

e-kid\_327\_25

**BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
(BME)**

**KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI ÉS JÁRMŰMÉRNÖKI KAR  
(KJK)**

**KÖZLEKEDÉSTECHNOLÓGIAI ÉS KÖZLEKEDÉSGAZDASÁGI TANSZÉK  
(KTKG)**

**Á FENNTARTHATÓ KÖZLEKEDÉSI  
MÓDVÁLASZTÁST TÁMOGATÓ  
INNOVATÍV VÁROSI KÖZLEKEDÉSI  
MEGOLDÁSOK FEJLESZTÉSE**

**MTA TÉZISFÜZET**

**ESZTERGÁR-KISS DOMOKOS**

**2025**

# *Tartalomjegyzék*

<b>1</b>	<b><u>A KUTATÁS CÉLJA</u></b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b><u>ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK</u></b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>1. TÉZIS: A FENNTARTHATÓ VÁROSI UTAZÁSTERVEZÉS TÁMOGATÁSA</b>	<b>3</b>
1.1	TÉZIS: UTAZÁSTERVEZŐ ALKALMAZÁS FEJLESZTÉSE TECHNIKAI SZEMPONTOK ALAPJÁN	3
1.2	TÉZIS: A FENNTARTHATÓ KÖZLEKEDÉSI MÓDVÁLASZTÁS ELŐSEGÍTÉSE ÖSZTÖNZŐ STRATÉGIÁKKAL	4
1.3	TÉZIS: A FELHASZNÁLÓK PREFERENCIÁIT FIGYELEMBE VEVŐ STRATÉGIAI UTAZÁSTERVEZÉS INGÁZÁSHOZ	5
<b>2.2</b>	<b>2. TÉZIS: TEVÉKENYSÉGI LÁNCOK OPTIMALIZÁLÁSA KÜLÖNBÖZŐ KÖRNYEZETBEN</b>	<b>6</b>
2.1	TÉZIS: GYAKORLATI ALGORITMUSOK FEJLESZTÉSE TEVÉKENYSÉGI LÁNCOK OPTIMALIZÁLÁSÁRA	6
2.2	TÉZIS: HEURISZTIKUS IDŐFÜGGŐ ÜTEMEZÉSI PROBLÉMA ELEKTROMOS JÁRMŰVEKKEL	7
2.3	TÉZIS: ÜTEMEZÉSI ÉS TEVÉKENYSÉGI DÖNTÉSEK TÁMOGATÁSA AZ UTAZÓK PREFERENCIÁI ALAPJÁN	8
<b>2.3</b>	<b>3. TÉZIS: KÖZLEKEDÉSI MEGOLDÁSOK FEJLESZTÉSE A MAAS RENDSZERBEN</b>	<b>9</b>
3.1	TÉZIS: MOBILITÁSI CSOMAGOK LÉTREHOZÁSA A MAAS KONCEPCIÓ ALAPJÁN	9
3.2	TÉZIS: MAAS CSOMAGOK LÉTREHOZÁSA KÜLÖNBÖZŐ FELHASZNÁLÓI CSOPORTOK ALAPJÁN	10
3.3	TÉZIS: POTENCIÁLIS MAAS FELHASZNÁLÓK SZEGMENTÁLÁSA KLASZTEREZÉSI MODELLEK KOMBINÁLÁSÁVAL	11
<b>2.4</b>	<b>4. TÉZIS: MOBILITÁSI TERVEK ÉS PILOTOK KIDOLGOZÁSÁNAK FEJLESZTÉSE</b>	<b>12</b>
4.1	TÉZIS: MAAS FELKÉSZÜLTSGÉI INDEX KIDOLGOZÁSA MÓDOSÍTOTT MÓDSZERREL	12
4.2	TÉZIS: KÍSÉRLETI MÓDSZEREK EGY KÖZLEKEDÉSI PILOT FEJLESZTÉS FOLYAMATÁBAN	13
4.3	TÉZIS: FENNTARTHATÓ INTÉZKEDÉSEK KIVÁLASZTÁSÁT SEGÍTŐ MÓDSZER FEJLESZTÉSE MUNKAHELYEKNEK	13
<b>3</b>	<b><u>AZ EREDMÉNYEK FELHASZNÁLÁSA</u></b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b><u>SAJÁT PUBLIKÁCIÓK</u></b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b><u>RELEVÁNS PUBLIKÁCIÓK</u></b>	<b>20</b>

## 1 A kutatás célja

---

A városoknak sokféle közlekedési problémával kell szembenéznük, ráadásul a növekvő motorizációnak köszönhetően ezen problémák köre egyre bővül (Williams, 2017). A közlekedési problémák befolyásolják a lakosság életminőségét és a városok fenntarthatóságát, amik elsősorban az ingázáshoz és az autóhasználat iránti megnövekedett igényhez kapcsolódnak, így tovább növekszik környezeti terhelés (Maghrour Zefreh & Török, 2021). Éppen ezért fontos, hogy technológiai és infrastrukturális fejlesztéseken keresztül a fenntartható utazási lehetőségek feltételein javítsunk, illetve az utazási szokások befolyásolásával csökkentjük a személyautóktól való függést és az egyéni járműhasználat mértékét (Graham-Rowe et al., 2011).

A fenntartható utazási szokások fontos szerepet játszanak a társadalmilag, környezetileg és gazdaságilag fenntartható közösségek kialakításában (Zöldy et al., 2022). Megfelelő beavatkozásokkal az utazási szokások megváltoztathatók, ami fenntarthatóbb viselkedéshez vezethet, mint például az autóhasználat csökkentése (Anagnostopoulou et al., 2018). A meglévő stratégiák általában lágy intézkedéseket tartalmaznak (Hiselius & Rosqvist, 2016), mint például a környezettudatosság növelését célzó kampányok vagy kerékpárral a munkahelyre napok szervezése, illetve kemény intézkedéseket is tartalmaznak, mint például kerékpárutak építése vagy parkolási szabályok bevezetése (Morfoulaki et al., 2017). A legnagyobb különbség a két stratégia között az, hogy kemény intézkedések esetén szükség van infrastrukturális fejlesztésre, ami nagyban növeli a beruházási költségeket. Ezzel szemben a lágy intézkedések általában információközlésen alapulnak, amihez jelentősen kevesebb anyagi forrás is elegendő. Különböző megoldások bevezetésével a szakemberek igyekeznek megváltoztatni az utazók szokásait, azaz ösztönző vagy jutalmazási módszerekkel motiválni tudják őket arra, hogy alternatív közlekedési módokat válasszanak (Cats et al., 2017), ami elősegíti a káros kibocsátás csökkenését is (Szabó et al., 2024).

Az elmúlt években egyre több intelligens közlekedési rendszerhez (ITS) kapcsolódó megoldást láthatunk, amelyek kemény és lágy intézkedéseket is tartalmaznak, mint például a közlekedés (Lu & Tettamanti, 2021) és parkolás (Ortega et al., 2022) optimalizálását célzó kísérletek. A folyamatokat úgy optimalizálhatjuk, ha fejlett információs rendszereket vezetünk be, ami elősegíti a hatékony utazások megvalósítását. Ha az utazásokról megfelelő információ áll a rendelkezésünkre, akkor a mobilitási minták megfigyelhetők és az optimalizálás végrehajtható (Tettamanti et al., 2014). A tevékenységekhez kapcsolódó optimalizáció az egyének napi tevékenységi mintáit modellezi, ahol általában háztartásfelvételi adatokat használnak (Zhang et al., 2018). Az optimalizáció megvalósításához támogató rendszereket fejlesztenek, amik információt gyűjtenek a közösségi közlekedés menetrendjéből és különféle megosztott közlekedési szolgáltatásoktól (pl.: autómegosztás). A megoldáshoz szükséges ismerni a felhasználók utazási terveit, hogy meg lehessen szervezni a tevékenységek ütemezését a személyes preferenciák alapján (Heiling et al., 2018). Ezen információk segítségével lehetőség nyílik a mobilitási minták elemzésére és előrejelzésére, ami támogatja a hatékony menetrendtervezést, új díjszabási rendszerek bevezetését, illetve a közlekedés piaci lehetőségeinek kibővítését (Turon et al., 2022).

A közlekedés területén az integráció nagyon gyorsan fejlődik, többek között ennek köszönhető a mobilitás mint szolgáltatás (MaaS) megjelenése is. A MaaS egy új közlekedési koncepció, amely intelligens technológiákat alkalmazva integrálja, irányítja és elosztja az egyéni és közösségi közlekedési alternatívákat, illetve külön felajánlott szolgáltatásokat kínál egyetlen felületen keresztül, mint például az útvonaltervezést, a foglalást, a jegykezelést, és a fizetést (Kamargianni &

Matyas, 2017). A MaaS koncepciónak megfelelő mobilitási csomagokat kellene biztosítani az utazóknak, de ennek kutatása és fejlesztése még korai fázisban van (Smith et al., 2018). Kevés kutatás foglalkozik azzal, hogy ezeket a csomagokat hogyan kellene összeállítani, milyen helyi tényezőket kellene figyelembe venni, és mennyire hatékonyak a MaaS előfizetések (Hörcher & Graham, 2020). Amikor megtervezünk egy mobilitási csomagot, nagyon fontos meghatározni, hogy milyen közlekedési módok kerüljenek bele, milyen mértékben ajánlja a csomag az egyes módokat, és mely körülmények befolyásolhatják a csomag felépítését. Ha megfelelő mobilitási csomagokat ajánlunk, akkor az utazók utazási szokásait meg tudjuk változtatni és fenntarthatóbbá tudjuk tenni.

