	egyet-értek
a	nem szükséges saját járművet fenntartani (közösségi járműhasználat elterjedése)			
b	csökken a balesetek száma (gyorsabb reagálás, egymással is kommunikáló járművek)			
c	kevesebb az energiafelhasználás és a károsanyag kibocsátás (gazdaságosabb vezetési stílus)			
d	a jogosítvánnyal, vezetési képességekkel nem rendelkező személyek (fiatalok, idősek, fogyatékkal élők stb.) részére is elérhető a személyre szabott mobilitási szolgáltatás			
e	csökken az utazási idő (gyorsabb járművek)			
f	növekszik az utazás teljes hasznossága (a vezetési idő más tevékenységgel tölthető)			
g	kevesebb parkolóhely elegendő (a megosztott járműhasználat miatt), javul a városi térgazdálkodás			

5.3 melléklet: Szolgáltatástípusok választási aránya motivációnként



5.4 melléklet: Díjmértékek választási aránya szolgáltatástípusonként

Elfogadható díjmértéknek a következő lehetőségeket határoztam meg: közforgalmú közlekedésnél olcsóbb; közforgalmú közlekedéssel megegyező; közforgalmú közlekedésnél drágább, de jelenlegi taxinál olcsóbb; jelenlegi taxival megegyező; jelenlegi taxinál drágább.



A válaszadók

- az utastársak előzetes szűrési lehetősége esetén (pl. profilkép szerint) 19%-kal nagyobb díjat hajlandók fizetni;
- csúcsidőszakokban szintén 19%-kal nagyobb díjat hajlandók fizetni;
- az utazás előtti legalább 30 perces igénybejelentéskor 15%-os díj csökkenést várnak el; míg
- a szolgáltatás rendszeres használata esetén 24%-os díj csökkenést várnak el.

5.5 melléklet: Szolgáltatástervezési és -szervezési funkciók automatizálási szintjei ($c = 1$)

f	$a_{1,f}$	Automatizálási szint			
		1. szint	2. szint	3. szint	4. szint
1	igény (pl. szolgáltatástípus, 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, újra tervezés
4	tarifarendszer (díjszámítás)	egyszerű tarifarendszer dinamikus változók nélkül	kifinomult tarifarendszer (pl. statisztikai alkalmazások)	szoftveresen támogatott	összetett tarifarendszer, automatikus díjszámítás valós idejű, historikus és előrejelzett 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

5.6 melléklet: Irányítási funkciók automatizálási szintjei ($c = 2$)

f	$a_{2,f}$	Automatizálási szint			
		1. szint	2. szint	3. szint	4. szint
1	jármű-irányítás	járművezető által, esetleg indirekt vezetéstámogatással (pl. figyelmeztető jelzés)	vezetés támogatása (pl. vészfékezés)	a vezetés nagymértékben automatizált (pl. adaptív sebességtartás), a járművezető jelen van és beavatkozhat	a teljes vezetés automatizált, humán szereplők csak a forgalomirányító központban vannak jelen felügyelőként
2	flottairányítás	élőszavas rádió keresztlíni kapcsolat a diszpécser és a járművezető között (az irányítás a diszpécser által kezelt navigációs rendszeren alapul)	flottairányító rendszer – navigációs és fedélzeti egység; a járművezető automatikus utasítása (pl. késés-felügyeltetés)	automatikus flottairányítás, pl. sebességtartó automatika, menetrendi követelményeket figyelembe véve; járművezető felügyeli a folyamatokat	autonóm módon üzemelő dinamikus flottairányítás, humán szereplők csak felügyelőként vesznek részt
3	forgalom-irányítás (jelzések)	fix idejű vagy adaptív jelzésterv előnyben részesítés nélkül, járművezetőt a jelzések szabályozzák	közforgalmú közlekedés előnyben részesítése bizonyos csomópontokban	forgalomfüggő irányítás, közforgalmú közlekedés átfogó előnyben részesítése, a járművezetőt a jelzések vagy a sebességtartó automatika szabályozza	autonóm járművekkel kommunikáló, hálózat-szintű irányítás, humán forgalomirányítók felügyelőként vannak jelen

5.7 melléklet: Utaskezelési funkciók automatizálási szintjei ($c = 3$)

f	$a_{3,f}$	Automatizálási szint			
		1. szint	2. szint	3. szint	4. szint
1	info-tainment	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, előrejelzett 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 megoldások (pl. e-jegy, online fizetés)	csak kevés humán interakció és kézi művelet, főként automatizált megoldások; dinamikus jellemzők figyelembevétele
3	biztonság/védelem	emberi jelenlét szükséges, 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

5.8 melléklet: Utaskezelési alfunkciók automatizálási szintjei

f	a _{3,1}	s	a _{3,1,5}	Automatizálási szint			
				1. szint	2. szint	3. szint	4. szint
1	tájékoztatás és szórakoztatás	1	tájékoztatás általános utazási feltételekről és kiegészítő szolgáltatásokról	papíralapú és személyzet által	papíralapú és géppel támogatott személyzet közreműködésével	internetalapú, személyre szabott, önkiszolgáló (vagy géppel támogatott személyzet közreműködésével)	
		2	tájékoztatás és információ kérés 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, helyfüggetlő, dinamikus információ	online elektronikus eszközön keresztül; személyre szabott, helyfüggetlő, előrejelzett információ; gép, mesterséges intelligencia válasz
		3	személyre szabott utazástervezés, tevékenységi lánc tervezés és navigáció	papíralapú információk 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 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	emberi megfigyelés	gépi eszközökkel támogatott megfigyelés	utazói aktív közreműködés egyéni eszközén keresztül	automatikusan utazó passzív közreműködésével egyéni eszközén keresztül
2	jogosultság kezelés	1	rendelés (helyfoglalás)	hangalapú, papíralapú, manuálisan	személyzet által kezelt adatbázis	önkiszolgáló (internetes felület)	automatikus az utazási terv alapján automatikus levonás (regisztráció után)
		2	fizetés	kézpénz	bankkártya/banki utalás	mobilt fizetés	
		3	jogosultság vásárlás	papíralapú, személyzet általi jegyértékesítés	papíralapú/intelligens kártya személyzet általi vagy jegyautomatán keresztül értékesítés	virtuális, mobil alkalmazás alapú (egyeses díjszabás)	automatikus (virtuális) (dinamikus díjszabás)
		4	jogosultság érvényesítés (jegykezelés)	manuális	elektronikus érintéssel interfész	elektronikus érintéssel mentes 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 egyes esetekben	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 közreműködésével	automatikus észlelés, távfelügyelet, emberi beavatkozás
		4	tulajdon- és életvédelem	csak a járművezető közreműködésével	kamerával támogatott járművezető közreműködésével	kamerás távfelügyelet	automatikus észlelés, távfelügyelet
		5	vész hívás	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	távírányítás valós idejű adatok alapján	automatizált működés a körülmények folyamatos monitorozása alapján vagy az utas szabályoz

