



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

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

Elektromobilitási szolgáltatások fejlesztése

Tézisfüzet

Szerző:

Csonka Bálint

okleveles közlekedésmérnök

Témavezető:

Dr. Csiszár Csaba, Ph.D.

egyetemi docens

Budapest, 2019

1 Kutatási téma

A környezetvédelem és a károsanyag kibocsátás egyre nagyobb figyelmet kap a közlekedéstervezés és -üzemeltetés során. Az Európai Unióban a hagyományos üzemű személygépjárművek CO₂ kibocsátását a jelenlegi 130 g/km-ről 2020-ra 95 g/km, 2025-re 68-78 g/km alá kell csökkenteni. Ennek megfelelően a környezetbarát hajtásláncok és alternatív üzemanyagok széleskörű elterjedése várható a következő évtizedekben. Cél a fosszilis tüzelőanyag részarányának csökkentése, a megújuló energiaforrások arányának növelése a közlekedésben, és a lokális károsanyag kibocsátás minimalizálása a sűrűn lakott övezetekben.

Az alternatív megoldások közül az elektromos hajtásra irányul a legnagyobb figyelem, annak kedvező tulajdonságai (például egyszerűbb hajtáslánc) miatt. Jelenleg is számos országban támogatják a közúti elektromobilitást, azaz az elektromos járművek használatát, a járműhasználatot kiszolgáló infrastruktúra kiépítését, valamint az információs és kommunikációs technológiák alkalmazását; ezzel több európai országban csökkentették a károsanyag kibocsátást (Canals et al., 2016, Skrucany et al., 2017).

Az előrejelzések szerint 2030-ra az elektromos személygépkocsik száma a világon 3 és 4 millió között lesz. Az elektromos hajtás megoldást jelenthet a közlekedés okozta környezetszennyezésre, azonban újabb problémákat is felvet. Az eltérő üzemeltetési jellemzők miatt kialakulhat az új technológiától való idegenkedés (Büscher et al., 2009), ami intelligens és személyre szabott információs szolgáltatásokkal csökkenthető. Az elektromos járművek nemcsak a közúti, hanem az elektromos hálózaton is „megjelennek”. Ahogy a közúton a közlekedési igények az intelligens közlekedési rendszerekkel kezelhetők, úgy az elektromos hálózat többletterhelésének a kezeléséhez is szükséges az intelligens információs rendszerek fejlesztése. A két hálózat között a töltőinfrastruktúra teremt kapcsolatot. Az elektromos járművek számának növekedésével egyidejűleg egyre több töltőállomás szolgálja ki a növekvő energiaigényt. A töltőállomások helyszínekjelölésének különösképp az elektromobilitás kezdeti időszakában van jelentős szerepe, amíg tisztán piaci alapon nem működtethető az infrastruktúra. Emiatt a kezdeti időszakban a töltőállomások jellemzői (például helyszín, töltési teljesítmény) jelentősen befolyásolják az elektromobilitás terjedését. Az elektromos járműhasználat megjelenése nem csak az egyéni, hanem a megosztáson alapuló közösségi közlekedés (például carsharing) területén is várható, ami által sokak számára válik elérhetővé az új technológia. Összességében megállapítható, hogy az elektromobilitás egy komplex rendszer, aminek bár az egyik legfontosabb összetevője a jármű, mégis a hatékony üzemeltetéshez számos összetevő összehangolt működése szükséges.

A közlekedés-fejlesztés során olyan megoldások alkalmazása a cél, melyek az erőforrásokkal hatékonyan gazdálkodnak, ugyanakkor az utazói preferenciákat kielégítik, használatuk egyszerű és kevés erőfeszítésbe telik (Monigl és Berki, 2010). Ennek megfelelően, kutatásom során arra kerestem a választ, hogy hogyan lehet elősegíteni a váltást a hagyományosról az elektromos személygépjárművekre úgy, hogy az illeszkedjen a meglévő közlekedési és villamos hálózati infrastruktúrához. Üzemeltetést támogató módszereket dolgoztam ki újszerű elektromobilitási szolgáltatásokhoz, figyelembe véve a felhasználói és az üzemeltetői oldalt, valamint a közúthálózat jellemzőit. Kutatásomat rendszer- és folyamatszempontban végeztem. Az eredményeim hozzájárulnak a közlekedési rendszerben bekövetkező változások elősegítéséhez, a változásokra való felkészüléshez.

2 Irodalomkutatás

Széleskörű irodalomkutatást végeztem a meglévő eredmények áttekintése és a tudományos részek azonosítása érdekében. Az irodalomkutatást a következő területekre fókuszálva végeztem el:

- információs rendszerek működése és az információ értéke,
- elektromos személygépkocsi töltőállomások telepítése,
- carsharing szolgáltatás minőségének értékelése,
- elektromos járművek töltésének optimalizálása a villamos hálózaton.

A legfontosabb megállapítások a következők:

- A magas beszerzési ár, a korlátozott hatótáv és a jármű újratöltése jelentik az elektromos járművek legnagyobb hátrányait (Dagsvike et al., 2002, Hidrue et al., 2011, Krupa et al., 2014).
- Az elektromos személygépkocsik töltésének sajátosságai jelentősen befolyásolják az útvonal választást; az elektromos személygépkocsit használók részletesebben megtervezik az utazásaikat (Wanga et al., 2016, Yang et al., 2016), ami számottevően növeli az értéknövelt információs szolgáltatások iránti igényt.
- Az előzetesen szerzett információ jelentősen befolyásolja az érzékelt minőséget (Parasuraman et al., 1985), így az új technológiákkal kapcsolatos információs szolgáltatások kiemelt jelentőségűek.
- A valósidejű információnak van a legnagyobb értéke. A kommunikációs csatornák közül pedig az okostelefonos alkalmazás a leginkább népszerű (Khoo és Asitha, 2016).
- Az elektromos személygépkocsit használók fizetési hajlandóságát nem befolyásolja a töltési teljesítmény városi környezetben (Dorcec et al., 2019).
- A töltőállomás egyik fontos jellemzője a felhasználó szemszögéből a kiegészítő szolgáltatások színvonala (Philipsen et al., 2016).
- A hosszútávú utazások során felmerülő töltési igény modellezéséhez elsősorban szakaszorientált megközelítést alkalmaznak (pl.: Upchurch és Kuby, 2010, Xi et al., 2013, Huang et al., 2016), vagyis az igény nem egy pontban koncentrálódik, hanem egy szakasz mentén jelentkezik.
- A rövidtávú utazások befejezésekor felmerülő töltési igény a parkolási jellemzőkből vezethető le (pl.: Chen et al., 2013, Andrenacci et al., 2016, Shirmohammadli és Vallée, 2017).
- A hagyományos közösségi közlekedés minőségének az értékelésére számos módszer megtalálható a szakirodalomban (pl.: Kövesné és Debreczeni, 2010, Fáskerty et al., 2012).
- Az általánosan alkalmazható minőség értékelő eljárással nem írhatók le teljeskörűen az egyes speciális (pl. az ún. „átmeneti”) módok jellemzői; így mindig az adott közlekedési mód határozza meg az értékelés kritériumait (Carrillat et al., 2007).
- A felhasználói optimum és a villamos hálózati optimum szerinti töltésirányítási módszerekkel elérhető villamos hálózati terhelés ingadozás csökkenés értékek között nincs jelentős különbség (pl.: Mets et al., 2010, Chen et al., 2014).