Városi mobilitási tervek bevezetése során is sok esetben lágy intézkedéseket alkalmaznak, amik olyan keresletet befolyásoló stratégiákon alapulnak, amelyek várhatóan csökkentik a magán autóhasználatot (Myrovali et al., 2020). Az ilyen intézkedések befolyásolhatják az utazók döntését és fenntarthatóbb utazási szokások kialakulásához vezethetnek (Ogunkunkbi & Mészáros, 2023). A fenntartható közlekedési módok népszerűsítése enyhíti a közlekedés környezetre gyakorolt káros hatását és közvetlen pozitív hatást gyakorol a lakosságra is (Morris & Guerra, 2015). Éppen ezért a fenntartható módváltást segítő megoldásokat tovább kell vizsgálni, azaz személyre szabott útvonaltervező alkalmazásokat és befolyásoló módszereket kell használni, hogy az ingázók körében népszerűsítsék a fenntartható közlekedési módváltást (Földes & Csiszár, 2015).

Ebben a kutatásban célként tűztem ki a felhasználók utazásainak optimalizálását személyre szabott paraméterek alapján és a fenntartható módváltás támogatását a városi utazások során. Ezen célkitűzések segítik az utazási idő csökkenését és egy magasabb szintű utazási élmény elérését, valamint az aktív közlekedési módok növekvő használatát. A különböző közlekedési alternatívák kombinálása növeli a hagyományos és megosztott közlekedési módok vonzerejét, ami hosszútávon hozzájárul az autóhasználat csökkenéséhez és pozitívan befolyásolja a utazási szokásokat.

A kutatás első részében (1. Tézis) azzal foglalkozom, hogy hogyan lehet támogatni az ingázók viselkedésének megváltozását a fenntartható módváltás népszerűsítésével. A célok eléréséhez egy személyre szabott útvonaltervező módszert fejlesztettem ki, ahol lágy intézkedéseket alkalmazok arra, hogy befolyásoljam az egyéni utazási szokásokat. Kiemelkedő eredményt jelent az új megközelítés alkalmazása a városi utazástervező rendszerek körében, hiszen a paraméterezése a különböző használati szokásoknak megfelelően alakítható.

A kutatás második részének célja (2. Tézis) egy innovatív megoldás bevezetése városi környezetben, ami a felhasználók utazásait optimalizálja a teljes utazási idő csökkentésével. A cél eléréséhez formalizáltam, kibővítettem és alkalmaztam egy olyan módszert, ami megoldást nyújt a tevékenységi láncok optimalizálására. Az optimalizálási folyamatban több közlekedési módot, különösen a megosztott és elektromos alternatívákat, veszek figyelembe és hasonlítok össze.

A kutatás következő részében (3. Tézis) kombinált közlekedési módokat vizsgállok a MaaS keretrendszerben, ami elősegíti a fenntartható alternatívák választását. Ehhez egy olyan módszert dolgoztam ki, ami csomagszinteket rendel az utazókhöz és többféle közlekedési módot is magában foglal. A cél eléréséhez olyan mobilitási csomagokat állítottam össze az utazók számára, ahol mind a személyes, mind a helyszínspecifikus tényezőket figyelembe veszem.

Végül a kutatás utolsó szakaszában (4. Tézis) egy olyan fejlett módszertant mutatok be pilot területeken, ami okos mobilitási megoldásokat vizsgál. Ezáltal egy olyan módszert vezetek be, ami kiválasztja és rangsorolja a legmegfelelőbb intézkedéseket egy adott helyszínen, egy adott intézmény számára, egy munkahelyi mobilitási terv keretében. Az intézkedések támogatják az utazáshoz kapcsolódó utazási szokások megváltozását és népszerűsítik az aktív közlekedési módokat.

## 2 Új tudományos eredmények

### 2.1 1. Tézis: A fenntartható városi utazástervezés támogatása

Kidolgoztam egy új módszert, ami támogatja a fenntartható közlekedési módváltást az utazástervezés során. Ezen cél elérése érdekében kifejlesztettem egy keretrendszert, ami technikai szempontok alapján meglévő utazástervező alkalmazásokat értékeli ki és hasonlít össze. Továbbá kifejlesztettem egy alkalmazást, amiben látgy intézkedésként olyan stratégiák vannak beágyazva, amik befolyásolni tudják az egyéni utazási szokásokat. A kidolgozott hasznossági függvény négy jellemzőt foglal magában, amik tükrözik a felhasználók preferenciáit, és négy közlekedési módot kínál választási lehetőségként. Végül egy stratégiai utazástervező alkalmazást vezettem be, valós környezetben demonstrálva felhasználókkal, amit intézmények is használhatnak a munkavállalók mobilitási mintáinak vizsgálatára. Hipotetikus módváltási scénáriók segítségével alternatív stratégiák hatásait vizsgáltam az értékelési rendszerrel.

#### 1.1 Tézis: Utazástervező alkalmazás fejlesztése technikai szempontok alapján

Egy olyan keretrendszert fejlesztettem ki, aminek célja, hogy utazástervező alkalmazásokat értékeljen ki és hasonlítson össze, ezzel elősegítve további alkalmazások fejlesztését a jövőben. A **technikai szempontok keretrendszere** a következő kategóriákat foglalja magában: utazástervezés, helyfoglalás, díjfizetés, jegykezelés és kiegészítő szolgáltatások. A meghatározott szempontok és alszempontok, amelyek független kritériumok, lehetővé teszik az alkalmazások három fázisban történő kiértékelését az analitikus hierarchia folyamat (AHP) módszer alkalmazásával. Az első fázisban egy **multikritériumos elemzéssel** az utazástervező alkalmazások értékelése történik meg (pontosítás), míg a második fázisban a **szempontok relatív fontosságát súlyoztam** (súlyozás). A harmadik fázis a **megoldások rangsorolásán** alapul, amely a szempontok súlyszámait veszi figyelembe. Az eredmények alapján a megoldások átlagosan mindössze a maximum érték 44%-át érik el. A szempontok relatív fontosságát tekintve az alkalmazott módszertan számszerű eredményeket és értékelést ad, ami értékes irányelveket nyújt a későbbi fejlesztésekhez és megvalósításokhoz.

Az utazástervező alkalmazások (j) értékelése a szempontok (i) figyelembe vételével történik, ahol a kiértékelési mátrix elemeit  $k_{ij}$  jelöli. Ezen elemek értékészlete 0 vagy 1, attól függően, hogy adott funkció elérhető-e az alkalmazásban. A szempontok pontszámát összesítve az utazástervező alkalmazásokhoz egy **általános kiértékelési számot** ( $g_j$ ) kalkuláltam az 1. Egyenlet alapján.

$$g_j = \sum_{i=1}^I k_{ij} \quad (1)$$

Az utazástervező alkalmazás kvantitatív megjelenítéséhez egy **súlyozott kiértékelési számot** ( $q_j$ ) kalkuláltam, ahol a kiértékelés elemeit ( $k_{ij}$ ) megszoroztam a hozzájuk tartozó globális súlyszámokkal ( $w_{Gij}$ ), ahogyan a 2. Egyenlet is mutatja.

$$q_j = \sum_{i=1}^I k_{ij} \cdot w_{Gij} \quad (2)$$

Vonatkozó publikációk

Belossarov, A., Aba, A., & Esztergár-Kiss, D. (2023). Using the analytical hierarchy process method to evaluate Mobility as a Service (MaaS) applications. *Journal of Urban Technology*, 30(4). <https://doi.org/10.1080/10630732.2023.2253421>, **SJR: D1**

Ismael, K., Esztergár-Kiss, D., & Duleba, S. (2023). Evaluating the quality of the public transport service during the COVID-19 pandemic from the perception of two user groups. *European Transport Research Review*, 15, 5. <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00578-1>, **SJR: D1**

Esztergár-Kiss, D. (2019). Framework of aspects for the evaluation of multimodal journey planners. *Sustainability*, 11(8), 4960. <https://doi.org/10.3390/su11184960>, **SJR: Q2**

1.2 Tézis: A fenntartható közlekedési módválasztás elősegítése ösztönző stratégiákkal

Egy személyre szabott útvonaltervező alkalmazást fejlesztettem ki, ahol lány intézkedéseket használtam az utazási szokások befolyásolására. A cél elérése érdekében egy **hasznossági függvényt** hoztam létre, ami négy szempontot foglal magában (utazási idő, útiköltség, környezeti hatás és egészségügyi hatás) a **felhasználók preferenciáinak leképezésére**, illetve alternatívaként **négy közlekedési módot** (gyaloglás, kerékpározás, közösségi közlekedés és autó) jelenít meg. Az alkalmazás segít az utazónak kiválasztani a legjobb közlekedési módot a saját preferenciáik alapján. A kutatás során statisztikai módszereket használtam, hogy meghatározzam a legfontosabb tényezőket, amelyek hatással vannak a közlekedési módválasztásra és az utazási jellemzőkre. Az elemzéshez kétféle adatot használtam: információt a felhasználókról, mint az életkor, a nem, és az utazáshoz kapcsolódó preferenciák, valamint információt a tervezett utazásról, mint a módválasztás, a visszajelzés és az elfogadás. A pilot eredményeinek köszönhetően bemutatásra kerültek az ösztönző stratégiák hatásai, mint például az ajánlások és a személyre szabás.

A javasolt hasznossági függvény egy **lineáris költségfüggvény**, amely a következő négy szempontot veszi figyelembe a közlekedési módválasztás során: utazási idő (travel time - TT), útiköltség (travel cost - TC), környezeti hatás (environmental effect - EE) és egészségügyi hatás (health effect - HE). Az útvonaltervezés során a felhasználók számszerűen határozhatják meg a saját preferenciáikat az utazási szokásaik alapján. A négy szemponthoz **súlyozott paramétereket** ( $w$ ) rendelhetnek, melyek 0-tól (nem preferált) 5-ig (maximálisan preferált) terjednek. Az útvonaltervezés a négy közlekedési módot tekintve a Google API-n alapul, ahol a költségek ( $C$ ) kiszámítása az útvonaltervező alkalmazás által generált útvonal alapján történik. A skálázási faktor ( $s$ ) normalizálja a hasznossági függvény szempontjait. A hasznosságot ( $u$ ) minimalizálom, ami az utazáshoz kapcsolódó tényezőket matematikailag egy lineáris függvényként reprezentáltja az egyes közlekedési módokhoz ( $m$ ) kapcsolódva, amit a 3. Egyenlet mutat meg.

$$u_m = -w^{TT} \cdot s^{TT} \cdot C_m^{TT} - w^{TC} \cdot s^{TC} \cdot C_m^{TC} - w^{EE} \cdot s^{EE} \cdot C_m^{EE} + w^{HE} \cdot s^{HE} \cdot C_m^{HE} \quad (3)$$

A kifejlesztett modell összehasonlítja az összes választási lehetőséget az útvonaltervező alkalmazás eredményei alapján és azt a közlekedési módot ajánlja a felhasználónak, ami a legalacsonyabb hasznossági értékkel bír (ahol az alacsonyabb érték jelenti a jobb eredményt).