5.9 melléklet: Jelenlegi mobilitási szolgáltatások „automatizáltsági” elemzése – példa

A következő jellemző, városi közforgalmú közúti mobilitási szolgáltatásokat értékeltem:

- telebusz (BKK TeleBusz, Budapest): kereslet alapú, kis kapacitású autóbuszos szolgáltatás alacsony beépítésű, ritkán lakott területen. Az előzetes rendelés kötelező (pl. telefonon).
- taxi (Főtaxi, Budapest): előzetes rendelés lehetséges telefonon vagy mobil alkalmazáson keresztül; diszpécserok kezelik a rendeléseket szoftveres támogatással.
- fuvarmegosztás (Uber, San Francisco): autonómjármű-alapú teszt szolgáltatás; a rendelés előzetesen mobil alkalmazáson keresztül történik. A kereslet-kínálat összerendelés automatikus.
- autómegosztás (MOL Limo, Budapest): mobil alkalmazás alapú, körzetbázisú (bárhon felvehető, otthagyható jármű) elvű autómegosztó szolgáltatás; az autó „bérlése” nem igényel személyzeti jelenlétet.

A funkciók automatizálási szintjeit világosszürke, míg a kategóriák automatizálási szintjeit közép szürke háttér jelöli. Az utaskezelési funkciók esetében az alfunkciókat is vizsgáltam. Az alfunkciók és funkciók súlyát szintén feltüntettem a táblázat oszlopaiban. Az elemzést az utazó oldaláról végeztem el. A súlyokat mérnöki becsléssel, tapasztalat útján állítottam be.

c,f,s	alfunkció funkciók funkció-kategóriák	telebusz (BKK TeleBusz)		taxi (Főtaxi)		fuvar- megosztás (Uber)		autó- megosztás (MOL Limo)	
		a	w	a	w	a	w	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	tarifarendszer	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	szolgáltatás tervezés	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	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	2	0,05	3	0,05	4	0,2	4	0,2
3,1	tájékoztatás és szórakoztatás	2,6	0,25	2,85	0,35	3,5	0,35	3,6	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	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	3,55	0,25	3,4	0,4
3,3,1	baleset elkerülése jármű-utas között	2	0,2	2	0,25	4	0,25	2	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
3,3,5	vészhivás	2	0,15	2	0,25	3	0,2	1	0,3
3,3	biztonság/védelem	1,55	0,4	1,5	0,25	2,65	0,25	1,15	0,15
3,4,1	utazási komfort beállítása	1	1	2	1	4	1	4	1
3,4	utazási körülmények kezelése	1	0,1	2	0,15	4	0,15	4	0,2
3	utaskezelés	1,8		2,32		3,38		3,23	
	KOMPLEX AUTOMATIZÁLÁSI SZINT	[2.1]=2		[2.16]=2		[3.63]=3		[2.64]=2	

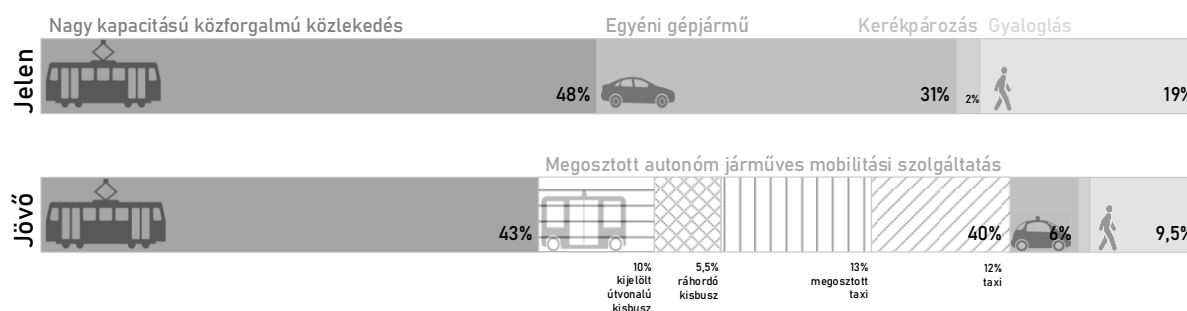
Készült 2018.11.20-i adatok alapján.