- Az elektromos járművek töltésének optimális ütemezésével a megújuló energiaforrások részaránya jelentősen növelhető (Forrest et al., 2016).
- A villamos hálózat szerinti optimalizálás technikai feltételeinek biztosítása jelentős kihívást jelent az üzemeltetőknek (Sanchez-Hidalgo és Cano, 2018).

Kutatási területenként a következő kutatási réseket azonosítottam az irodalomkutatás alapján:

Integrált információs rendszer:

- A meglévő információs rendszerek jellemzően egy funkcióra fókuszálnak, hiányzik az integráció.
- A teljes integrációhoz szükséges összetevők és az összetevők közötti kapcsolatok jellemzőinek azonosítása nem történt meg.
- Hiányoznak az integrációt segítő rendszer- és folyamatszempléti modellek.

Az országos átjárhatóságot biztosító elektromos villámtöltő-állomások helyszínének értékelése és kiválasztása:

- A töltőállomás helyszínének kijelölésénél gyakran a honnan-hová utazások adatait használják. Azonban nem minden esetben állnak rendelkezésre a szükséges adatok, így ezen módszerek korlátosan alkalmazhatók.
- A töltőpontok környezetében elérhető egyéb szolgáltatások meglete fontos a töltési idő hasznos eltöltésének szempontjából; azonban ezeket a szempontokat nem, vagy csak részben vették ezidáig figyelembe.

Városi elektromos töltőállomások helyszínének kijelölése:

- Hiányzik a területegységek **makró szintű értékelése** az intra-city töltési igény nagysága alapján.
- Lakott területen belül a parkolási jellemzők jelentősen befolyásolják a töltési igényt. Hiányzik egy olyan **mezo szintű értékelő eljárás**, ami a helyszín típusokat a parkolási jellemzők alapján súlyozza.

Carsharing szolgáltatások értékelése:

- A kifejezetten a carsharing szolgáltatások minőség értékelésére alkalmas módszer kidolgozása még nem történt meg.
- Hiányzik a felhasználói elvárások és a carsharing szolgáltatás jellemzői (pl. elektromos meghajtás) közötti kapcsolat vizsgálata.

Töltési költség minimalizálása:

- A töltés optimalizáló eljárásokban nem történt meg az egyes felhasználók töltési igényének részletes modellezése.

- Hiányzik a változó díjtétel és az előrelátó felhasználói magatartásnak a töltési költségre gyakorolt hatásának a vizsgálata.

3 Kutatási célok

Kutatási területenként a következő célokat fogalmaztam meg:

1. **Integrált információs rendszer:** a rendszer szerkezetének és működésének modellezése, ami megkönnyíti az új technológiák (például Smart Grid) bevezetését. A rendszer összetevőinek azonosítása, valamint az elektromos járművásárlást és a járműhasználatot támogató funkciók meghatározása, specifikálása az üzemeltetői és a felhasználói szempontok szerint.
2. **Országos átjárhatóságot biztosító elektromos villámtöltő-állomások helyszínének értékelése és kiválasztása:** egy olyan módszer fejlesztése, ami olyan esetekben is használható, amikor nem állnak rendelkezésre részletes adatok a közlekedési igényekről (például honnan-hová utazások), továbbá amely figyelembe veszi a potenciális helyszínek szolgáltatási színvonalát is.
3. **Városi elektromos töltőállomások helyszínének kijelölése:** olyan helyszínekjelölő módszer fejlesztése, aminek az alkalmazásával a jármű használók parkolási szokásai alapján jelölhető ki a töltőállomás helyszíne. A szokások feltárásához a parkolást befolyásoló jellemzők meghatározása (pl.: szolgáltatások, népesség, beépítettség jellemzői).
4. **Carsharing szolgáltatások minőségének értékelése:** multikritériumos módszer kidolgozása, ami alapján értékelhetők és összehasonlíthatók az elektromos személygépkocsit is üzemeltető carsharing szolgáltatások, valamint meghatározhatók a fejlesztési irányok. Ennek megfelelően azoknak a jellemzőknek az azonosítása, amelyek befolyásolják a felhasználó által érzékelt minőséget; továbbá a jellemzők, és a felhasználói elvárások közötti kapcsolat erősségének a meghatározása.
5. **Töltési költség minimalizálása:** elektromos személygépkocsi töltési költségét minimalizáló módszer fejlesztése, ami figyelembe veszi a felhasználó, a jármű és a villamos hálózat jellemzőit, és támogatja a kétirányú energiaáramot. Továbbá az eltérő töltési stratégiák összehasonlítása, és a visszatáplálást ösztönző változó díjtételek paramétereinek meghatározása. A villamos hálózat jellemzőinek a figyelembevételével közvetett módon az optimalizáló módszer a villamos hálózat terhelés ingadozás csökkentésének is az eszköze.

4 Alkalmazott módszerek

A kutatási céloknak, és a definiált feladatoknak megfelelően a szakirodalomból jól ismert általános módszereket is alkalmaztam, melyek a következők:

- rendszertervezés módszertana,
- relációs adatmodellezés,
- multikritériumos elemző, értékelő módszer,
- súlyozott összeg modell,
- kérdőíves kutatás,
- mohó algoritmus.

A **közlekedési rendszertervezés** alapösszefüggéseit használtam az elektromobilitási rendszer és az azt támogató információs rendszer összetevőinek, a kapcsolatoknak és a funkcióknak a meghatározásakor.

Az intelligens közlekedési rendszerek működésének az alapja a megfelelő adatbázis, ami támogatja a nagymennyiségű adat tárolását és feldolgozását. Az adatbázis szerkezetek meghatározásához **relációs adatmodellezést** alkalmaztam, amit először Edgar F. Codd írt le (Codd, 1970). A relációs adatmodell lényege, hogy az azonos jellemzőkkel bíró egyedeket egy egyedtípusba rendezzük, és az attribútumokat táblákban rögzítjük. Az egyedtípus lehet pl. esemény vagy fizikai összetevő. A táblák egymással kapcsolatban állnak.

Az összetett közlekedési rendszerek értékeléséhez **multikritériumos módszert** alkalmaztam, amely lehetővé teszi a többszemponú értékelést, összehasonlítást és a döntéstámogatást. A módszer előnye, hogy nem csak alternatíva párok összehasonlítására alkalmas, hanem abszolút skálán is értékelhetők vele a vizsgált objektumok. A módszerrel nagy mennyiségű adat figyelembevétele lehetséges. További előnye, hogy az alig, vagy egyáltalán nem számszerűsíthető tényezők hatása is értékelhető. A különböző multikritériumos módszerek fejlődését Bragge és szerzőtársai (2010) mutatták be.

Multikritériumos értékelés során az egyes szempontok eltérő súllyal történő figyelembevételéhez **súlyozott összeg modellt** (Weighted Sum Model = WSM) alkottam. A modellező eljárás lényege, hogy az azonos skálán (jellemzően 1-5) értékelt szempontokhoz súlysúlyszámok rendelhetők, amivel az egyes szempontok fontossága, vagy a kimenetre gyakorolt hatásának az erőssége fejezhető ki. A súlyok megválasztásánál az adott célt kell minden esetben figyelembe venni. Az egyes alternatívák értékeléséhez használt általános formulát a 4.1 egyenlet mutatja be.

$$Q = \frac{\sum_i g_i x_i}{\sum_i g_i} \quad 4.1$$

Ahol:

- Q aggregált értékelő szám,
- g_i az i -ik szempont súlysúlyszáma,
- x_i az i -ik szempont értékelő száma.