Vonatkozó publikációk

Esztergár-Kiss, D., Shulha, Y., Aba, A., & Tettamanti, T. (2021). Promoting sustainable mode choice for commuting supported by persuasive strategies. *Sustainable Cities and Society*, 74, 103264. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103264>, **SJR: D1**

Al-Salih, W. Q., & Esztergár-Kiss, D. (2021). Linking mode choice with travel behavior by using logit model based on utility function. *Sustainability*, 13(8), 4332. <https://doi.org/10.3390/su13084332>, **SJR: Q2**

Duleba, Sz., Çelikkbilek, Y., Moslem, S., & Esztergár-Kiss, D. (2022). Application of grey analytic hierarchy process to estimate mode choice alternatives: A case study from Budapest. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 13, 100560. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100560>, **SJR: D1**

1.3 Tézis: A felhasználók preferenciáit figyelembe vevő stratégiai utazástervezés ingázáshoz

Egy **stratégiai utazástervező alkalmazást** mutatok be, amit intézmények arra használhatnak, hogy elemezzék a munkavállalók mobilitási mintáit. A hagyományos utazástervező alkalmazásokkal ellentétben a bemutatott alkalmazás egyszerre tervezi meg az általános utazásokat többféle közlekedési móddal (gyaloglás, kerékpározás, közösségi közlekedés és autó) és rangsorolja őket a hasznossági függvény alapján, ami az utazási időt, az útiköltségeket, a környezeti hatásokat és az egészségügyi előnyöket számszerűsíti. Az adatokat a munkavállalók (pl.: ingázás havi költsége) és az intézmény (pl.: összes ingázási költség) szintjén is lehet aggregálni. A stratégiai utazástervező alkalmazás ki tudja értékelni az **intézmények ingázási mintáit és preferenciáit** egy részletes felmérés és a munkavállalók lakóhelye alapján. Hipotetikus módválasztási scenáriókat készítettem és hasonlítottam össze, így vizsgáltam az alternatív stratégiák hatásait az értékekre. Az eredmények meglehetősen nagy eltérést mutatnak a munkavállalók által gyakran használt mód (közösségi közlekedés) és a preferenciák alapján leginkább megfelelő mód (kerékpározás) között. Ez azt jelenti, hogy az intézményeknek nagyobb hangsúlyt kellene fektetniük a kerékpározás népszerűsítésére amikor megvalósítják a közlekedési stratégiájukat.

Vonatkozó publikációk

Varga, B., Ormándi, T., Tettamanti, T., Aba, A., & Esztergár-Kiss, D. (2025). Strategic trip planning for commuting considering user preferences of employees in organizations. *Cities*, 165, 106097. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.106097>, **SJR: D1**

Esztergár-Kiss, D., Rózsa, Z., & Tettamanti, T. (2020). An activity chain optimization method with comparison of test cases for different transportation modes. *Transportmetrica A*, 16(2), 293-315. <https://doi.org/10.1080/23249935.2019.1692958>, **SJR: Q1**

Esztergár-Kiss, D., Rózsa, Z., & Tettamanti, T. (2018). Extensions of the activity chain optimization method. *Journal of Urban Technology, Taylor and Francis*, 25(2), 125-142. <https://doi.org/10.1080/10630732.2017.1407998>, **SJR: Q1**

## 2.2 2. Tézis: Tevékenységi láncok optimalizálása különböző környezetben

Egy új módszert fejlesztettem ki, amely támogatja a tevékenységi láncok optimalizálását különböző bővítményekkel, különös tekintettel az elektromos járművekre és a turisztikai tevékenységekre. Először formalizáltam a tevékenységi lánc optimalizáló módszert, ami magában foglalja a tevékenységek időbeni és térbeni flexibilitását, így segítve a tevékenységek helyszíneinek kiválasztását és az utazási idő csökkentését. Egy olyan egzakt algoritmust fejlesztettem ki, ami hatékonyan oldja meg a problémát gyakorlati esetekben, és több száz helyszínt kezelve optimális utazásokat ajánl minimális utazással és várakozással töltött idővel. Továbbá az időfüggő tevékenységek ütemezését vizsgálva megoldást találtam a napi tevékenységi láncok optimalizálásához kapcsolódó problémákra elektromos járművek használatával. Ezen kívül tevékenységi láncokat optimalizáltam speciális jellemzőkkel, amik hatással vannak a turisták döntéseire és a kiválasztott tevékenységeik ütemezésére.

## 2.1 Tézis: Gyakorlati algoritmusok fejlesztése tevékenységi láncok optimalizálására

Kidolgoztam egy megoldást a tevékenységi láncok optimalizálási problémáira, ahol a cél egy olyan útiterv elkészítése, amelynek a hasznossága minimális és minden egyes tevékenységhez egy helyszínt rendel miközben betartja az időbeli kereteket. A **módszer flexibilis**, azaz az utazók preferenciáinak megfelelően a tevékenységek helyszíne kicserélhető egy másik ugyanolyan funkcióval rendelkező tevékenységre. A probléma úgy is leírható, mint adott indulási időkhöz ( $t_i$ ) és érkezési időkhöz ( $t_j^a$ ) tartozó helyszínek közötti utazási idők ( $T_{ij}$ ). Mindeközben egy fajta tevékenységei helyszínt egy adott időkereten belül ( $w_j'$  és  $w_j''$ ) látogat meg, ahol  $w_j'$  a  $j$  tevékenységi helyszín nyitási ideje és  $w_j''$  a  $j$  tevékenységi helyszín zárási ideje. A kívánt időintervallumokat minden egyes tevékenységtípushoz megadva a módszer **megadja a legkedvezőbb útitervet**, ami minden szükséges tevékenységet magában foglal, minden tevékenységet egyszer látogat meg, és visszatér a kezdő helyszínre a megadott határidőn belül, ahogyan azt a 4. Egyenlet mutatja.

$$\begin{aligned}
 t_0 & \text{ is given} \\
 t_j^a & = t_i + T_{ij} \\
 t_j & = \begin{cases} w_j' & \text{if } t_j^a < w_j' \\ t_j^a & \text{if } w_j' \leq t_j^a \leq w_j'' \\ \infty & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)
 \end{aligned}$$

Egy **egzakt algoritmust** fejlesztettem ki, ami hatékonyan oldja meg a problémát gyakorlati esetekben maximum 10 tevékenységig, illetve optimális útitervet ad minimális utazási és várakozási időkkal. Egy heurisztikus algoritmust is bemutatok, ami összehasonlítás céljából szimulálja az emberi döntéseket. A kísérleti eredmények kihangsúlyozzák a kutatás gyakorlati jelentőségét, hiszen átlagosan 16% **utazási idő csökkenés** érhető el az alap esethez viszonyítva valós útvonaltervezési problémák megoldásával. Az algoritmus online alkalmazásokban is használható, ahol a valós és általános problémák mérete 5-9 tevékenység. Offline akár 10-15 tevékenységet magában foglaló problémát is megold több feldolgozási idővel. A tevékenységi láncok optimalizálásának gyakorlati megoldását végző algoritmus számítási és memória követelményei elég alacsonyak ahhoz, hogy beágyazott eszközökön (okostelefonokon és navigációs rendszerekben) is alkalmazható legyen.

Vonatkozó publikációk

Dingil, A. E., & Esztergár-Kiss, D. (2023). An activity-based travel personalization tool driven by the genetic algorithm. *Journal of Advanced Transportation*, 2023, 6678628. <https://doi.org/10.1155/2023/6678628>, **SJR: Q2**

Al-Salih, W. Q., & Esztergár-Kiss, D. (2022). Activity chains modelling of travellers by using logit models based on the utility function. *Sustainability*, 14(5), 3025. <https://doi.org/10.3390/su14053025>, **SJR: Q2**

Esztergár-Kiss, D., & Remeli, V. (2021). Toward practical algorithms for activity chain optimization. *Transportation Letters*, 13(1), 64-76. <https://doi.org/10.1080/19427867.2019.1702250>, **SJR: Q2**

2.2 Tézis: Heurisztikus időfüggő ütemezési probléma elektromos járművekkel

Egy heurisztikus módszert fejlesztettem ki, ami megoldást nyújt a tevékenységi lánc optimalizációs problémára **elektromos járművek használatával**. A módszer genetikus algoritmust használ, ami figyelembe veszi az utazók preferenciáit a kezdeti tevékenységi láncokhoz kapcsolódóan, valamint a közlekedési hálózat és a városi környezet jellemzőit. Az algoritmus célja, hogy kiszámolja az egyes utazók **optimális tevékenységi láncait** egy napon belül az elérhető választási lehetőségek kombinációjából a flexibilitási preferenciáikat figyelembe véve. Speciális hangsúlyt helyeztem a genetikus algoritmus felgyorsítására, illetve az elektromos járművek speciális jellemzőinek beépítésére, mint például járműmodellek alapján a fogyasztásra, a töltőállomások helyszíneire és a töltők típusaira. A felesleges számításokat elkerülendő az **utazási idő távolság mátrix (TTD) újraszámolását** vezettem be. Amikor egy új helyszín kerül bevonásra, nem kell az egész mátrixot újra számolni, hanem csak egy kisebb részét, ahol új TTD értékek kiszámolása szükséges, amit kombinálok a már korábban kiszámított értékekkel (TTD'), ahogy azt az 5. Egyenlet mutatja. Az eredményekből kitűnik, hogy a módszer megfelelően tud az utazóknak segíteni a tevékenységi láncok megtervezésében, illetve az algoritmus eszközként funkcionálhat a közlekedési hálózatok elemzésére, így támogatva hasznos stratégiai javaslatok megfogalmazását.