5.10 melléklet: Az átalakuló modal share számításának módszere – budapesti példa

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 kategóriák és értékek:

utazási távolság változó (${}_k^i l^m$) értékei		utazási gyakoriság változó (${}_k^i f^m$) értékei		váltási hajlandóság változó (${}_k^i a_j^m$) értékei	
választható kategória	${}_k^i l^m$	választható kategória	${}_k^i f^m$	választható kategória	${}_k^i a_j^m$
< 1 km	1	minden nap	20	minden alkalommal	1
1-3 km	2	gyakran	15	minden második alkalommal	0,5
3-5 km	4	heti néhányszor	10	soha	0
5-10 km	8	havi néhányszor	5		
>10 km	12				

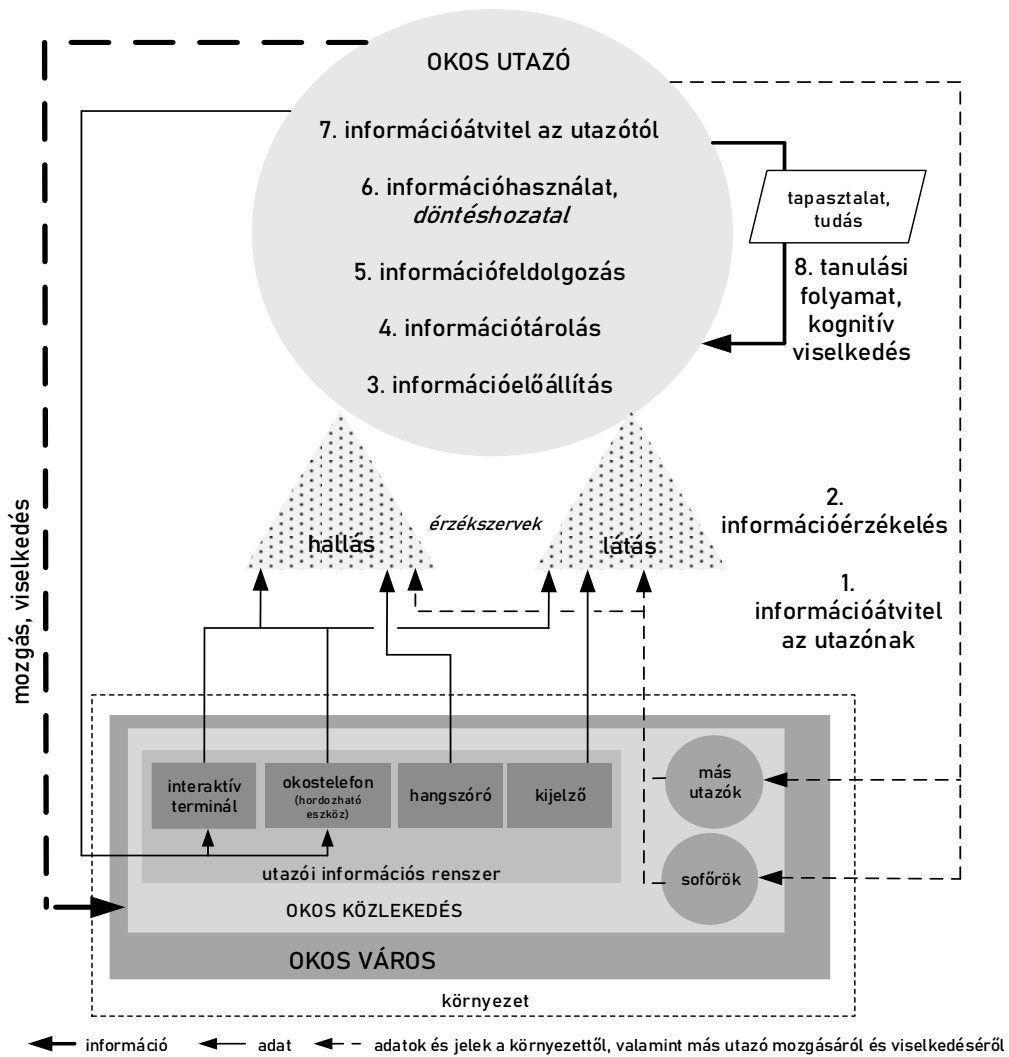
Mivel a budapesti nagy kapacitású közforgalmú közlekedési hálózat sűrű, $l_{j=3,4} = 2$ értékkel számoltam, vagyis feltételeztem, hogy 2 km-es ráhordó szakasz átlagosan elegendő. A jövőbeli modal share értékeket a jelenlegi értékekhez hasonlítottam (a jelenlegi modal share adatok forrása: BKK, 2016-os adatok). Csak a megosztott autonóm járműves mobilitási szolgáltatástípusokra váltás hajlandóságát vettem figyelembe; más hatásokat (pl. lágy közlekedési módok népszerűsítése) figyelmen kívül hagytam. A jelenlegi egyéni gépjármű használók váltási hajlandósága a legnagyobb, míg a jelenlegi kerékpárosok és gyalogosok váltási hajlandósága a legkisebb.



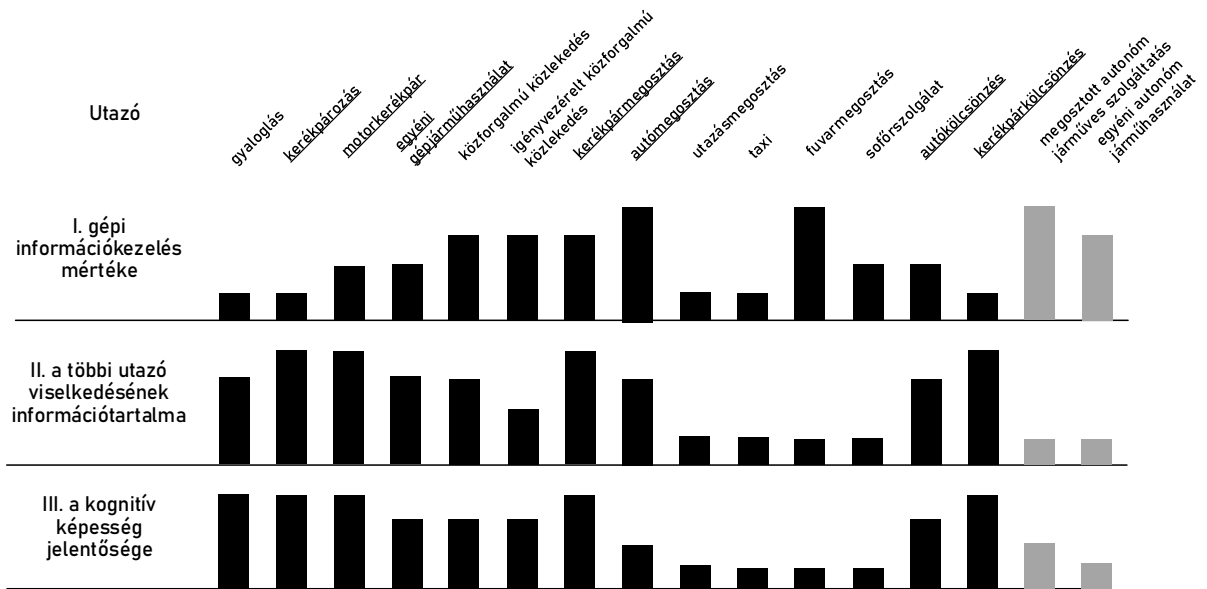
6.1 melléklet: Az utazói döntéstípusok jellemzői