Súlyozott összeg modellt dolgoztam ki és alkalmaztam a lehetséges töltési helyszínek értékeléséhez (országos átjárhatóságot támogató töltőállomások), a terület egységek értékeléséhez (városi töltőállomások), és a carsharing szolgáltatások értékeléséhez.

A felhasználói szokások és igények felmérésére alkalmas a:

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

A feltárt preferencia vizsgálat előnye, hogy az utazók döntései valós helyzetben vizsgálhatók, hátránya, hogy a döntési helyzet körülményei nem minden esetben ismertek (például nem ismert, hogy az utazó mely információk birtokában döntött), és csak feltételezzük, hogy az utazó a számára leginkább kedvező opciót választotta. A kinyilvánított preferencia vizsgálat előnye ezzel szemben, hogy a döntési helyzet ismert, hátránya, hogy a döntési helyzetek nem valósak. Az elektromobilitás kezdeti fázisában a valós döntési helyzetek vizsgálatából az alacsony számú elektromos jármű használó és kevés töltőállomás miatt nem lehet megbízható következtetéseket levonni. Például: azért használnak egy töltőállomást gyakran, mert kedvező helyen van, vagy azért, mert nincs másik alternatíva?

Ezért a kinyilvánított preferenciákra vonatkozó **kérdőíves kutatásokat** végeztem annak érdekében:

- hogy megismerjem a felhasználói elvárásokat az intra-city töltési igény esetén. A megkérdezettek válaszai alapján határoztam meg az egyes helyszíntípusok értékelőszámait.
- hogy megállapítsam a kapcsolatot a carsharing szolgáltatás minőségét leíró szempontok, és a felhasználói elvárások között.

A kérdőívvel gyűjtött adatokat adatbázisban, lekérdezések készítésével dolgoztam fel.

A töltőállomás helyszínek optimalizálásakor és a töltési költség minimalizálásához a **mohó algoritmust** használtam. A mohó algoritmus egy kiválasztó függvény, amely az adott lépésben elérhető legjobb jelölt kiválasztásával közelíti a globális optimumot. Az algoritmus előnye, hogy alacsony a számítás igénye.

5 Új tudományos eredmények

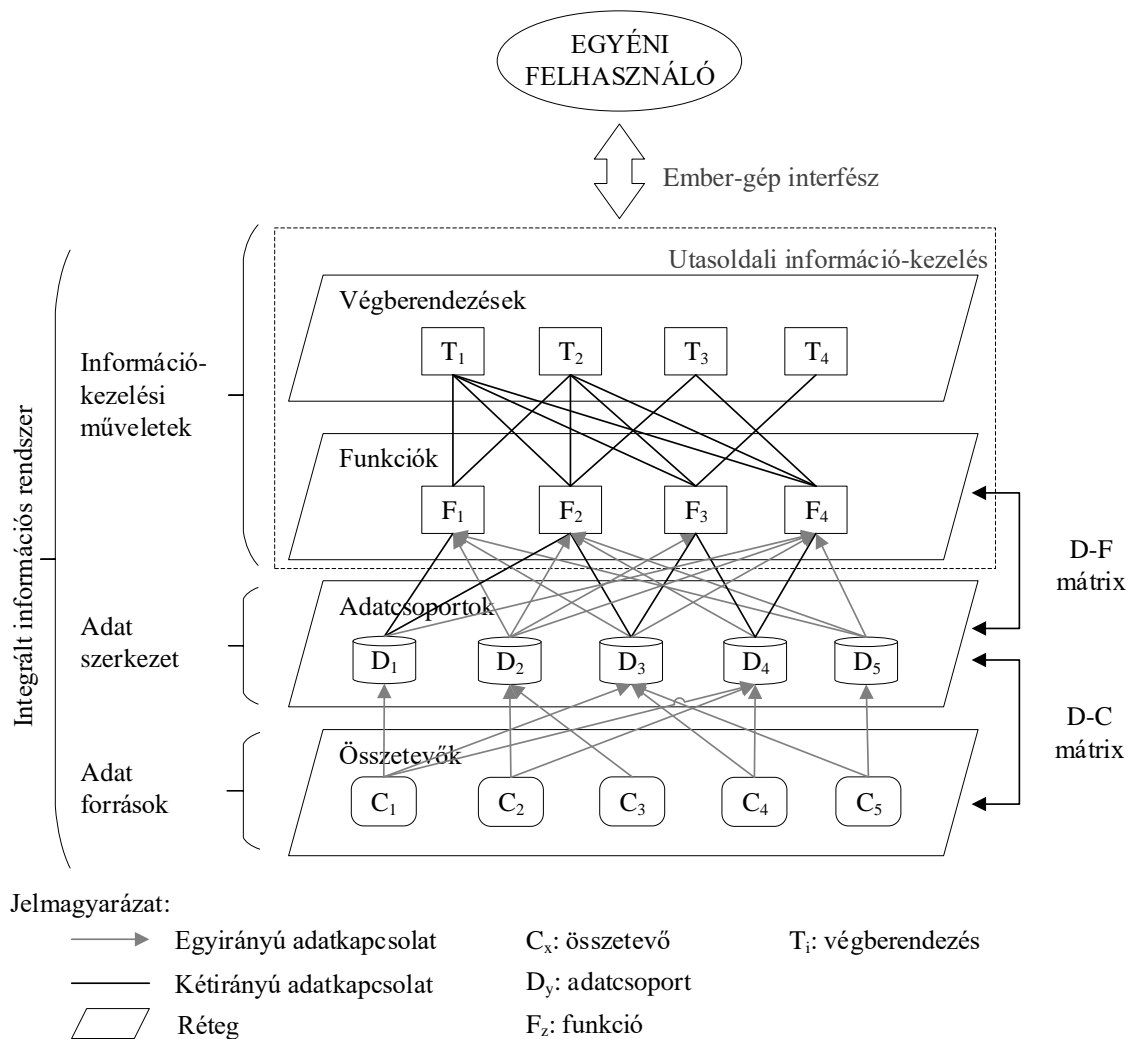
A fejezetben a kutatásom új tudományos eredményeit tézisekben foglalom össze.

1. Tézis: Integrált információs rendszer

Kidolgoztam az elektromobilitást támogató integrált információs rendszer szerkezeti és működési modelljeit. A legfontosabb információkezelési funkciókat az elektromos jármű negatív jellemzőiből vezettem le. Modelleztem a szükséges adatbázist.

A hagyományos járműtől eltérő üzemeltetési jellemzőkkel bíró elektromos járművek újszerű döntési helyzeteket idéznek elő a felhasználók számára. A tapasztalat hiánya miatt jelentősen megnő az igény az értéknövelt információs szolgáltatások iránt, amelyekkel jelentősen csökkenthető a technológiától való idegenkedés is.