$$TTD_{i,j} = TTD'_{i,j} \forall (i,j): i \neq k \text{ and } j \neq k \quad (5)$$

Vonatkozó publikációk

Rizopoulos, D., & Esztergár-Kiss, D. (2024). A modal share scenario evaluation framework including electric vehicles. *Research in Transportation Business & Management*, 56, 101201. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2024.101201>, **SJR: D1**

Rizopoulos, D., & Esztergár-Kiss, D. (2023). Heuristic time-dependent personal scheduling problem with electric vehicles. *Transportation*, 50, 2009-2048. <https://doi.org/10.1007/s11116-022-10300-0>, **SJR: D1**

Rizopoulos, D., & Esztergár-Kiss, D. (2020). A method for the optimization of daily activity chains including electric vehicles. *Energies*, 13(4), 1-21. <https://doi.org/10.3390/en13040906>, **SJR: Q2**

### 2.3 Tézis: Ütemezési és tevékenységi döntések támogatása az utazók preferenciái alapján

A személyre szabott turizmus irányába történő váltással a személyes preferenciáknak nagyobb hangsúlyt kell kapniuk valós és gyakorlati jellemzők alapján. Egy új módszert dolgoztam ki, ami optimalizálja a tevékenységi láncokat a következő **speciális jellemzőkkel**: utazási idő (TT), útiköltség (TC), magán szféra (PR), időjárás (WE), értékelés (RA), elérhetőség (AC), biztonság (SE), biztonságérzet (SA), környezeti hatás (EE) és egészségügyi hatás (HE). Ezek a jellemzők hatást (W) gyakorolnak a turisták döntéseire és a választott tevékenységeik ütemezésére. A kutatás az utazó ügynök problémán alapszik, ahol egy olyan módszer került kidolgozásra, ami tevékenység-alapú modellezést és genetikus algoritmust használ. Az alkalmazott jellemzők nemcsak a **turisták preferenciáit** mutatják be, hanem a kidolgozott módszer kezeli a flexibilis tevékenységeket is az időkereteket betartva. A hasznossági függvény ( $u$ ) a felhasználók azon költségeire utal, amelyek egy közlekedési szolgáltatás igénybevételéhez szükségesek. Az utazási idő és az útiköltség jellemzők negatív hatást gyakorolnak a tevékenységi lánc ütemezésére. A hasznossági függvény célja tehát, hogy minimalizálja az utazási időt és az útiköltséget, ahogyan azt a 6. Egyenlet mutatja. Másrészt a többi jellemzőt maximalizálni kell a 7. Egyenlet alapján. A tevékenységi láncok optimális ütemezését a **hasznossági függvényben** a relatív súlyok (W) hozzárendelésével lehet megvalósítani, amelyek az egyes jellemzőkhöz kapcsolódnak.

$$u_{ij_{min}}^0 = TT_{ij} \cdot W_{TT} + TC_{ij} \cdot W_{TC} \quad (6)$$

$$u_{ij_{max}}^0 = SE_j \cdot W_{SE} + SA_j \cdot W_{SA} + PR_{ij} \cdot W_{PR} + WE_{ij} \cdot W_{WE} + RA_j \cdot W_{RA} + AC_j \cdot W_{AC} + EE_{ij} \cdot W_{EE} + HE_{ij} \cdot W_{HE} \quad (7)$$

Az algoritmus teljesítményének kiértékeléséhez négy scenáriót mutatok be a flexibilitás mértéke, és a turisták egyéni járművek, illetve közösségi közlekedés iránti preferenciái alapján. A szimulációkat Matlab használatával végeztem el realisztikus turisztikai tevékenységek alapján Budapesten. Az eredmények alapján ha magas prioritást kap a biztonság, akkor az algoritmus olyan tevékenységeket választ, amelyek nagyon biztonságos területeken találhatóak, míg az **utazási idő jelentősen csökkenthető**, amikor ez a jellemző kap magas prioritást. A bemutatott megközelítés hasznos az utazók számára, hiszen a komplex és valódi ütemezési problémáikra nyújt megoldást.

#### Vonatkozó publikációk

Mahdi, A., & Esztergár-Kiss, D. (2024). Analysis of the factors affecting the time spent on leisure activities by using an ordered logit model. *Transportation Letters*, 16(9). <https://doi.org/10.1080/19427867.2023.2266189>, **SJR: Q2**

Mahdi, A., & Esztergár-Kiss, D. (2023). Supporting scheduling decisions by using genetic algorithm based on tourists' preference. *Applied Soft Computing*, 148, 110857. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110857>, **SJR: Q1**

Mahdi, A., & Esztergár-Kiss, D. (2024) Prioritizing influential factors on tourist decision-making for choosing destinations using Parsimonious Analytical Hierarchy Process (PAHP). *Tourism Planning & Development*, 21(3), 330-353. <https://doi.org/10.1080/21568316.2023.2276222>, **SJR: Q1**

## 2.3 3. Tézis: Közlekedési megoldások fejlesztése a MaaS rendszerben

**Okos közlekedési megoldásokat vizsgáltam a MaaS keretrendszerben. A fejlesztési folyamat támogatására egy olyan módszert dolgoztam ki, ami mobilitási csomagszinteket rendel városokhoz, különböző közlekedési módokat és számos speciális városi szempontot figyelembe véve. Továbbá látens osztályok klaszterezését használtam az utazók szegmentálására és strukturális egyenlet modellezést alkalmaztam az azonosított utazói csoportok különbözőségének vizsgálatára. A technológia elfogadásának és használatának egyesített elméletét kibővítettem, így elemezni tudtam a MaaS megoldások használati szándékának különbségeit. Végül a MaaS csomagok elfogadását vizsgáltam egy két részes feltárt preferencia felmérés használatával, ahol mixed logit modellt alkalmaztam a résztvevők választási viselkedésének feltárására.**

3.1 Tézis: Mobilitási csomagok létrehozása a MaaS koncepció alapján

Mobilitási csomagokat hoztam létre a felhasználóknak a MaaS keretrendszerben, ami több közlekedési szolgáltatást kombinál és integrálja a multimodális útvonaltervezést, a helyfoglalást, a díjfizetést és a jegykezelést. Kifejlesztettem egy olyan módszert, ami **csomagszinteket rendel a városokhoz** különböző közlekedési módokkal, mint a közösségi közlekedés, a kerékpármegosztás, az autómegosztás és a taxi. A módszer minden közlekedési módhoz egy csomagszintet választ különböző jellemzők alapján, ahol a jellemzők speciális szempontok kombinációi.

A mobilitási csomagok létrehozásához csomagszinteket határoztam meg és ajánlott csomagokat alakítottam ki a módszer javaslatai szerint. A csomagok kialakításakor többféle **városspecifikus szempontot** is figyelembe vettem (pl.: demográfia, megélhetési költségek, modal split, időjárési körülmények, környezetbarát hozzáállás), és ezeket a szempontokat jellemzők szerint csoportosítottam a közlekedési módokat figyelembe véve. Az elemzés során 15 európai várost vizsgáltam és a speciális jellemzőik alapján a **legmegfelelőbb mobilitási csomagokat hoztam létre** számukra. Általában véve a közösségi közlekedés minden városban magas csomagszintet ért el, ami egyértelműen mutatja, hogy a MaaS szolgáltatások ezen a közlekedési módon alapulnak. A kerékpármegosztás és autómegosztás alacsonyabb csomagszinteket kapott, ami azt jelenti, hogy a lakosság körében nagyobb hangsúlyt kell fektetni a környezettudatos közlekedésre.

Vonatkozó publikációk

Kriswardhana, W., & Esztergár-Kiss, D. (2023). A systematic literature review of Mobility as a Service: Examining the socio-technical factors in MaaS adoption and bundling packages. *Travel Behaviour and Society*, 31, 232-243. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2022.12.007>, **SJR: D1**

Esztergár-Kiss, D., & Kerényi, T. (2020). Creation of mobility packages based on the MaaS concept. *Travel Behaviour and Society*, 21, 307-317. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2019.05.007>, **SJR: Q1**

Esztergár-Kiss, D., & Kerényi, T. (2022). *Defining mobility packages by using city specific parameters and user groups: a case study*. Transportation Research Procedia, 24th Euro Working Group on Transportation Meeting, Aveiro, Portugal, 08.09.2021-10.9.2021, 62, 467-474. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.02.058>

### 3.2 Tézis: MaaS csomagok létrehozása különböző felhasználói csoportok alapján

A MaaS csomagok népszerűsítésének elsődleges célja, hogy a közösségi közlekedés használatát támogassa és a fenntartható utazási szokások kialakítására ösztönözze az utazókat. A MaaS csomagok elfogadását vizsgáltam egy **két részes feltárt preferencia felmérés** segítségével, ahol a résztvevők megjelölhették a preferenciáikat általános, illetve személyre szabott csomagok esetében. A cél elérése érdekében **mixed logit modellt** használtam a résztvevők választási szokásainak feltárására, ahol minden választási lépésben (t) minden egyén (n) megvizsgálja a választási lehetőségeket (I) és a legnagyobb hasznossággal rendelkező alternatívát választja. A hasznosság determinisztikus tényezőjét (V) a megfigyelhető faktorok (X, Z) lineáris függvényeként definiáltam a ( $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\theta$ ) paraméterekkel, amiket a 8. Egyenlet alapján számoltam ki. Megismételt választásokon keresztül annak a valószínűsége, hogy egy személy (n) egy alternatívát (i) választ, kiszámolható a valószínűség integráljával a  $\beta$  paraméter  $\varphi$  eloszlásán keresztül, ahogyan azt a 9. Egyenlet mutatja.

$$U_{nit} = ASC_i + \beta_i \cdot X_{nit} + \gamma_i \cdot Z_n + \theta_i \cdot X_{nit} \cdot Z_n + \varepsilon_{nit} \quad (8)$$

$$P_{ni} = \int \frac{e^{V_{ni}(\beta)}}{\sum_i e^{V_{ni}(\beta)}} f(\beta|\varphi) d\beta \quad (9)$$

Az eredmények alapján, annak az esélye, hogy a résztvevők a **közösségi közlekedési és mikromobilitási csomagot választják** magasabb, mint hogy az általános csomagot, ami azt jelenti, hogy a résztvevők körében ez a csomag nagyobb népszerűségnek örvend, mint az általános csomag. Ha a csomagok kerékpármegosztást is tartalmaznak az pozitív hatást gyakorol a MaaS csomagok elfogadására. Hasonlóképpen az edzőterem tagsági kedvezmény és az online vásárlási kuponok ajánlása is befolyásolja az utazók hajlandóságát arra, hogy MaaS csomagokat vegyenek.