Döntéstípus (a hatás időtartama szerint csökkenő sorrendben)	Leírás	Befolyásolás módja
<i>tudatformálás</i>	fenntartható közlekedési módok nagyobb mértékű használatára való készítés; a „lágy”, a környezetbarát és a közösségi mobilitási szolgáltatások előnyeinek megismertetése	oktatás, nevelés, rendezvények szervezése
<i>hosszútávra kiható döntések</i>	lakóhely-választás, munkahely-választás (távmunka), egyéni gépjármű tulajdonlás stb.	mobilitás tanácsadók/koordinátorok, munkahelyi közlekedési tervek alkalmazása, utazásmegosztás elterjedésének segítése
<i>középtávra kiható döntések</i>	autómegosztás/kerékpármegosztás tagság, közforgalmú közlekedésnél havi jegy vásárlás stb.	kollektív jellegű, statikus információkon alapuló tájékoztatás a közlekedési szolgáltatásokról
<i>rövidtávra kiható döntések</i>	tevékenységhez helyszín választása, útvonalválasztás, eszközválasztás, időpont (idősáv) meghatározása, csomagszállítás stb.	személyre szabott, az adott helyváltoztatáshoz kapcsolódó, dinamikus információkat is használó tájékoztatás (befolyásolás)
<i>pillanatnyi hatású döntések</i>	a fel- és leszálláshoz használt ajtó megválasztása, mozgólépcső, lift használata stb.	kollektív jellegű, dinamikus információkat is használó tájékoztatás a járművön és az utasforgalmi létesítménynél

6.2 melléklet: Az utazó információkezelésének modellje



6.3 melléklet: Az utazó főbb információkezelési jellemzői utazási módonként



Jelmagyarázat: az utazó vezeti a járművet

6.4 melléklet: Utazói végberendezés típusok csoportosítása

Információs végberendezések, eszközök	Portable (mobile)	Személyhez kapcsolódó	1	Analóg és digitális rádió (FM, DAB)
			2	Online okoseszközök (okostelefon, tablet 3G/4G kapcsolattal) Okostelefon
		Járműbe szerelt	1	Analóg és digitális rádió (FM, DAB) Tájékoztató fedélzeti egység közforgalmú közlekedési eszközön
			2	Információs és navigációs rendszer egyéni gépjárműben
				Tájékoztató fedélzeti egység közforgalmú közlekedési eszközön
			Helyhez kötött (immobil)	Magán
	2	Online számítógép Telefon		
	Közösségi	1		Pakolási információs rendszer Változtatható Jelzéseképű Táblái (VJT) Útmenti és utasforgalmi létesítményen-belüli Változtatható Jelzéseképű Tábla (VJT)
				Forgalomirányító jelzőlámpa
		2		Utastájékoztató terminál Telefon

Jelmagyarázat:

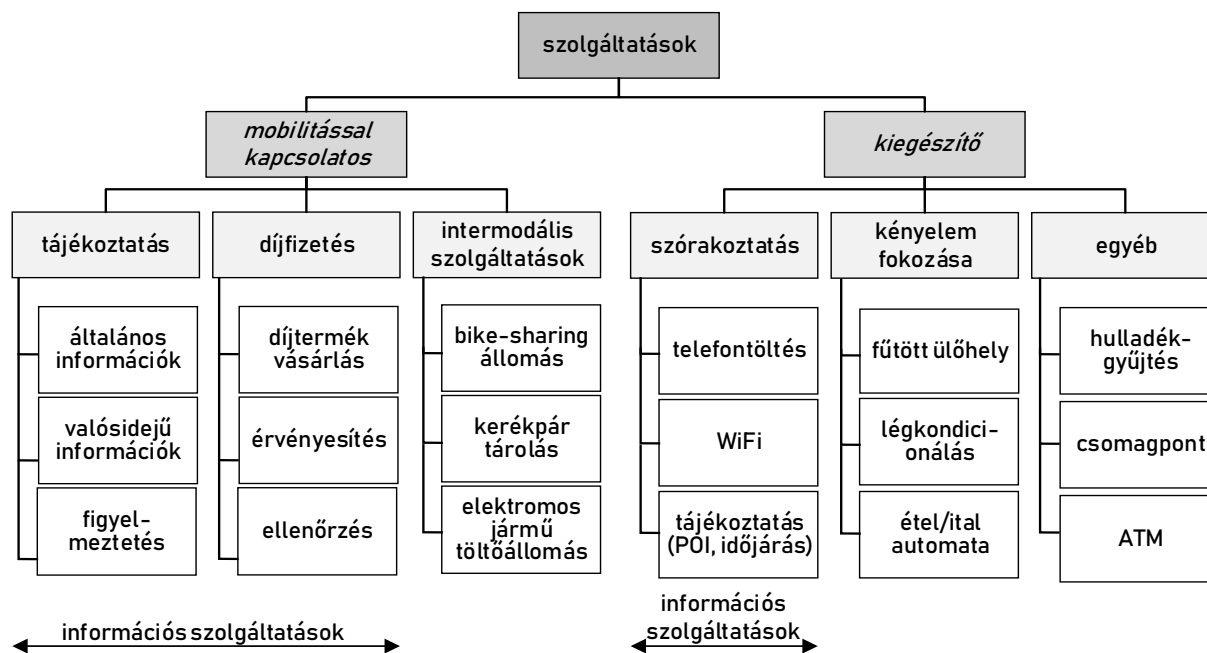
1 – egy irányú kommunikáció (passzív végberendezés)