A meghatározott újszerű funkciókkal valamennyi használati fázist lefedtem. A funkciókat alfunkciókra bontottam, majd meghatároztam a működéshez szükséges adatszoportokat, és az adatok forrását. Modelleztem az információs rendszer szerkezetét (T.1. ábra) és működési folyamatait a funkciókhoz rendelve.



T.1. ábra Az integrált információs rendszer szerkezete

A szerkezeti és a működési modellek alapján megállapítottam, hogy az információs rendszerben jelentős a dinamikus információk aránya, amelyek elsősorban a járműtől és az utazótól származnak. A tézis igazolását a 4. fejezet tartalmazza.

Tézishez kapcsolódó saját publikációk:

(Csonka és Csiszár, 2016b), (Csiszár et al., 2019b), (Csonka és Csiszár, 2019b), (Csonka és Földes, 2019)

2. Tézis: Országos átjárhatóságot biztosító elektromos villámtöltő-állomások helyszínének értékelése és kiválasztása

Kidolgoztam az inter-city töltési igények kiszolgálására alkalmas villámtöltő-állomás helyszínének értékelő és kiválasztó módszert. A töltőállomások lehetséges helyszínei a meglévő pihenőhelyek, amelyek értékeléséhez súlyozott összeg modellt dolgoztam ki.

Az elektromos járművek elterjedésének alapfeltétele az országos átjárhatóságot biztosító publikus töltőállomás-hálózat az autópályák és az országutak mentén. A töltőállomások helyszínei különösen a kezdeti fázisban jelentősek, amikor az állomások többsége még nem üzemeltethető tisztán piaci alapon.

A módszer lényege, hogy a lehetséges helyszíneket az ún. töltőtelepítési potenciál (*Installation Potential=IP*) alapján értékeli. Az értékelés újszerűsége, hogy nem használja a gyakran nem hozzáférhető honnan-hová járműmozgás adatokat. Ehelyett a forgalomnagyság, a közelben található települések lakosság száma, az elérhető szolgáltatások köre és a legközelebbi meglévő töltőállomás elvonó hatása alapján történik az értékelés. Az *IP* számításának a menetét a T.1 és T.2 egyenletek mutatják be. Bár elsősorban közlekedési szempontokat vettem figyelembe, feltételeztem, hogy a magas szolgáltatási színvonalú helyszíneken a töltőállomás telepítéshez tartozó villamos hálózat kapacitás bővítésének a költsége alacsonyabb, így közvetett módon a villamos hálózat szempontjából is értékeltém a helyszíneket.

$$IP_j = a_1 x_{1,j} + a_2 x_{2,j} + a_3 x_{3,j} + x_{4,j} \quad \text{T.1}$$

$$x_{4,j} = \begin{cases} -5 \cdot \left(1 - \frac{d_{ji}^3}{\alpha^3}\right), & \text{if } d_{ji} \leq \alpha \\ 4, & \text{if } \alpha < d_{ji} \leq \beta \\ 0, & \text{if } d_{ji} > \beta \end{cases} \quad \text{T.2}$$

Ahol:

j : helyszín azonosítója,

IP_j : a j . helyszínre számított töltőtelepítési potenciál,

$x_{1,j}$: forgalomnagyság értékelő szám,

$x_{2,j}$: közeli települések teljes lakosság számát értékelő szám,

$x_{3,j}$: szolgáltatások értékelő száma,

$x_{4,j}$: j . helyszín közelében lévő töltőállomások elvonó negatív hatása,

a_i x_i ($i=1..3$) értékelő szempontok súlysza, $\sum_i a_i = 1$ és $\forall a_i \geq 0$,

$d_{i,j}$ a j . helyszín és a legközelebbi meglévő (i) villámtöltő-állomás közötti távolság,

α, β telepítés térbeli terjedését befolyásoló paraméterek.

A helyszínek kiválasztásához a mohó algoritmust választottam. Az α és β paraméterek beállításával a töltőállomásokkal lefedett területek nagysága olajfolt-szerűen nő. A kiválasztás rétegenként történik. Egy rétegen, a lehetséges helyszínek kiválasztása a telepítési kritérium teljesítéskor áll le. Telepítési kritérium lehet a telepítendő villámtöltő-állomások száma, a lefedni kívánt minimum úthossz, vagy a lefedett úthossz minimális növekménye újabb töltőállomás kiválasztásakor.

Az alkalmazási eredmények alapján megállapítottam, hogy a módszer alkalmas egy adott területen a megfelelő villámtöltő-állomás helyszínek kiválasztására. A leginkább kedvező paraméterek megválasztása egy kalibrációs folyamattal lehetséges, miközben β paraméternek egy jó kiindulási érték az elektromos személygépkocsik átlagos hatótávjának a fele. A tézis igazolását az 5. fejezet tartalmazza.

Tézishez kapcsolódó saját publikációk:

(Csonka és Csiszár, 2017a), (Csonka és Csiszár, 2017b), (Csiszár et al., 2018), (Csiszár et al., 2019b), (Csonka és Földes, 2019)

3. tézis: Városi elektromos töltőállomások helyszínének kijelölése

A városi és a környéki utazásokhoz tartozó töltési igényekhez kidolgoztam a publikus töltőállomások helyszínét kijelölő módszert. A módszer makró- és mezo szintű multikritériumos értékelésen alapul. Makrószinten az elektromos járműhasználatot értékeltem a járművek száma, a jövedelem nagysága és a vendég forgalom jelentősége alapján. Mezo szinten a parkolási szokásokat értékeltem a gyakran látogatott helyszínek, a lakosságszám és a beépítettség alapján.

Kétszintű értékelésen alapuló töltőállomás helyszín kijelölő módszert dolgoztam ki, aminek az újdonsága a makrószintű vizsgálat és a helyszíntípusoknak a parkolási idő szerinti értékelése. Makrószinten a helyi és a vendég forgalomból származó töltési igényt befolyásoló jellemzők alapján értékelem és hasonlítom össze a területegységeket (Magyarországon a járásokat) és határozom meg a telepítendő töltőállomások számát a T.3 egyenlet szerint.

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

Ahol:

- IP_i i területegység töltőtelepítési potenciálja,
- $x_{1,i}$ regisztrált elektromos személygépjárművek száma az i területi egységben,
- $x_{2,i}$ átlagos éves jövedelem személyenként az i területi egységben,
- $\max(\dots)$ legmagasabb értékű területi egységnél a változó értéke,
- $x_{3,i}$ turizmus fontosságát minősítő érték az i területi egységben, értéke 0 és 5 között lehet,
- a_1, a_2 változók súlya. $a_1 + a_2 = 1$, $a_1 \geq 0$ és $a_2 \geq 0$

Mezo szinten a területegységeket hatszögekre bontottam, és a nappali, valamint az éjszakai töltési igények alapján értékeltem azokat. A nappali töltési igényt a hatszögben elhelyezkedő gyakran látogatott helyszínek, az éjszakai töltési igényt pedig a lakosságszám és a beépítettség alapján értékeltem. Helyszín típusokat határoztam meg. Egy általam végzett kérdőíves felmérésből származó parkolási gyakoriság és parkolási idő értékek alapján a helyszín típusokhoz értékelő számot rendeltem. A hatszögek értékelése a T.4 szerint lehetséges.

$$Y = b_1 \cdot \frac{5 \cdot \sum d}{\max(\sum d)} + \frac{b_2}{2} \cdot \left[r + \frac{5 \cdot p}{\max(p)} \right] \quad \text{T.4}$$

Ahol:

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

Mezo szinten a töltőállomás hatszögének a kijelölésekor Y jellemző mellett figyelembe vettem a:

- már meglévő töltőállomásoktól mért távolságot,
- a parkolóhelyek számát, és a
- gyaloglási hajlandóságot.