Az eredmények azt mutatják, hogy a **MaaS elfogadása iránti érdeklődés emelkedik**, ha a csomagok személyre szabottabbak. Szinte az összes közlekedési mód beépítése a csomagba pozitívan hat a MaaS elfogadására, kivételt képez ez alól az elektromos rollermegosztás az általános csomag esetében. A költség együtthatók is azt mutatják, hogy a résztvevők körében nagyobb a hajlandóság a személyre szabott csomagok megvásárlására. Továbbá a magasabb költségkerettel rendelkező fiatalok azokat a csomagokat preferálják, amelyekben megosztott közlekedési módok is vannak. A kidolgozott módszer értékes a közlekedési szolgáltatók számára, hiszen megmutatja a különböző utazók igényeinek fontosságát, ami segíti a mobilitási csomagok létrehozását.

#### Vonatkozó publikációk

Kriswardhana, W., & Esztergár-Kiss, D. (2024). Heterogeneity in transport mode choice of college students at a university based on the MaaS concept. *Travel Behaviour and Society*, 36, 100801. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2024.100801>, **SJR: D1**

Kriswardhana, W., & Esztergár-Kiss, D. (2025a). Examining university students' preferences toward MaaS aspects. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 30, 101348. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2025.101348>, **SJR: D1**

Kriswardhana, W., & Esztergár-Kiss, D. (2025b). The role of intermodality and environmental consciousness in the preferences for MaaS bundles. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 191, 104332. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2024.104332>, **SJR: D1**

### 3.3 Tézis: Potenciális MaaS felhasználók szegmentálása klaszterezési modellek kombinálásával

Kifejlesztettem egy módszert, ami **látens osztályok klaszterezését használja** az utazók szegmentálására, és **strukturális egyenlet modellezést** alkalmaztam az utazói csoportok különbözőségének vizsgálatára. A technológia elfogadásának és használatának egyesített elméletét kiterjesztve, különösen a hozzáállás tényezőit tekintve, az utazók MaaS megoldások használatához kapcsolódó elfogadásának különbözőségeit vizsgáltam. A modell figyelembe veszi több közlekedési mód használatának gyakoriságát, ahol a kovariánsok ( $z$ ) segítenek a különböző csoportok ( $k$ ) jellemzésében, beleértve a szociális és demográfiai változókat. A modellezési keretrendszerben az egyének ( $i$ ) válaszait ( $y$ ) az indikátorokhoz ( $t$ ) kapcsolódóan a 10. Egyenlet mutatja meg.

$$P(y_i|z_i^{cov}) = \sum_{k=1}^K P(k|z_i^{cov}) \prod_{t=1}^T P(y_{it}|k) \quad (10)$$

A **konceptcionális modellezési keretrendszer** két lépésből áll. Az első lépésben a modell indikátora a különböző közlekedési módok használatának gyakorisága. A második lépésben a kutatási feltevéseket vizsgáltam meg és az ajánlott modelleket értékeltem ki, ahol a klaszterezési megoldást használtam, hogy bemutassam a MaaS irányában megjelenő különböző hozzáállásokat. A modellezés két részből áll: a mérési keretrendszerből és a strukturális modelltől. Ez a keretrendszer értelmezi a látens változók kapcsolódását a megfigyelt jellemzőkhöz, míg a modell bemutatja a látens változók kapcsolódását a többi megfigyelt változóhoz.

Az eredmények azt mutatják, hogy azok az utazók, akik gyakran használják a közösségi közlekedést és a megosztott közlekedési szolgáltatást pozitív hozzáállást mutatnak a környezeti problémák iránt és jobban érdeklődnek a MaaS használat iránt. Az autóhasználók csoportja elsősorban magas jövedelemmel rendelkező munkavállalókból áll, akik kevésbé érdeklődnek a MaaS és a zöld életmód iránt. A **közlekedési módváltás különbözőségeiről** szerzett tapasztalatok hasznosak a MaaS csomagok kialakítása során a közlekedési szolgáltatók számára. Az eredmények hozzájárulnak azon viselkedési tényezők feltárásához, amelyek befolyásolják az utazók hajlandóságát a MaaS elfogadására, így segítve a megfelelő értékesítési stratégiák kiválasztását.

#### Vonatkozó publikációk

Kriswardhana, W., & Esztergár-Kiss, D. (2023). Exploring the aspects of MaaS adoption based on college students' preferences. *Transport Policy*, 136, 113-125. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.03.018>, **SJR: D1**

Kriswardhana, W., & Esztergár-Kiss, D. (2024). Segmenting the potential users of MaaS by combining latent class cluster analysis and structural equation modeling. *Sustainable Cities and Society*, 114, 105764. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105764>, **SJR: D1**

Kriswardhana, W., & Esztergár-Kiss, D. (2024). University students' adoption of mobility as a service with respect to user preferences and group differences. *Journal of Public Transportation*, 26, 100079. <https://doi.org/10.1016/j.jpuptr.2023.100079>, **SJR: D1**

## 2.4 4. Tézis: Mobilitási tervek és pilotok kidolgozásának fejlesztése

Fenntartható közlekedési módokkal foglalkozó módszertani fejlesztést hajtottam végre a közlekedéstervezés és pilot megvalósítás területén. A pilot fejlesztés folyamatához kapcsolódóan kidolgoztam egy MaaS felkészültségi indexet, ami technológiai, együttműködési és stratégiai szempontokat tartalmaz, és az analitikus hierarchia folyamat módszert használtam egy módosított interpretatív strukturális modellel. Sikeresen alkalmaztam az innovatív Scrum módszertant valós pilot fejlesztések megvalósítására közlekedési szolgáltatókkal technológiai, jogi és üzleti használati eseteken keresztül. Végül egy módszert dolgoztam ki, ami segít kiválasztani és rangsorolni a munkahelyi mobilitás tervek intézkedéseit munkavállalói kérdőívek, munkáltatói interjúk és helyszínbejárások alapján. A rangsorolás megvalósításához bevezettem egy fenntarthatósági indexet, ami tartalmazza a környezeti, a szociális és a pénzügyi tényezőket.

## 4.1 Tézis: MaaS felkészültségi index kidolgozása módosított módszerrel

Okos közlekedési megoldásokat vizsgáltam a MaaS rendszer perspektívájából, ahol **technológiai, üzleti és együttműködési szempontokat** vettem figyelembe. Ezek a szempontok meghatározzák a tulajdonságokat, illetve felmérésekkel további adat gyűjthetők a helyi szakértőktől. A tulajdonságok súlyozásához az AHP módszert használtam módosított interpretatív strukturális modellel, így egy „szakértőbarát” folyamatot alakítottam ki. A **MaaS felkészültségi index** egy mutató, ami meghatározza egy terület felkészültségét a MaaS megoldások bevezetésére és kiemeli a hiányzó részeket. A keretrendszer technológiai (pl.: útvonaltervezés, helyfoglalás, díjfizetés és jegykezelés), együttműködési (pl.: helyi körülmények, együttműködési lehetőségek, üzleti szabályozások és az adatok elérhetősége) és stratégiai indexekből (pl.: adminisztráció és tapasztalat) áll, ami tartalmazza a közlekedési lehetőségeket, az érdekelt felek igényeit, és a helyi környezetet.

A kidolgozott MaaS felkészültségi indexet közlekedéshez kapcsolódó pilot tevékenységekre próbáltam ki különböző régiókban, ezzel demonstrálva, hogy a kifejlesztett index egy megfelelő összehasonlító eszköz, ami az ex-ante és ex-post pilot tevékenységeket értékeli. A kifejlesztett módszertan **lényegesen kevesebb munkát igényel a kiértékelőktől**, míg az eredményekben nem mutatkozik jelentős különbség. A megoldás elősegíti az okos közlekedési pilotok kiértékelését, és jól használható a közlekedéshez kapcsolódó döntéshozatalban.