2 – két irányú kommunikáció (interaktív végberendezés)

6.5 melléklet: A multimodális mobilitási szervező és irányító rendszer funkciói

funkció elnevezése	működés/feldolgozás	bemeneti adatok	kimeneti adatok
A felhasználói jellemzők kezelése	személyes és helyváltoztatási jellemzők, kiértékelések karbantartása; kategóriák képzése	„user profile”, általános és aktuális helyváltoztatási jellemzők (előzetesen tárolt vagy megismerés eredményeként); utazói visszajelzések	személyek jellemzői (kategóriák)
B szinkron adattűkör kezelése	a térbeli jellemzőkkel is rendelkező aktuális adatok kezelése; a tervezett és tényleges adatok összehasonlítása; adategyesítés	személyek, járművek, infrastruktúra tervezett és aktuális helyzet és állapot jellemzői	szinkron adattűkör (térinformatikai adatok); zavarok, balesetek és azok következményeinek adatai
C forgalmi előrejelzés	az utazási igények és a forgalmi jellemzők becslése (érkezési, utazási idők stb.)	szinkron adattűkör; historikus adatok; zavarok, balesetek és azok következményeinek adatai	előre jelzett adattűkör; az objektumok helyzet és állapot jellemzői a közeljövőben
D utazás-tervezés	a hálózati csomópontokból és körzetekből többszintű csoportképzés; előzetes útvonalkeresések a körzetek között; aktuális útvonalkeresés a kiinduló és a végpont környezetében	felhasználói jellemzők; aktuális és előrejelzett helyváltoztatási igények; szinkron és előrejelzett adattűkör	úttervek (térbeli, időbeli, díjfizetéssel kapcsolatos információk)
E a mobilitási igények befolyásolása („szubjektív térkép” alapján)	az objektumok dinamikus hasznosság értékének kezelése (figyelembevéve a kínálatot, elhelyezkedést, a közlekedési hozzáférhetőséget, személyes jellemzőket stb.)	a termékek, szolgáltatások, szórakozási lehetőségek stb. iránti aktuális igények; az objektumok és szolgáltatások információi	javaslatok a tevékenységek sorrendjére és helyszíneire
F kapacitás-kezelés (díjszámítás)	igények és kapacitások (iterációs) közelítése, összerendezése; helyfoglalások kezelése	tervezett férőhelykapacitások; helyfoglalási igények; historikus adatok	kihasználtsági és bevételi adatok
G helytől és eseménytől függő szolgáltatások (navigáció)	helymeghatározás, tájékoztatás a szolgáltatásokról (parkolóhelyek, szállások stb.) out-door és in-door célpontra vezetés	úttervek; személyek, járművek helyzetadatai	információ az objektumokról és szolgáltatásokról
H statisztikai kiértékelés, elemzés	információgyűjtés a járműmozgásokról (kapacitáskihasználásról) és az utazókról	szinkron adattűkör; kihasználtsági és bevételi adatok	statisztikák (pl. felhasználói szokások, forgalmi adatok)

6.6 melléklet: Az okos megállóhely szolgáltatásai



6.7 melléklet: Az információ utazóra gyakorolt hatását és az utazói viselkedést befolyásoló tényezők

1. személyes jellemzők

- mozgási képességek (gyaloglási hajlandóság),
- fogyatékoság,
- saját jármű tulajdonlás (vagy hozzáférés),
- nyelvtudás,
- jövedelem,
- életkor, nem,
- hangulat (lelki állapot), fáradtság (fizikai állapot),
- környezettudatosság,

2. utazás jellemzői

- motiváció,
- poggyász jellemzői,
- időjárás (közlekedési utak állapota),
- rendszeresség,

3. közlekedési rendszer jellemzői

- hálózati (viszonylati) jellemzők, térbeli-időbeli rendelkezésre állás,
- hozzáférhetőség,
- átszállóhelyek, csomópontok jellemzői (pl. gyaloglási távolság, biztonság),
- járműjellemzők (pl. kényelem, biztonság),
- díjbeszedő rendszer,
- mobilitási szolgáltatás rugalmassága.