A gyaloglási hajlandóság egy töltőállomás vonzáskörzetét határozza meg. Értékét a kérdőíves kikérdezés alapján számítottam. A helyszínek kiválasztásához a mohó algoritmust használtam.

A módszer alkalmazása során megállapítottam, hogy az eljárás támogatja a magas töltési igénnyel rendelkező hatszögek kiszolgálását és a töltőállomás telepítését a vonzáskörzetek átfedése nélkül. A tézis igazolását a 6. fejezet tartalmazza.

Tézishez kapcsolódó saját publikációk:

(Csonka és Csiszár, 2017a), (Csonka és Csiszár, 2017b), (Csiszár et al., 2019a), (Csiszár et al., 2019b), (Csonka és Földes, 2019), (Csiszár et al., elfogadva)

4. tézis: Carsharing szolgáltatások minőségének értékelése

Kidolgoztam a carsharing szolgáltatások elemzésére és minőségértékelésére alkalmas módszert. Meghatároztam a felhasználói elvárások és szolgáltatás jellemzők közötti kapcsolatot, ami alapján személyre szabott értékelés végezhető. Az alkalmazás alapján megállapítottam, hogy a módszer az utazói és az üzemeltetői döntéseknél is jól használható részeredményeket szolgáltat.

A hagyományos közösségi közlekedés minőségértékelésére vonatkozó irányelveket adaptálva egy súlyozott összeg modellt dolgoztam ki a carsharing szolgáltatások értékeléséhez. A módszer bevezetése és alkalmazása a carsharing rendszerek sikerességét fokozza, ami elősegíti az elektromos járműhasználat arányának további növelését. Azonosítottam a minőségét befolyásoló ismérveket. Az ismérvekhez értékelő számokat rendeltem a felhasználói elvárások alapján.

Mivel a carsharing a jellemzői alapján a hagyományos közösségi közlekedés és az egyéni gépjárműhasználat között helyezkedik el, ezért a felhasználói elvárásokat a két közlekedési móddal szembeni elvárásokból vezettem le. Kérdőíves kutatást végeztem, ami alapján meghatároztam a felhasználói elvárások és a minőséget befolyásoló jellemzők közötti kapcsolat erősségét. A T.1. táblázat értékei azt mutatják, hogy egy felhasználói elvárást (oszlopfélc) milyen mértékben (%) szolgál ki egy adott jellemző (sorfejléc). A súlyszámok a kapcsolat erősségére vonatkozó és a személyes elvárásokra adott preferencia pontszámokból vezethetők le, és így személyre szabott módon értékelhetők a szolgáltatások.

A módszer alkalmazása alapján megállapítottam, hogy az értékelő eljárás hatékonyan támogatja a felhasználói és utazói döntéshozatalt is, mert egyértelműen azonosíthatók a szolgáltatások közötti különbségek és azok gyengeségei. Így több szolgáltató esetén a felhasználó a számára kedvezőbbet választhatja, míg az üzemeltető tudja azonosítani a szolgáltatás fejlesztésének a fókuszpontjait. A tézis igazolását a 7. fejezet tartalmazza.

T.1. táblázat A minőségi ismérvek (c_j) és a felhasználói elvárások (i) közötti kapcsolati mátrix (r_{i,j})

		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	Szolgáltatás típusa	18,8									1
c ₁₁	Legközelebbi szabad jármű átl. 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 vezethetősége				39,7	7,2		30,1			3
c ₃₄	Férőhelykínálat, csomagtér					15,4					1
c ₃₅	Energiával történő feltöltés 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

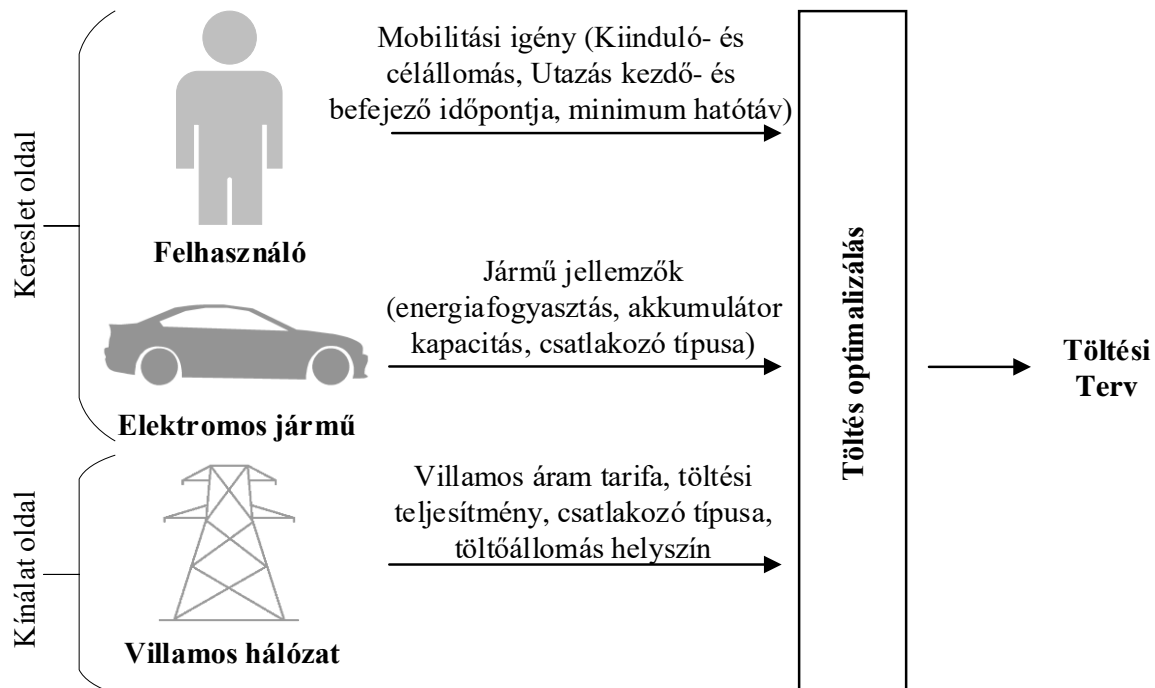
Tézishez kapcsolódó saját publikációk:

(Csonka és Csiszár, 2015a), (Csonka és Csiszár, 2015b), (Csonka és Csiszár, 2016a), (Csonka és Csiszár 2016c)

5. tézis: Töltési költség minimalizálása

Elektromos járműhasználatot támogató decentralizált töltés optimalizáló módszert dolgoztam ki, amely támogatja a kétirányú energiaáramot. A felhasználó közlekedési szokásait figyelembe véve modelleztem a töltési igényt. Bemutattam, hogy a módszer alkalmazásával milyen mértékben csökkenthetők a töltési költségek.