Vonatkozó publikációk

Aba, A., & Esztergár-Kiss, D. (2024). Creation of the MaaS readiness index with a modified AHP-ISM method. *Communications in Transportation Research*, 4, 100122. <https://doi.org/10.1016/j.commtr.2024.100122>, **SJR: D1**

Arnaoutaki, K., Bothos, E., Magoutas, B., Aba, A., Esztergár-Kiss, D., & Mentzas, G. (2021). A recommender system for Mobility-as-a-Service plans selection. *Sustainability*, 13(15), 8245. <https://doi.org/10.3390/su13158245>, **SJR: Q2**

Esztergár-Kiss, D., Kerényi, T., Mátrai, T., & Aba, A. (2020) Exploring the MaaS market with systematic analysis. *European Transport Research Review*, 12, 67. <https://doi.org/10.1186/s12544-020-00465-z>, **SJR: Q1**

### 4.2 Tézis: Kísérleti módszerek egy közlekedési pilot fejlesztés folyamatában

Kifejlesztettem egy felhasználó központú közlekedési rendszer bevezetési folyamatát, ahol a felhasználók igényeit egyetlen platformmal le lehet fedni miközben különböző közlekedési opciókból választhatnak. Az **innovatív Scrum módszertant** sikeresen alkalmaztam egy valós pilot fejlesztése során közlekedési szolgáltatókat bevonva az élő demonstrációba, lefedve a közösségi közlekedést, a kerékpármegosztást, az autómegosztást és a taxit. A módszertan minden szolgáltatóra vonatkozóan **technológiai, jogi és üzleti használati esetekből áll**. Minden iteráció úgy kezdődik, hogy listázásra kerülnek a lehetőségek és a korlátok a célok alapján. A technológiai, üzleti és jogi használati esetek fejlesztése több iterációban valósul meg, miközben ezek a folyamatok párhuzamosan futnak több szolgáltatóval, míg az implementáció, az alfa teszt és a célok ellenőrzése integrált folyamatok. Az utolsó iteráció végén, amikor a fejlesztett termék lehetőségei találkoznak a kritériumokkal, egy élő demonstráció kezdődik szabad hozzáféréssel a felhasználók számára.

A korai felhasználók jellemzése és a toborzás eredménye, különösen az elköteleződés tekintetében tapasztalt logaritmikusan csökkenő résztvevőszám, segítséget nyújt a megfelelő számú felhasználó becslésében a jövőbeni pilot tevékenységek során. Az **iterációs pilot fejlesztési folyamat** hasznos a közlekedési szolgáltatóknak és a kormányzati szervezetek innovatív közlekedési projekteket beindításában.

### Vonatkozó publikációk

Aba, A., & Esztergár-Kiss, D. (2024). A mobility pilot development process experimented through a MaaS pilot in Budapest. *Travel Behaviour and Society*, 37, 100846. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2024.100846>, **SJR: D1**

Aba, A., & Esztergár-Kiss, D. (2023). Electric micromobility from a policy-making perspective through European use cases. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 7469-7490. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03016-3>, **SJR: Q1**

Esztergár-Kiss, D., Mátrai, T., & Aba, A. (2021). *MaaS framework realization as a pilot demonstration in Budapest*. 7th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS), Crete, Greece, 16.07.2021-17.07.2021, <https://doi.org/10.1109/MT-ITS49943.2021.9529267>

### 4.3 Tézis: Fenntartható intézkedések kiválasztását segítő módszer fejlesztése munkahelyeknek

Egy olyan módszert alkottam, ami a helyi adottságok alapján egy fenntartható intézkedési listát ajánl munkahelyek számára. Az **intézkedések kiválasztását és rangsorolását** segítő egy speciális közlekedési kereslet menedzsment stratégiát alkalmaztam, és munkahelyi mobilitási terveket dolgoztam ki. Ezek a tervek egy intézkedéscsomagot tartalmaznak, amit egy intézmény alkalmazhat a fenntartható ingázást népszerűsítésére, mint például a parkolás menedzsment, az infrastrukturális fejlesztések, a megosztott szolgáltatások, a flexibilis munkarend, a pénzügyi ösztönzők, valamint az aktív közlekedési módok és az alternatív közlekedési szolgáltatások népszerűsítése. Továbbá olyan kategóriákat vezettem be, amelyek az intézkedések különböző szempontjait tartalmazzák, mint például a közlekedési mód, típus, stratégiai csoport, megközelítés,

pénzügyi igény és időkeret. Az intézkedések hatékony kiválasztásához **munkavállalói kérdőíveket, munkáltatói interjúkat, és helyszínbejárásokhoz** ellenőrző listákat dolgoztam ki.

A kiértékeléshez egy intézkedésekhez kapcsolódó fenntarthatósági indexet vezettem be, ami olyan kiértékelési jellemzőket tartalmaz, mint például a környezeti előnyök, a szociális jólét és a pénzügyi tényezők. A közlekedési felmérésekből és az intézkedések **fenntarthatósági indexeiből** származó bemeneti adatokat figyelembe véve a kiszámított hasznossági függvények alapján az intézkedéseket ki lehet választani és rangsorolni. Az intézkedések hasznossági értéke alapján meghatározható, hogy melyek a legmegfelelőbbek a vizsgált munkahely számára.

Az **intézkedés hasznossági értéke** (UVM) két részből áll, egyrészt a mobilitási kérdőívekből, másrészt az intézkedések fenntarthatósági indexei alapján a hasznossági értékek számításából. A mobilitási kérdőívek alapján bemutatható az egyes intézkedések hasznossága, ahol az egyes intézkedéseknek tartozó összes kérdőív tényező (F) szorzata és a munkáltatók preferencia súlyai ( $\alpha$ ) megadják a hasznossági értéket (UV1), amint az a 11. Egyenletben látható.

$$UV_{1k} = \left( \prod_{Q=1}^n F_{kQ} \right)_{SiteAudit} \cdot \left( \prod_{Q=1}^n F_{kQ} \right)_{Employer} \cdot \left( \prod_{Q=1}^n F_{kQ} \right)_{Employee} \cdot \alpha_1 \quad (11)$$

Az UV2 értéke meghatározható az intézkedések fenntarthatósági indexeinek hasznossági értékei alapján. A három fenntarthatósági szempont (környezeti, szociális, és gazdasági) hasznossági értékével és a preferencia értékekkel (ENV, SOC, ECON) ki lehet számolni az UV2 értékét a (k) intézkedéshez kapcsolódóan, ahogyan a 12. Egyenlet mutatja.

$$UV_{2k} = \left( UV_{2EMI_k} \cdot \alpha_{ENV} \right) \cdot \left( UV_{2CWB_k} \cdot \alpha_{SOC} \right) \cdot \left( UV_{2FIN_k} \cdot \alpha_{ECON} \right) \quad (12)$$

Az utolsó lépésben, az UVM került kiszámításra, ami az UV1-ből és UV2-ből áll. Az UVM-et az intézkedések rangsorolására használtam, aminek az értékei 0-tól 1-ig terjednek. A számolás része a két hasznossági érték összegének elosztása a maximális UV1 és UV2 értékekből számított értékkel, ahogy azt a 13. Egyenlet mutatja.

$$UVM_k = \frac{UV_{1k} + UV_{2k}}{Max(UV_1 + UV_2)} \quad (13)$$

### Vonatkozó publikációk

Esztergár-Kiss, D. (2023). Development process of workplace mobility planning in three pilot locations. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 67(2). <https://doi.org/10.3311/PPci.20485A>, **SJR: Q3**

Esztergár-Kiss, D., & Braga Zagabria, C. (2023). Developing a method to select and rank measures for commuters. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 21, 100899. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100899>, **SJR: D1**

Esztergár-Kiss, D., & Braga Zagabria, C. (2021). Method development for workplaces using mobility plans to select suitable and sustainable measures. *Research in Transportation Business & Management*, 40, 100544. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100544>, **SJR: D1**

### 3 Az eredmények felhasználása

---

A kutatás eredményei felhasználhatók a tudományos közösség számára, illetve gyakorlati megvalósítások során is. A kifejlesztett módszerek már szerepelnek a tanszék oktatási anyagaiban (pl.: a Smart City és az Intelligens közlekedési rendszerek kurzusokon).

A kutatás első részében egy web-alapú alkalmazást mutattam be, aminek célja, hogy ösztönző eszközöket használva népszerűsítse a fenntartható napi ingázást. A kutatás során azt vizsgáltam, hogy a budapesti utazóknak milyen mértékben áll szándékukban az utazási szokásaikat megváltoztatni, ahol a kifejlesztett alkalmazás javaslatokat tesz a legjobb közlekedési mód kiválasztására és lehetőséget ad a felhasználóknak arra, hogy visszajelzést küldjenek. Az alkalmazás legfőbb innovációja, hogy fel tudja mérni a felhasználók utazási preferenciáit és segít kiválasztani a legmegfelelőbb közlekedési módot (gyaloglás, kerékpározás, közösségi közlekedés, autó), így segítve hosszútávon az ingázás fenntarthatóbbá tételét. A hasznossági függvényt további elemekkel bővítettem ki, amelyek befolyásolják az ingázók közlekedési mintáit. Az elérhető preferenciáik beállítási lehetőségeinek kibővítésével a kifejlesztett eszköz segít megérteni az utazási szokásokat, illetve hatékonyabb stratégiák és fejlett módszerek bevezetését teszi lehetővé, ami motiválhatja az ingázókat arra, hogy fenntarthatóbb közlekedési módokat válasszanak. A gyakorlati alkalmazást tekintve a felhasználók visszajelzései alapján az alkalmazás innovatív eszközként segít az egyéni utazóknak a legjobb közlekedési mód kiválasztásában a napi utazási rutinok kialakítása során. Társadalmi szemszögből, ha megfelelően nagy számú utazó használja az alkalmazást, az utazástervezésből összegyűjtött statisztikai adatok hasznosak lehetnek a közlekedés stratégiai szintű tervezésében és a közlekedésszervezési folyamatokban, mint például a közösségi közlekedés menetrend vagy az autómegosztási szolgáltatások területén. A kifejlesztett módszer és alkalmazás 2021-ben elnyerte a Nemzeti Útdíjfizetési Szolgáltató (NÚSZ) és a Közlekedéstudományi Egyesület (KTE) által adományozott rangos Közlekedési Innovációs Díjat.