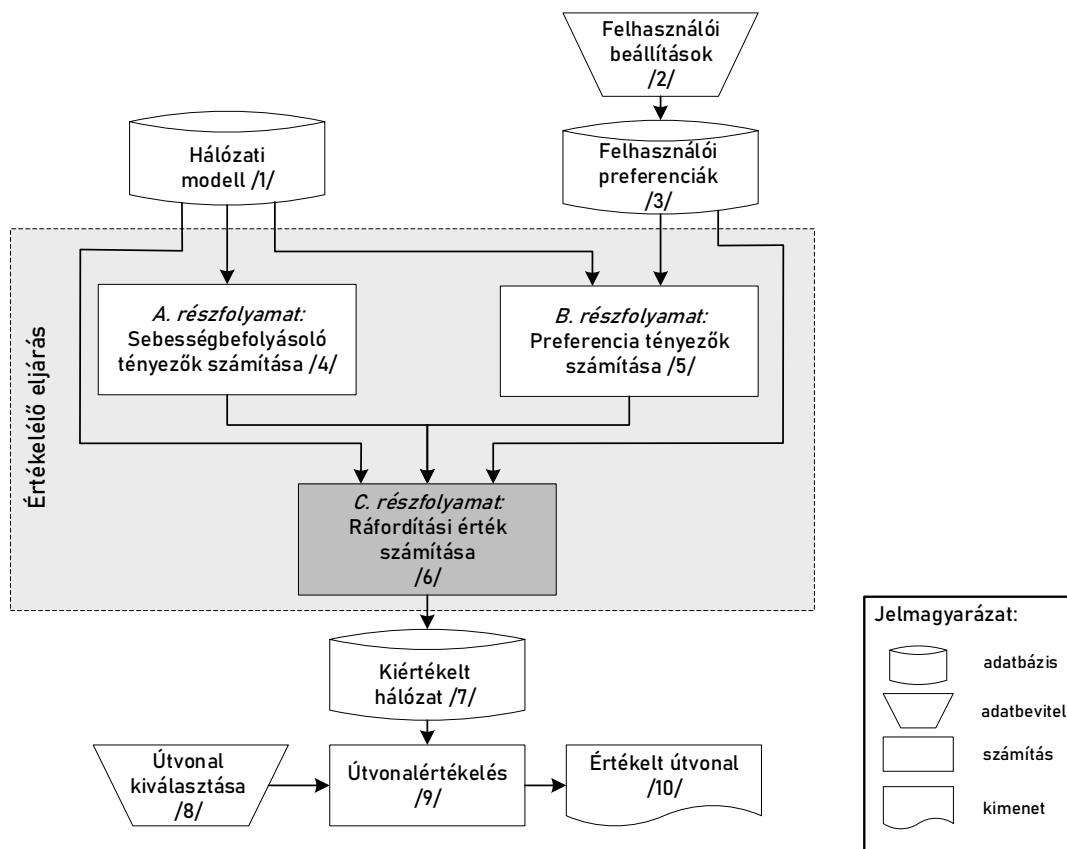
6.8 melléklet: Az utazót támogató mobilalkalmazások elemzési szempontrendszere – általános tulajdonságok – értelmezési tartomány

	szempont	alsó határ	tartomány	felső határ
111	platform és felhasználói felület	<i>nem felhasználóbarát</i>	<i>részben felhasználóbarát</i>	<i>letisztult, felhasználóbarát</i>
112	nyelv	<i>egy</i>	<i>listából választható</i>	<i>lokáció alapján automatikusan</i>
113	működési terület	<i>egy területegység típus (pl. város, ország)</i>	<i>több területegység típus</i>	<i>nemzetközi</i>
114	közlekedési módok (multimodalitás)	<i>unimodális</i>	<i>részben multimodális</i>	<i>teljeskörűen multimodális (parkolásra is kiterjed)</i>
115	beállítási lehetőségek (személyre szabhatóság)	<i>nincs beállítási lehetőség, vagy csak néhány</i>	<i>részleges; felhasználói profil</i>	<i>széleskörű; utazási szokások megtanulása</i>
121	regisztráció, felhasználói fiók kezelése	<i>személyes ügyintézés</i>	<i>részleges online ügyintézés (egyszerű azonosítási eljárás)</i>	<i>teljeskörű online ügyintézés (korszerű azonosítási eljárás)</i>
211	infrastruktúra információ (utasforgalmi és parkolási létesítmény)	<i>statikus és féldinamikus</i>	<i>dinamikus (pl. kihasználtsági és foglaltsági információ)</i>	<i>előrejelzett</i>
212	utazási és forgalmi információ	<i>statikus és féldinamikus</i>	<i>dinamikus (pl. helyfüggő)</i>	<i>előrejelzett (pl. utasok száma)</i>
213	járműinformáció	<i>nincs járműinformáció</i>	<i>statikus, alap adatok (pl. típus, rendszám)</i>	<i>dinamikus adatok (pl. töltöttség)</i>
214	tarifa információ	<i>általánosan, felhasználói kikereséssel</i>	<i>adott (multimodális) utazáshoz</i>	<i>adott (multimodális) utazáshoz személyre szabottan, automatikusan számított (változó díjtételekkel)</i>
215	poggyászkezelés	<i>nincs poggyászkezelés, (csak talált tárgyak kezelése)</i>	<i>helyhez kötött időbélyegek</i>	<i>kvázi-folyamatos poggyászkezelés</i>
216	kiegészítő információ és szolgáltatások	<i>statikus, kollektív</i>	<i>féldinamikus, kollektív (pl. időjárás, környezetterhelés)</i>	<i>dinamikus, személyre szabott (pl. szállásfoglalás, autóbérlés)</i>
217	utazói visszajelzések közzététele	<i>nincs utazói visszajelzés közzététele</i>	<i>nyers adatok (pl. fórum, közösségi média)</i>	<i>feldolgozott adatok, értékelések (pl. grafikonok)</i>
221	közlekedési adatok időbelisége	<i>statikus (tervezett menetrend)</i>	<i>féldinamikus (tervezett módosítások)</i>	<i>valós idejű (aktuális forgalmi és járműpozíció adatok)</i>
222	közlekedés hálózati elemek, utasforgalmi létesítmények és szolgáltatások tulajdonságainak figyelembevétele	<i>nagyvonalú leképezés, statikus adatok</i>	<i>részletes leképezés, statikus adatok</i>	<i>részletes leképezés, dinamikus és előrejelzett adatok (kapacitásokról, forgalomnagyságról)</i>
223	útvonal opciók megjelenítése	<i>egy opció, kevésbé részletes</i>	<i>néhány opció, részletes (pl. tarifa információ)</i>	<i>több opció, részletes, informatív, térképes megjelenítés</i>
224	járművek nyomon követése	<i>nincs járműkövetés</i>	<i>várható érkezési idő megadása</i>	<i>valós idejű térképes nyomon követés, érkezési idő előrejelzés</i>
225	járművezetői visszajelzés a mobilitási szolgáltatás teljesíthetőségéről (kereslet alapú szolgáltatásoknál)	<i>nincs járművezetői visszajelzés – központi irányítás szerinti működés</i>	<i>járművezetői jóváhagyás</i>	<i>járművezetői jóváhagyás választási lehetőséggel</i>
231	rendelés/ülőhelyfoglalás/ parkolóhelyfoglalás/ check-in	<i>nincs</i>	<i>valós idejű adatok alapján, manuálisan</i>	<i>korábbi szokások alapján, automatikusan</i>
232	díjhordozó megvásárlása/díjfizetés	<i>manuális</i>	<i>automatikus (utazói jóváhagyással)</i>	<i>automatikus (nyomkövetés alapú)</i>
233	díjhordozó/beszállító-kártya „megjelenítése”	<i>vizuálisan olvasható formátumban</i>	<i>vizuálisan kód formában</i>	<i>adatkommunikációval</i>
234	jármű nyitása/zárása (azonosítással)	<i>nincs (manuálisan)</i>	<i>félaautomatikus, gombnyomásra (alkalmazáson keresztül)</i>	<i>automatikus, közelségérzékeléssel</i>
241	utazók nyomon követése	<i>nincs</i>	<i>utazó részéről aktív szerepvállalás</i>	<i>automatikus, passzív</i>
242	utazói visszajelzések	<i>nincs</i>	<i>szöveges</i>	<i>értékelőskálás</i>
243	utazók közötti (szöveges) kommunikáció	<i>nincs</i>	<i>online felületen, nyílt (fórum)</i>	<i>online felületen, csak a közelben lévők (chat)</i>
244	üzemzavar/vészhelyzet észlelése, bejelentése	<i>nincs</i>	<i>utazói közreműködéssel (beszédalapú, adatalapú)</i>	<i>automatikus detektálás, adatalapú továbbítás</i>