Előre ismert tarifájú, változó díjtételt feltételeztem a villamos hálózaton, és kidolgoztam a töltési költség minimalizáló módszert, ami a töltési folyamatot optimalizálja időben. A módszer működését a bemenő és kimenő adatokra fókuszálva a T.2. ábra mutatja be. A töltés optimalizáló eljárás a keresleti és a kínálati oldal jellemzőit figyelembe véve úgy határozza meg a töltés és az energia visszatáplálás időszakait, hogy a töltési költség a legalacsonyabb legyen. A kiválasztott töltési és visszatáplálási időszakok együttese alkotja a személyre szabott töltési tervet.



T.2. ábra Töltés optimalizáló módszer bemenete és kimenete

Energia ekvivalens egységekre osztottam azokat az időintervallumokat, amikor a jármű egy töltőberendezéshez csatlakoztatva van (felhasználó adja meg). Az energia ekvivalens egységekben a tölthető energia mennyisége azonos. A töltés optimalizáló eljárás során mohó algoritmussal választottam ki a töltés végén jelentkező hatótáv igényhez szükséges energia egységeket abban az időszakban, amikor a villamos hálózati tarifa a legalacsonyabb. A kiválasztott energia egységekhez tartozó időintervallumokban töltődik a jármű. 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 időszak párokat képez. Az energia egység párok képzésének együttes feltételei a következők:

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

Megállapítottam, hogy az optimalizáló módszer alkalmazásával alacsonyabb 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 irányítással csökkenthető a villamos hálózat terhelés ingadozása azáltal, hogy a változó díjtétellel előnyben részesítjük a nagy szabad kapacitással rendelkező időszakokat a töltés számára. A tézis igazolását a 8. fejezet tartalmazza.

Tézishez kapcsolódó saját publikációk:

(Csiszár et al., 2017), (Csonka és Csiszár, 2018), (Csiszár et al., 2019b), (Csonka és Csiszár, 2019b), (Csonka és Földes, 2019)

6 Tudományos eredmények hasznosíthatósága

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

Elméleti jelentőség

Kutatásommal a Tanszéken hosszú évek óta folyó, a közlekedési rendszerekre és az információs folyamatokra vonatkozó kutatások eredményeit bővítettem. Olyan időtálló modellek és módszerek kidolgozására törekedtem, amelyek továbbfejlesztéssel, illetve adaptációval a hasonló jellegű problémák megoldásához alkalmazhatók. Továbbá az általam végzett munka szorosan kapcsolódik a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program Mesterséges Intelligencia – Future Mobility E-Mobility kutatócsoport kutatási területéhez is.

Gyakorlati hasznosulási lehetőségek

Az általam kidolgozott integrált információs rendszer koncepciója az elektromobilitási szolgáltatásoknak keretet adó információs rendszer megvalósításának alapja. Segíti a jövőbeni szolgáltatókat abban, hogy a felhasználók számára mely funkciókat érdemes nyújtani, ehhez milyen adatszoportokra van szükség, és hogy az elektromobilitás mely összetevői között szükséges adatkapcsolatot létesíteni.

Az inter-city és intra-city töltési igények kiszolgálását támogató töltőállomás helyszín kijelölő módszerek különösképpen az elektromobilitás kezdeti fázisában segítik a töltőállomás üzemeltetőket abban, hogy a legnagyobb várható kihasználtságú helyszíneken létesítsenek töltőberendezéseket. Az e-Mobi Elektromobilitás Kft. a kidolgozott módszerek alapján végzi Magyarországon a töltőtelepítést.

A carsharing szolgáltatások minőségét értékelő módszer elsősorban ott alkalmazható, ahol több, versenyző szolgáltató is jelen van (pl. Budapest). A szolgáltatások közül a felhasználó elvárásainak a leginkább megfelelő választható ki. Másrészt az üzemeltető számára is segítséget jelent a fejlesztési irányok meghatározásában. A kidolgozott módszert az Avalon CareServices Kft. alkalmazta az állomások helyszíneinek a meghatározásához.

A töltés optimalizáló módszer gyakorlati alkalmazhatóságának a feltétele a változó díjtétel, ami jelenleg nem megoldott. A decentralizált irányítással elérhető villamos hálózati terhelés ingadozás csökkenés és a felhasználó oldalán jelentkező költségmegtakarítás miatt jelentős potenciál van a gyakorlati alkalmazásban.

Az általam kidolgozott módszereket az Electric Travelling Európai Unió projekt keretében és a Széllkapu mélygarázs - Elektromobilitási kutatóközpont létrehozásának elméleti háttére c. tanulmány megírásában is alkalmaztuk. Mindkét projekt célja az elektromobilitás elterjedésének az elősegítése intelligens megoldásokkal.

Oktatási alkalmazhatóság

A kutatási eredmények bekerültek a Tanszéken oktatott tantárgyak korszerűsített, magyar és angol nyelvű anyagaiba (Közlekedési információs rendszerek I-II, Közlekedési informatika, Személyközlekedés). Az eredményeket felhasználtuk a Közlekedési információs rendszerek c. egyetemi jegyzet, valamint az Innovative Passenger Transportation Systems c. angol nyelvű egyetemi tankönyv megírásakor (Csiszár et al., 2019). A műszaki tudományokat népszerűsítő és a „Jövő új útjai a pályaválasztás és az autonóm autózás világában” c. EFOP projektek keretében a kutatási eredményeimet felhasználva középiskolások számára e-learning anyagot fejlesztettünk az autonóm járművekről, valamint hátrányos helyzetű gyermekek számára ismeretterjesztő előadásokat és foglalkozásokat tartottunk.

Társadalmasítás

Kutatási eredményeimet az „elektromobilitás” témájú előadások keretében számos alkalommal ismeretterjesztő jelleggel szélesebb közönség előtt is bemutattam. Ezek közül a legfontosabbak:

- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D., Pauer, G.: Transformation of Transportation: Electromobility and Autonomous Services, Best Course, 1st September 2016, Budapest
- Csonka, B.: Az elektromobilitás üzemeltetési kihívásai; Mobil Weekend Budapest Konferencia, 2016. szeptember 22-24., Budapest
- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D., Pauer, G.: Az e-töltőhálózat üzemeltetési kihívásai – kutatási témák és eredmények SMART-MR Budapest E-mobilitás workshop. 2017. március 28., Budapest
- Csiszár, Cs., Csonka, B.: Az elektromobilitás üzemeltetési kihívásai. A Magyar Elektrotechnikai Egyesület, „A villamos hajtású járművek (e-mobilitás) jelene és jövője szakmai nap. 2017.május 3., Budapest
- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D.: Az elektromos autóbuszok üzemeltetése a közforgalmú közlekedésben. A közlekedéstudományi Egyesület Általános Közlekedési Tagozatának Fenntartható Közlekedés Szakosztálya - E-közösségi közlekedés című szakmai délutánja, 2017. november 8., Makadám klub, Budapest
- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D.: Hogyan alakul át a közlekedés? Elektromobilitás és autonóm járművek. Klímabarát esték, 2017. szeptember 21., Barabás Villa, Budapest
- Dán, A., Farkas, Cs., Prikler, L., Csonka, B., Csiszár, Cs., Földes, D.: Az e-mobilitáshoz kapcsolódó közép és hosszú távú villamos hálózati hatások. 64. Magyar Elektrotechnikai Egyesület Vándorgyűlés Konferencia és Kiállítás, 2017. szeptember 13-15., Bükkfürdő
- Csonka, B., Csiszár, Cs., Földes, D.: Hogyan alakul át a közlekedés? Elektromobilitás és autonóm járművek. BME Management Szakkollégium, Szakmarathon előadás, 2018. április 26., H13 Diák- és Vállalkozásfejlesztési Központ, Budapest
- Csonka, B.: Elektromobilitás jelene és jövője; II. Magyar Közlekedési Konferencia, 2018. november 13-15., Eger
- Csonka, B., Földes, D.: Az elektromobilitás és az autonóm járművekre épített mobilitási szolgáltatás tervezése és üzemeltetése. Magyar Tudomány Ünnepe, 2018. november 21., Magyar Tudományos Akadémia, Budapest

- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D.: Innovatív személyközlekedési rendszerek és mobilitási szolgáltatások. HTE Távközlési Szakosztály – Távközlési klub, 2019. április 25., BME Q épület, Budapest

7 Kutatás folytatása

Kutatásaimat a jövőben is hasonló elszántsággal kívánom folytatni, építve az eddig elért eredményekre. A szakirodalomban és a technológiai fejlődésben tapasztalható trendek alapján a hagyományos közösségi közlekedésben a közeljövőben várhatóan egyre nagyobb számban jelennek meg elektromos autóbuszok. Továbbá a következő évtizedekben is jelentős kihívást fog okozni a közlekedés okozta környezetszennyezés, az új infokommunikációs technológiák pedig új megoldások bevezetését teszik lehetővé. Ezért kutatásom folytatásának az irányát a következőképp határoztam meg:

Rövidtávon:

- Városi autóbusz szolgáltatás matematikai modelljének kidolgozása. A cél egy olyan általános modell alkotása, ami a teljes autóbusz hálózat jellemzőit figyelembe véve javaslatot tesz az egyes viszonylatokon közlekedő járművek hajtására úgy, hogy az eredő költség a legalacsonyabb legyen. A modell segítségével figyelembe vehetők a közlekedés externáliái. Továbbá cél az elektromos autóbusz statikus és dinamikus töltőberendezések helyszínének optimalizálása. A kutatás része a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági programnak. Az első részeredményt a győri Közlekedéstudományi Konferencián mutattam be 2019-ben (Csonka és Csiszár, 2019).
- Elektromos autóbuszok üzemeltetésnek a gazdaságossága és a viszonylat, valamint menetrend jellemzői közötti kapcsolat vizsgálata.

Közép- és hosszú távon:

- Az elektromobilitás gazdasági-társadalmi hatásainak és a várható tendenciáknak a becslése (pl. járműszám, futásteljesítmény, töltési igények, töltési jellemzők, energiafelhasználás).
- Töltési helyszínek kijelölése (városi környezetben és gyorsforgalmi utak mentén; speciális pl. hűtött árukat szállító tehergépjárművek esetén).
- A taxik elektromos meghajtásra való átállásának feltételei, hatása, üzemeltetési modell kidolgozása, telephelyi töltő infrastruktúra méretezés a közcélú töltők figyelembevételével.
- A közösségi elektromos kerékpárok (pedelec) bevezetésének üzemeltetési, használati jellemzőinek, lehetőségeinek kutatása – különös tekintettel a turisztikai lehetőségekre.

Irodalomjegyzék

Felhasznált irodalom

- (Andrenacci, et al., 2016): Andrenacci, N., Ragona, R., Valenti, G. A Demand-Side Approach to the Optimal Deployment of Electric Vehicle Charging Stations in Metropolitan Areas. *Applied Energy* **2016** 182, 39-46. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.137>
- (Büscher et al., 2009): Büscher, M., Coulton, P., Efstratiou, C., Gellersen, H., Hemment, D., Mehmood, R., Sangiorgi, D. Intelligent mobility systems: some socio-technical challenges and opportunities. *International Conference on Communications Infrastructure. Systems and Applications in Europe*, **2009**, 140-152. https://www.doi.org/10.1007/978-3-642-11284-3_15
- (Canals et al., 2016): Canals, L., Egoitz, M.-L., García, B. A., Nieto, N. Sustainability analysis of the electric vehicle use in Europe for CO2 emission reduction. *Journal of Cleaner Production*, **2016** 127, 425-437. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.120>
- (Carrillat et al., 2007): Carrillat, F. A., Jaramillo, F., Mulki, J. P. 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*, **2007** 18(5), 472-490. <https://doi.org/10.1108/09564230710826250>
- (Chen et al., 2013): Chen, D. T., Kockelman, K. M., Khan, M. The Electric Vehicle Charging Station Location Problem: A Parking-Based Assignment Method for Seattle, Washington. *Transportation Research Record* **2013** 2385, 28-36. <http://dx.doi.org/10.3141/2385-04>
- (Chen et al., 2014): Chen, N., Tan, C. W., Quek, T. Q. S. Electric Vehicle Charging in Smart Grid: Optimality and Valley-Filling Algorithms. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, **2014** 8(6), 1073-1083. <https://doi.org/10.1109/JSTSP.2014.2334275>
- (Dagsvike et al., 2002): Dagsvike, J. K., Wetterwald, D. G., Wennemo, T., Aaberge, R. Potential demand for alternative fuel vehicles. *Transportation Research Part B: Methodological*, **2002** 36(4): 361–384. [http://dx.doi.org/10.1016/S0965-8564\(01\)00013-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0965-8564(01)00013-1)
- (Dorcec et al., 2019): Dorcec, L., Pevec, D., Vdovic, H., Babic, J., Podobnik, V. How Do People Value Electric Vehicle Charging Service? A gamified Survey Approach. *Journal of Cleaner Production*, **2019** 210, 887-897. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.032>
- (Fáskerty et al., 2012): Fáskerty, P., Horváth, G., Rixer, A., Turi, J. The Public Transport Services to Measure the Quality of Standard Bases. *Acta Technica Jaurinensis*, **2012** 5(3), 207-222.
- (Forrest et al., 2016): Forrest, K. E., Tarroja, B., Zhang, L., Shaffer, B., Samuelson, S. Charging a Renewable Future: The Impact of Electric Vehicle Charging Intelligence on Energy Storage Requirements to Meet Renewable Portfolio Standards. *Journal of Power Sources*, **2016** 336, 63-74. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2016.10.048>
- (Hidure et al., 2011): Hidure, M.K., Parsons, G.R., Kempton, W., Gardner, M.P. Willingness to pay for electric vehicles and their attributes. *Resource and Energy Economics*, **2011** 33(3): 686–705. <http://dx.doi.org/10.1016/j.reseneeco.2011.02.002>
- (Huang et al., 2016): Huang, K., Kanaroglou, P., Zhang, X. The Design of Electric Vehicle Charging Network. *Transportation Research Part D* **2016** 49, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.08.028>
- (Khoo és Asitha, 2016): Khoo, H. L., Asitha K. S. User Requirements and Route Choice Response to Smart Phone Traffic Applications (apps). *Travel Behaviour and Society*, **2016** 3, 59-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tbs.2015.08.004>

(Krupa et al., 2014): Krupa, J. S., Rizzo, M. D., Eppstein, M. J., Lanute, D. B., Gaalema, D. E., Lakkaraju, K., Warrender, C. E. Analysis of a consumer survey on plug-in hybrid electric vehicles. *Transportation Research Part A*, **2014** 64: 14-31.