A közlekedéstudományban a tevékenységi láncok optimalizálási módszere egy fontos mérőszám, ami segít elmélyíteni a tudást a tevékenység alapú modellek és optimalizációs problémák keresztezésével. Az előoptimalizációs és gyorsító technikákkal a heurisztikus módszer az optimális megoldásokat determinisztikus időben tudja kiszámolni a keresési tér csökkent mérete miatt. Az optimalizációs algoritmus teljesítményét random generált teszteseteken keresztül értékeltem ki, ahol figyelembe vettem a közlekedési módokat és a flexibilis tevékenységek számát. A formalizált modell és szimuláció eredményei alapján validációs scenáriókat dolgoztam ki a háztartásfelvételi felmérésből kigyűjtött nagyszámú valódi utazási adatot felhasználva. Amikor a közlekedési elemzéseket végeztem egyéni szinten, az egyes felhasználók napi tevékenységi láncait vizsgáltam, így utazásaik alapján mobilitási mintákat lehet meghatározni. Egy nagyobb felhasználói csoport utazásainak értékelése és előre becslése hasznos lehet a közlekedési rendszereket üzemeltetők számára, hiszen így olyan menetrendeket tudnak összeállítani, amik az utazók valós utazási igényeinek felelnek meg. A mobilitási minták leírása és megértése segíti a közlekedési folyamatok pontos szimulációját egy városban, ami hasznos lehet a várostervezőknek és a döntéshozóknak is. Hosszútávon a módszer egy mikroszkopikus szimulációs eszköz alapjaként szolgálhat, ami a kereslet megállapítását segíti elő valós vagy szintetikus populációk alapján. A módszert az „Electric travelling - platform to support the implementation of electromobility in Smart Cities based on ICT applications” projektben alkalmaztam, ami 2018 és 2020 között futott az Electric Mobility Europe keretében, az ERA-NET Cofund támogatás részeként a Horizont 2020 programban.

A kutatás következő részében, MaaS szolgáltatásokat elemeztem és mobilitási csomagokat hoztam létre speciális paramétereket használva. Az utascsoportok különbözőségét is vizsgáltam a közlekedési módok használata és a viselkedési formáik alapján, amik segítik a meghatározott csoportok szintjén a MaaS megoldások elfogadásának elemzését. A módszert a közlekedési rendszereket üzemeltetők is alkalmazhatják, hogy támogassák az új szolgáltatások bevezetését, valamint a módszer betekintést biztosít az utazási szokások és a felhasználók elvárásainak különbözőségére a helyi önkormányzatok és a közlekedéstervezők számára. A módszer sokrétűen alkalmazható különböző városokban és helyszíneken, lehetővé téve a speciális helyi körülmények átfogó elemzését. Különös figyelmet kell szentelni azokra a területekre, ahol több közlekedési szolgáltatás is elérhető, így új üzleti modelleket hozhatnak létre az üzemeltetők, miközben a felhasználóknak is lehetőségük nyílik a legmegfelelőbb közlekedési módok kiválasztására. A még inkább megfelelő csomagok tervezéséhez további adatok begyűjtése, háztartásfelvételi felmérések, illetve az érdekelt felek interjúi szükségesek. A módszer bármely más helyszínen is használható, ahol a szükséges adatok elérhetőek. Így valósul meg a közvetlen alkalmazhatóság, mivel a közlekedési szolgáltatások üzemeltetői és a helyi döntéshozók felhasználhatják a gyűjtött adatokat és mobilitási csomagokat ajánlhatnak, amikor új közlekedési szolgáltatást akarnak bevezetni. Fejlett kérdőívtervezési módszereken és feltárt preferencia felméréseken keresztül meg lehet ismerni a mobilitási csomagok elfogadásának különbségeit az utazási jellemzők alapján. Az eredmények megjelentek a „MaaS4EU – End-to-end Approach for Mobility-as-a-Service tools, business models, enabling framework and evidence for European seamless mobility” projektben, ami 2017 és 2020 között futott és az Európai Unió Horizont 2020 kutatási és innovációs programjából kapott finanszírozást a 723176 számú megállapodás szerint. Továbbá a kutatást az EMMI BME Artificial Intelligence FIKP (BME FIKP-MI/SC) projektje támogatta 2018 és 2021 között, amelynek keretében megvalósult bemutatott módszerek és modellek kidolgozása és tesztelése.

A közlekedéstervezéssel foglalkozó kutatás egy olyan módszert mutatott be, ami segít a munkahelyeknek kiválasztani a megfelelő intézkedéseket. A módszer egy szabványos formátumot biztosít az adatok begyűjtésére, valamint a lehetséges intézkedések összegyűjtésével és matematikai képletek alkalmazásával segíti a döntéshozatali folyamatot is. Habár az ajánlott eszköz megfelelően támogatja a folyamatot, további egyeztetések, illetve a kiválasztott intézkedések finomhangolása szükséges egy valós kontextusban. A megvalósítás kifinomult megközelítést igényel, ahol több érdekelt felet és a helyi környezetet figyelembe kell venni. A módszer használhatósága több szinten is megmutatkozik. Egyrészt, amikor a legmegfelelőbb intézkedések kerülnek kiválasztásra, több nézőpontot is figyelembe vesz, mint például a munkáltató hajlandóságát, a munkavállalók igényeit, és a helyszín speciális tényezőit. Másrészt, a módszer az intézkedések rangsorolt listáját adja meg, amik közül a legmegfelelőbbek választhatók ki, így biztosítható a pilotok hatékony végrehajtása és támogatható a munkavállalók utazási szokásainak pozitív változása. Az index kifejlesztésének módszere közvetlenül alkalmazható különféle európai programokban. A módszer hatékonyabbá teszi a közösségi finanszírozás eloszlását, ami nemcsak célravezetőbb projekteket eredményez, de a kifejlesztett közlekedési megoldásokkal elégedettebbek lesznek a felhasználók is. A módszer alapjait a “MoveCit - Engaging employers from public bodies in establishing sustainable mobility and mobility planning” projekt keretében dolgoztam ki, melynek eredményeit három magyar pilot helyszínen alkalmaztam. A projekt 2016 és 2019 között futott az Interreg Közép Európa program támogatásával, amit az Európai Regionális Fejlesztési Alap finanszírozott, valamint az Európai Unió és a Magyar Állam társfinanszírozott. 2022-ben Budapest Főváros Főpolgármesteri Hivatala megbízást adott, hogy a városháza munkavállalóinak munkahelyi mobilitási tervét dolgoztuk ki.

## 4 Saját publikációk

---

Aba, A., & Esztergár-Kiss, D. (2023). Electric micromobility from a policy-making perspective through European use cases. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 7469-7490. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03016-3>, SJR: Q1

Aba, A., & Esztergár-Kiss, D. (2024a). A mobility pilot development process experimented through a MaaS pilot in Budapest. *Travel Behaviour and Society*, 37, 100846. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2024.100846>, SJR: D1

Aba, A., & Esztergár-Kiss, D. (2024b). Creation of the MaaS readiness index with a modified AHP-ISM method. *Communications in Transportation Research*, 4, 100122. <https://doi.org/10.1016/j.commtr.2024.100122>, SJR: D1

Al-Salih, W. Q., & Esztergár-Kiss, D. (2021). Linking mode choice with travel behavior by using logit model based on utility function. *Sustainability*, 13(8), 4332. <https://doi.org/10.3390/su13084332>, SJR: Q2

Al-Salih, W. Q., & Esztergár-Kiss, D. (2022). Activity chains modelling of travellers by using logit models based on the utility function. *Sustainability*, 14(5), 3025. <https://doi.org/10.3390/su14053025>, SJR: Q2

Arnaoutaki, K., Bothos, E., Magoutas, B., Aba, A., Esztergár-Kiss, D., & Mentzas, G. (2021). A recommender system for Mobility-as-a-Service plans selection. *Sustainability*, 13(15), 8245. <https://doi.org/10.3390/su13158245>, SJR: Q2

Belossarov, A., Aba, A., & Esztergár-Kiss, D. (2023). Using the analytical hierarchy process method to evaluate Mobility as a Service (MaaS) applications. *Journal of Urban Technology*, 30(4), 83-112. <https://doi.org/10.1080/10630732.2023.2253421>, SJR: D1

Dingil, A. E., & Esztergár-Kiss, D. (2023). An activity-based travel personalization tool driven by the genetic algorithm. *Journal of Advanced Transportation*, 2023, 6678628. <https://doi.org/10.1155/2023/6678628>, SJR: Q2

Duleba, Sz., Çelikbilek, Y., Moslem, S., & Esztergár-Kiss, D. (2022). Application of grey analytic hierarchy process to estimate mode choice alternatives: A case study from Budapest. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 13, 100560. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100560>, SJR: D1

Esztergár-Kiss, D. (2019). Framework of aspects for the evaluation of multimodal journey planners. *Sustainability*, 11(8), 4960. <https://doi.org/10.3390/su11184960>, SJR: Q2

Esztergár-Kiss, D. (2023). Development process of workplace mobility planning in three pilot locations. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 67(2). <https://doi.org/10.3311/PPci.20485A>, SJR: Q3

Esztergár-Kiss, D., & Braga Zagabria, C. (2021). Method development for workplaces using mobility plans to select suitable and sustainable measures. *Research in Transportation Business & Management*, 40, 100544. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2020.100544>, SJR: D1

Esztergár-Kiss, D., & Braga Zagabria, C. (2023). Developing a method to select and rank

measures for commuters. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 21, 100899. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100899>, SJR: D1

Esztergár-Kiss, D., & Kerényi, T. (2020). Creation of mobility packages based on the MaaS concept. *Travel Behaviour and Society*, 21, 307-317. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2019.05.007>, SJR: Q1

Esztergár-Kiss, D., & Kerényi, T. (2022). Defining mobility packages by using city specific parameters and user groups: a case study. *Transportation Research Procedia*, 24th Euro Working Group on Transportation Meeting, Aveiro, Portugal, 08.09.2021-10.9.2021. 62, 467-474. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.02.058>

Esztergár-Kiss, D., & Remeli, V. (2021). Toward practical algorithms for activity chain optimization. *Transportation Letters*, 13(1), 64-76. <https://doi.org/10.1080/19427867.2019.1702250>, SJR: Q2

Esztergár-Kiss, D., Kerényi, T., Mátrai, T., & Aba, A. (2020). Exploring the MaaS market with systematic analysis. *European Transport Research Review*, 12, 67. <https://doi.org/10.1186/s12544-020-00465-z>, SJR: Q1