6.9 melléklet: A személyre szabható beállítások 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
1 gyaloglási sebesség	1 cím	1 peron lépésmentes elérése	1 rámpa használat	1 kerékpár-tárolás az állomáson	1 leggyorsabb	1 indulási idő	1 közlekedési mód kizárása/kiválasztása
	2 POI	2 jármű lépésmentes elérése	2 lépcső használat		2 legkevesebb gyaloglás		
2 maximális gyaloglási távolság vagy idő	3 megállóhely	3 segítő személyzet	3 lift használat	2 kerékpár-szállítás a járművön	3 legkevesebb átszállás	2 érkezési idő	
	4 koordináta	4 vakvezető-rendszer az állomáson	4 mozgólépcső használat		4 átszállás nélkül		
	5 térképen rábökéssel				5 legolcsóbb		

6.10 melléklet: Az útvonalértékelő módszer folyamatábrája



6.11 melléklet: Az utaskezelési alfunkciók jellemzőinek változása

A példában budapesti kereslet alapú, kis kapacitású autóbusszos mobilitási szolgáltatást választottam. Az alaptulajdonságokat leképező változók meghatározásához szakirodalmi forrásokat és tapasztalati értékeket vettem figyelembe. A jövőbeli helyzetnél magasan automatizált utaskezelési funkciókat feltételeztem, valamint autonóm járművek használatát. Jelentős automatizálási szint változással ($A_{f,s} \geq 2$) rendelkező funkciókat szürke háttér és dőlt számok, jelentős automatizálási fejlesztési jelentőséggel ($C_{f,s} \geq 100$) rendelkező funkciókat szürke háttér és álló számok jelölik. Az utóbbi funkciók biztonságkritikusak és nagy az automatizálási szint változásuk.

f,s	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	vészhivás	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 4.