<https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.02.019>

(Kövesné és Debreczeni, 2010): Kövesné dr. Gilicze, É., Debreczeni, G. A Közösségi Közlekedés Szolgáltatási Kritériumrendszerének Elméleti Kérdései. *Közlekedéstudományi Szemle*, **2010** 60(4), 25-30.

(Mets et al., 2010): Mets, K., Verschueren, T., Haerick, W., Develder, C., Turck, F. D. Optimizing Smart Energy Control Strategies for Plug-In Hybrid Electric Vehicle Charging. 2010 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium Workshops, **2010** június 17. <https://doi.org/10.1109/NOMSW.2010.5486561>

(Monigl és Berki, 2010): Monigl, J., Berki, Zs. Korszerű Közlekedéstervezési Módszerek a Városi Térségi Lét Fenntarthatóságának Érdekében. *Városi Közlekedés*, **2010** 50(4), 205-219.

(Parasuraman et al., 1985): Parasuraman, A., Zeithaml, V. A. Berry, L. L. A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research. *Journal of Marketing*, **1985** 49, 41-50. <https://doi.org/10.2307/1251430>

(Philipsen et al., 2016): Philipsen, R., Schmidt, T., van Heek, J., Ziefle, M. Fast-Charging Station Here, Please! User Criteria for Electric Vehicle Fast-Charging Locations. *Transportation Research Part F*, **2016** 40, 119-129. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.04.013>

(Sanchez-Hidalgo és Cano, 2018): Sanchez-Hidalgo, M.-A., Cano, M.-D. A Survey on Visual Data Representation for Smart Grids Control and Monitoring. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, **2018** 16, 351-369. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2018.09.007>

(Shirmohammadli és Vallée, 2017): Shormohammadli, A., Vallée, D. Developing a Location Model for Fast Charging Infrastructure in Urban Areas. *International Journal of Transport Development and Integration* **2017** 1(2), 159-170. <https://doi.org/10.2495/TDI-V1-N2-159-170>

(Skrucany et al., 2017): Skrucany, T., Semanova, S., Figlus, T., Sarkan, B., Gnap, J. Energy Intensity and GHG Production of Chosen Propulsions Used in Road Transport. *Communications*, **2017** 19(2), 3-9.

(Upchurch és Kuby, 2010): Upchurch, C., Kuby, M. Comparing the P-Median and Flow Refueling Models for Locating Alternative Fuel Stations. *Journal of Transport Geography*, **2010** 18, 750-758. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.06.015>

(Wanga et al., 2016): Wanga, T., Xiea, C., Xiea, J., Waller, T. Path-Constrained Traffic Assignment: A Trip Chain Analysis Under Range Anxiety. *Transportation Research Part C*, **2016** 68, 447-461. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2016.05.003>

(Xi et al., 2013): Xi, X., Sioshansi, R., Marano, V. Simulation-Optimization Model for Location of a Public Electric Vehicle Charging Infrastructure. *Transport Research Part D*, **2013** 22, 60-69. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.02.014>

(Yang et al., 2016): Yang, Y., Yao, E., Yang, Z., Zhang, R. Modeling the Charging and Route Choice Behavior of BEV drivers. *Transportation Research Part C*, **2016** 65, 190-204. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2015.09.008>

Tézisekhez kapcsolódó saját publikációk

Egyetemi tankönyv (angolul):

(Csiszár et al., 2019): Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D. Innovative Passenger Transportation Systems. Akadémiai Kiadó, Budapest, Magyarország **2019**.

<https://doi.org/10.1556/9789630599412>

Folyóiratcikkek (angolul):

(Csiszár et al., 2019a): Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D., Wirth, E., Lovas, T. Urban Public Charging Station Locating Method for Electric Vehicles Based on Land Use Approach. Journal of Transport Geography, **2019** 74, 173-180. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.11.016>

(Csonka és Csiszár, 2016c): Csonka, B., Csiszár, Cs. Quality Analysis and Assessment Method for European Carsharing Systems. Periodica Polytechnica – Transportation Engineering, **2016** 44(2), 80-88. <https://doi.org/10.3311/PPtr.8559>

(Csonka és Csiszár, 2017b): Csonka, B., Csiszár, Cs. Determination of Charging Infrastructure Locations for Electric Vehicles. Transportation Research Procedia, **2017** 27, 768-775. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.115>

(Csonka és Csiszár, 2019b): Csonka, B., Csiszár, Cs. Integrated Information Service for Plug-In Electric Vehicle Users Including Smart Grid Functions. Transport, **2019** 34(1), 135-145. <https://doi.org/10.3846/transport.2019.8548>

Folyóiratcikkek (magyarul):

(Csiszár et al., 2017): Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D., Dán, A., Farkas, Cs., Prikler, L. Az E-Mobilitáshoz Kapcsolódó Közép- és Hosszú Távú Villamos Hálózati Hatások. Elektrotechnika, **2017** 110(9), 14-17.

(Csiszár et al., 2018): Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D., Wirth, E., Lovas, T. Az Országos Átjárhatóságot Biztosító Elektromos Villámtöltő-Állomások Helyszínét Kijelölő Módszer. Közlekedéstudományi Szemle, **2018** 68(1), 14-25. <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2018.1.2>

(Csiszár et al., elfogadva): Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D., Wirth, E., Lovas, T. Városi elektromos töltőállomások helyszínét kijelölő módszer. Közlekedéstudományi Szemle, elfogadva: 2019.

(Csonka és Csiszár, 2015a): Csonka, B., Csiszár, Cs. Carsharing Rendszerek Szolgáltatási Minőségét Elemző és Értékelő Módszer 1. Rész: Alapfogalmak. Közlekedéstudományi Szemle, **2015** 65(4), 19-25.

(Csonka és Csiszár, 2015b): Csonka, B., Csiszár, Cs. Carsharing Rendszerek Szolgáltatási Minőségét Elemző és Értékelő Módszer 2. Rész: A Módszer Lépései és Alkalmazása. Közlekedéstudományi Szemle, **2015** 65(5), 4-13.

(Csonka és Földes, 2019): Csonka, B., Földes D. Az elektromobilitás és az autonóm járművekre épített mobilitási szolgáltatás tervezése és üzemeltetése. Közlekedéstudományi Szemle, **2019** 1, 24-34. <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2019.1.3>

Konferenciatickek (angolul):

(Csonka és Csiszár, 2016a): Csonka, B., Csiszár, Cs. The Future of Car Usage: Quality Analysis and Assessment Method for Carsharing. Österreichische Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, **2016** 63(1-2), 13-23.

Konferenciatickek (magyarul):

(Csonka és Csiszár, 2016b): Csonka, B., Csiszár, Cs. Az Elektromobilitást Támogató Utazói Információs Szolgáltatások Fejlesztése. Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2016, 52-65. **2016.** március 24-25., Győr, Magyarország.

(Csonka és Csiszár, 2017a): Elektromos Járművek Töltőinfrastruktúrájának Kiepitéséhez a Felhasználói Elvárások Feltárása. Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2017, 401-411. **2017.** március 30-31., Győr, Magyarország.

(Csonka és Csiszár, 2018): Csonka, B., Csiszár, Cs. Töltés Ütemezési Módszerek Smart Gridhez Csatlakoztatott Elektromos Járműveknél. Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2018, 315-325. **2018.** március 22-23., Győr, Magyarország.