Esztergár-Kiss, D., Mátrai, T., & Aba, A. (2021). MaaS framework realization as a pilot demonstration in Budapest. 7th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS), Crete, Greece, 16.07.2021-17.07.2021. <https://doi.org/10.1109/MT-ITS49943.2021.9529267>

Esztergár-Kiss, D., Rózsa, Z., & Tettamanti, T. (2018). Extensions of the activity chain optimization method. *Journal of Urban Technology*, 25(2), 125-142. <https://doi.org/10.1080/10630732.2017.1407998>, SJR: Q1

Esztergár-Kiss, D., Rózsa, Z., & Tettamanti, T. (2020). An activity chain optimization method with comparison of test cases for different transportation modes. *Transportmetrica A*, 16(2), 293-315. <https://doi.org/10.1080/23249935.2019.1692958>, SJR: Q1

Esztergár-Kiss, D., Shulha, Y., Aba, A., & Tettamanti, T. (2021). Promoting sustainable mode choice for commuting supported by persuasive strategies. *Sustainable Cities and Society*, 74, 103264. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103264>, SJR: D1

Ismael, K., Esztergár-Kiss, D., & Duleba, Sz. (2023). Evaluating the quality of the public transport service during the COVID-19 pandemic from the perception of two user groups. *European Transport Research Review*, 15, 5. <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00578-1>, SJR: D1

Kriswardhana, W., & Esztergár-Kiss, D. (2023a). A systematic literature review of Mobility as a Service: Examining the socio-technical factors in MaaS adoption and bundling packages. *Travel Behaviour and Society*, 31, 232-243. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2022.12.007>, SJR: D1

Kriswardhana, W., & Esztergár-Kiss, D. (2023b). Exploring the aspects of MaaS adoption based on college students' preferences. *Transport Policy*, 136, 113-125. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.03.018>, SJR: D1

Kriswardhana, W., & Esztergár-Kiss, D. (2024a). Heterogeneity in transport mode choice of college students at a university based on the MaaS concept. *Travel Behaviour and Society*, 36, 100801. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2024.100801>, SJR: D1

- Kriswardhana, W., & Esztergár-Kiss, D. (2024b). Segmenting the potential users of MaaS by combining latent class cluster analysis and structural equation modeling. *Sustainable Cities and Society*, 114, 105764. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105764>, SJR: D1
- Kriswardhana, W., & Esztergár-Kiss, D. (2024c). University students' adoption of mobility as a service with respect to user preferences and group differences. *Journal of Public Transportation*, 26, 100079. <https://doi.org/10.1016/j.jpubtr.2023.100079>, SJR: D1
- Kriswardhana, W., & Esztergár-Kiss, D. (2025a). Examining university students' preferences toward MaaS aspects. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 30, 101348. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2025.101348>, SJR: D1
- Kriswardhana, W., & Esztergár-Kiss, D. (2025b). The role of intermodality and environmental consciousness in the preferences for MaaS bundles: A hybrid choice modeling approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 191, 104332. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2024.104332>, SJR: D1
- Mahdi, A., & Esztergár-Kiss, D. (2023). Supporting scheduling decisions by using genetic algorithm based on tourists' preference. *Applied Soft Computing*, 148, 110857. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110857>, SJR: Q1
- Mahdi, A., & Esztergár-Kiss, D. (2024a). Analysis of the factors affecting the time spent on leisure activities by using an ordered logit model. *Transportation Letters*, 16(9), 1081-1090. <https://doi.org/10.1080/19427867.2023.2266189>, SJR: Q2
- Mahdi, A., & Esztergár-Kiss, D. (2024b). Prioritizing influential factors on tourist decision-making for choosing destinations using parsimonious analytical hierarchy process (PAHP). *Tourism Planning & Development*, 21(3), 330-353. <https://doi.org/10.1080/21568316.2023.2276222>, SJR: Q1
- Rizopoulos, D., & Esztergár-Kiss, D. (2024). A modal share scenario evaluation framework including electric vehicles. *Research in Transportation Business & Management*, 56, 101201. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2024.101201>, SJR: D1
- Rizopoulos, D., & Esztergár-Kiss, D. (2020). A method for optimization of daily activity chains including electric vehicles. *Energies*, 13(4), 1-21. <https://doi.org/10.3390/en13040906>, SJR: Q2
- Rizopoulos, D., & Esztergár-Kiss, D. (2023). Heuristic time-dependent personal scheduling problem with electric vehicles. *Transportation*, 50, 2009-2048. <https://doi.org/10.1007/s11116-022-10300-0>, SJR: D1
- Varga, B., Ormándi, T., Tettamanti, T., Aba, A., & Esztergár-Kiss, D. (2025). Strategic trip planning for commuting considering user preferences of employees in organizations. *Cities*, 165, 106097. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.106097>, SJR: D1

## 5 Releváns publikációk

---

Anagnostopoulou, E., Bothos, E., Magoutas, B., Bradenko, L., Schrammel, J., & Mentzas, G. (2018). Persuasive technologies for sustainable mobility: State of the art and emerging trends. *Sustainability*, 10(7), 2128. <https://doi.org/10.3390/su10072128>

Cats O., Susilo Y. O., & Reimal T. (2017). The prospects of fare-free public transport: evidence from Tallinn. *Transportation*, 44(5), 1083-1104. <https://doi.org/10.1007/s11116-016-9695-5>

Földes, D., & Csiszár, Cs. (2015). Route plan evaluation method for personalised passenger information service. *Transport*, 30(3), 273-285. <https://doi.org/10.3846/16484142.2015.1086889>

Graham-Rowe E., Skippon S., Gardner B., & Abraham C. (2011). Can we reduce car use and, if so, how? A review of available evidence. *Transportation Research Part A*, 45(5), 401-418. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.02.001>

Heilig, M., Mallig, N. Schröder, O., Kagerbauer M., & Vortisch, P. (2018). Implementation of free-floating and station-based carsharing in an agent-based travel demand model. *Travel Behaviour and Society*, 12, 151-158. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2017.02.002>

Hiselius, L. W., & Rosqvist, L. S. (2016). Mobility Management campaigns as part of the transition towards changing social norms on sustainable travel behavior. *Journal of Cleaner Production*, 123, 34-41. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.055>

Hörcher, D., & Graham, D. J. (2020). MaaS economics: Should we fight car ownership with subscriptions to alternative modes? *Economics of Transportation*, 22, 100167. <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2020.100167>

Kamargianni M., & Matyas M. (2017). The Business Ecosystem of Mobility as a Service. 96th Annual Meeting of Transportation Research Board (TRB), 8-12.01.2017., Washington D.C., USA

Lu, Q., & Tettamanti, T. (2021). Traffic control scheme for social optimum traffic assignment with dynamic route pricing for automated vehicles. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 49(3), pp. 301-307. <https://doi.org/10.3311/PPtr.18608>

Maghrour Zefreh, M., & Török, Á. (2021). Theoretical comparison of the effects of different traffic conditions on urban road environmental external costs. *Sustainability*, 13(6), 3541. <https://doi.org/10.3390/su13063541>

Morfoulaki, M., Kotoula, K. M., Myrovali, G., & Aifadopoulou, G. (2017). Calculating the impacts of alternative parking pricing and enforcement policies in urban areas with traffic problems. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 45(1), 35-41. <https://doi.org/10.3311/PPtr.9099>

Morris, E. A., & Guerra, E. (2015). Mood and mode: Does how we travel affect how we feel? *Transportation*, 42(1), 25-43. <https://doi.org/10.1007/s11116-014-9521-x>

Myrovali, G., Morfoulaki, M., Mpoutovinas, A., & Kotoula, K. M. (2020). Travelers-led innovation in sustainable urban mobility plans. *Periodica Polytechnica: Transportation Engineering*, 48(2), 126-132. <https://doi.org/10.3311/PPtr.11909>

Ogunkunbi, G. A., & Mészáros, F. (2023). Preferences for policy measures to regulate urban vehicle access for climate change mitigation. *Environmental Sciences Europe*, 35(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00745-0>

Ortega, J., Tóth, J., & Péter, T. (2022). Applying geographic information system methodologies to estimate the catchment area accessibility of park-and-ride facilities. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 50(1), 69-78. <https://doi.org/10.3311/PPtr.16384>

Smith G., Sochor J., Karlsson I. C. M. (2018). Mobility as a Service: Development scenarios and implications for public transport. *Research in Transportation Economics*, 69, 592-599. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2018.04.001>

Szabó, Z., Szalmáné Csete, M., & Sipos, T. (2024). Spatial econometric analysis of carbon dioxide emission: European case study. *Promet - Traffic&Transportation*, 36(2), 193-202. <https://doi.org/10.7307/ptt.v36i2.436>

Tettamanti, T. Horváth, M. T., & Varga, I. (2014). Road traffic measurement and related data fusion methodology for traffic estimation. *Transport and Telecommunication Journal*, 15(4), 269-269. <https://doi.org/10.2478/ttj-2014-0023>

Turon, K., Kubik, A., Sevcovic, M., Tóth, J., & Lakatos, A. (2022). Visual communication in shared mobility systems as an opportunity for recognition and competitiveness in smart cities. *Smart Cities*, 5(3), 802-818. <https://doi.org/10.3390/smartcities5030041>

Williams, K. (2017). *Spatial Planning, Urban Form and Sustainable Transport*, Routledge, London, United Kingdom, ISBN: 9781138247376, <https://doi.org/10.4324/97811315242668>

Zhang A., Kang J.E., Axhausen K.W., & Kwon C. (2018). Multi-day activity-travel pattern sampling based on single-day data, 97th Annual Meeting of Transportation Research Board (TRB), 7-11.01.2018., Washington D.C., USA

Zöldy, M., Csete, M. S., Kolozsi, P. P., Bordás, P., & Török, A. (2022). Cognitive sustainability. *Cognitive Sustainability*, 1(1). <https://doi.org/10.55343/cogsust.7>