automatizáltsági szint változás jelentős, automatizálási fejlesztés jelentős

6.12 melléklet: A szükséges képességek változása

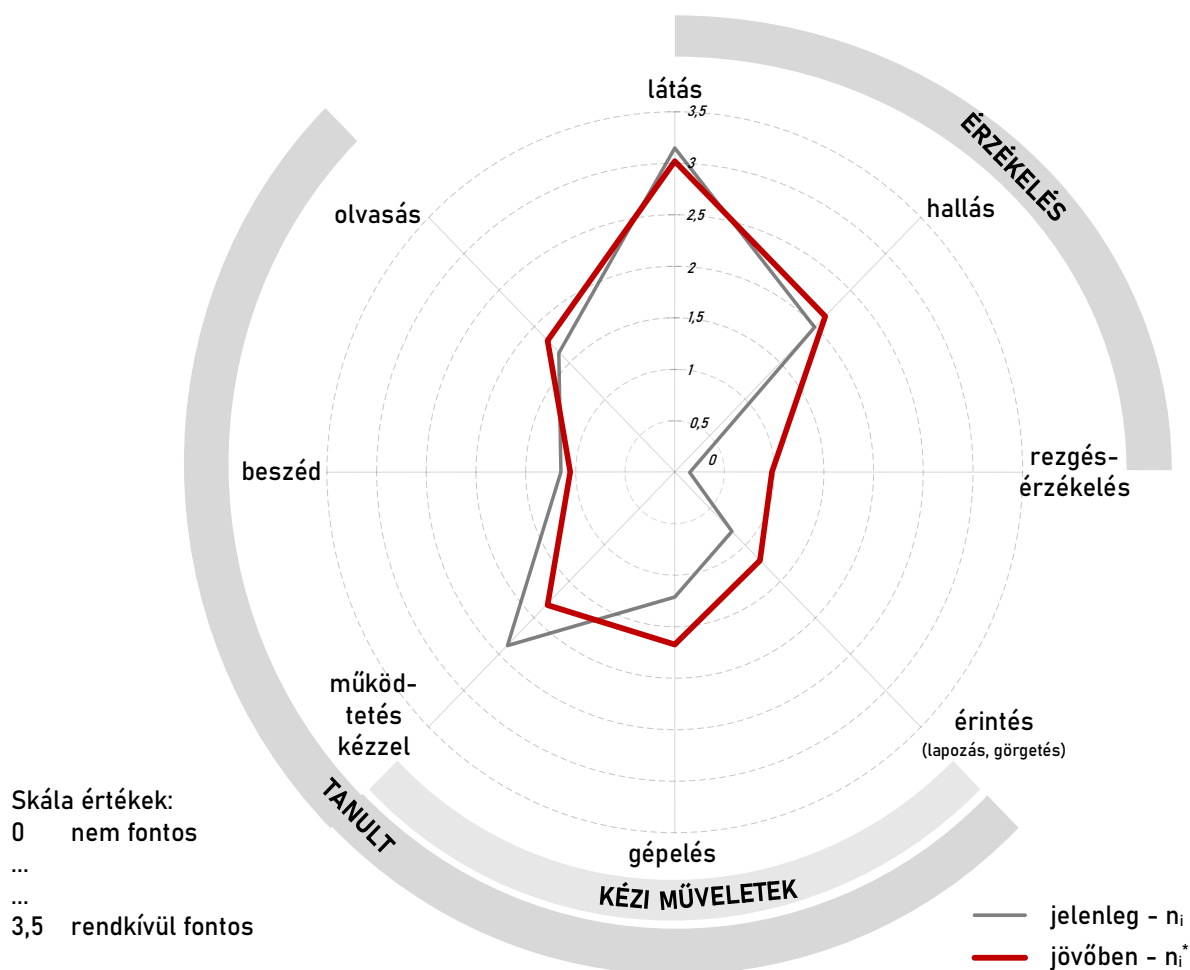
A példában budapesti kereslet alapú, kis kapacitású autóbusszos mobilitási szolgáltatást választottam. A képesség intenzitások értékeit tapasztalati úton becsültem; a becsléshez különböző érzékszervek fontosságát leíró szakirodalmi forrásokat vettem alapul (*Fang et al., 2015; Yang et al., 2018*). A jövőbeli helyzetnél magasan automatizált utaskezelési funkciókat, valamint autonóm járművek használatát feltételeztem.

A táblázat oszlopfejléce az utaskezelési alfunkciókat, míg sorfejléce a képességek jellemző tulajdonságait tartalmazza. A feltüntetett 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). Aláhúzott betű jelöli a kedvező változást (ha a szükséges képesség mértéke csökken), míg dőlt betű a kedvezőtlen változást (ha növekszik).

		tájékoztató általános feltételekről	tájékoztató jelenlegi forgalmi helyzetéről	személyre szabott utazástervezés	jármű-utas kommunikáció	szórakoztatás	panaszkezelés	talált tárgyak kezelése	adagytűtés az utazótól	rendelés	fizetés	jogosultság vásárlás	jogosultság érvényesítés	jogosultság ellenőrzés	belesek elkerülése jármű-utas között	fel- és leszállás kezelése	váratlan események kezelése	tulajdon- és életvédelem	vészhivás	utazási komfort beállítása	n_i	N_i
	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		
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
rezgésérzékelés	$h_{s,3}$	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 képességek	$h_{s,9}$	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

6.13 melléklet: Az emberi képességek igénybevételének változása

Az egyes képességeket a kör „sugarai” szemléltetik, az aggregált képesség nagyságát képességenként pókháló-szerűen kötöttem össze. 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 működtetés jelentőségénél tapasztalható ($N_6=-0,76$), kevesebb lesz a közvetlen kézi művelet, például a jegyérvényesítés során. Az új szolgáltatások használatánál az okostelefonos alkalmazásoknak kiemelt szerepük van, az ehhez szükséges emberi képességek felértékelődnek. Különösen jelentős a rezgésérzékelés 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, rendeléskor, utazástervezésnél). A beszéd szerepe csökken ($N_7=-0,08$), számos esetben az okostelefon használatához szükséges képességek váltják ki (pl. rendeléskor, jegyvásárláskor, panaszkezeléskor); ugyanakkor egyes funkcióknál felértékelődik, többnyire a gépelést helyettesíteti (pl. útvonaltervezéshez szükséges bemeneti információk megadása beszéddel).



Amíg a különböző érzékelési és a tanult képességek eltérő mértékben és irányban változnak, a szükséges kognitív képesség mértéke csökken ($N_9=-0,67$).

7.1 melléklet: Legfontosabb kutatási projektek

1. Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program, Mesterséges Intelligencia, Future Mobility tématerület (BME FIKP MI/FM) Elektromobilitás kutatócsoport vezetője 2018-
2. H2020: Electric Mobility Europe (EME), Electric travelling - platform to support the implementation of electromobility in Smart Cities based on ICT applications – kutatási projekt 2018-2020, a következő munkacsomagok kidolgozása:
 - 2.3 Survey of user expectations and analysis of survey results*
 - 4.2 Modelling of charging and parking demands of passenger vehicles*
 - 4.4 Elaboration of innovative information services for drivers*
3. EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00001: Tehetséggondozás és kutatói utánpótlás fejlesztése autonóm járműirányítási technológiák területén 2018-
3. Országos szintű adatbázist és az egységes digitális térképet magába foglaló töltőinfrastruktúra telepítési koncepció – tanulmány (megbízó: e-Mobi Kft.) 2017.
4. TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 Kutatóegyetemi program, Járműtechnika, Közlekedés, Logisztika JKL-P4-T2 alprojekt témavezetője: Közlekedési alágazatok összekapcsolása informatikai eszközökkel
5. TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0012 „Smarter Transport” kutatási program, P4-2 alprojekt témavezetője: Forgalomlebonyolódási jellemzők előrebecslése
6. KMR_12-1-2012-0126 Libra Szoftver Zrt. kutatás-fejlesztési projektje: BusEye – online személyre szabott utastájékoztató rendszer kifejlesztése, 2013-2014