

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

**KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI ÉS  
JÁRMŰMÉRNÖKI KAR  
(KJK)**

**KÖZLEKEDÉSÜZEMI ÉS  
KÖZLEKEDÉSGAZDASÁGI TANSZÉK  
(KUKG)**

**MULTIMODÁLIS  
HELYVÁLTOZTATÁSI LÁNCOK  
OPTIMALIZÁLÁSA**

**PHD DISSZERTÁCIÓ  
TÉZISFÜZET**

**2016**

**ESZTERGÁR-KISS DOMOKOS**

**TÉMAVEZETŐ:  
DR. CSISZÁR CSABA**

# 1 A kutatási téma jelentősége

---

A növekvő mobilitási igények új, innovatív közlekedéstudományi kutatási irányokat jelölnek ki, melynek következtében a személyközlekedési rendszerek is új kihívásokkal kerülnek szembe. Az utazási idők csökkentése, a közlekedési szolgáltatási minőség növelése és a teljes közlekedéssel kapcsolatos folyamatok optimalizálása egyidejű célként jelenik meg.

A célok elérése érdekében a közlekedési kutatások során integrált megközelítés követendő. Az intelligens közlekedési rendszerek (ITS) gyors fejlődése lehetővé teszi a közlekedési folyamatok befolyásolását, ami hozzájárul a szolgáltatási minőség javításához. Annak érdekében, hogy a stratégiai fontosságú fejlesztések azon területeken valósuljanak meg, ahol a leghatékonyabb működést biztosítják, a közlekedési szolgáltatások átfogó értékelése szükséges. Az értékelés eredményein keresztül az utasok preferenciáit lehet levezetni. Az igényelt funkciók megvalósítása érdekében optimalizációs módszerekkel információ szolgáltatható az utasoknak arról, hogyan tervezzék és valósítsák meg utazásaikat a leginkább személyre szabott módon. Az optimalizációs módszerek fejlesztésével jelentősen növelhető a szolgáltatási minőség, különösen városi környezetben, ahol a növekvő népesség és ezért a közlekedési eszközök nagymértékű használata problémákat okoz.

A modern ITS rendszerek és a nagy mennyiségű adathalmaz rendelkezésre állása önmagában azonban nem eredményez jobb közlekedési információszolgáltatást. Annak érdekében, hogy az ITS rendszereket és a rendelkezésre álló adatokat hatékonyan fel lehessen használni, több kutatási terület eredményeit kell integrálni (például az információs technológiát, a közlekedési infrastruktúrát, az utasok viselkedési jellemzőit, optimalizációs módszereket). Ez a paradigmaváltás az okos rendszerek elterjedését hozza magával, melyek átfogó megoldásokat kínálnak a közlekedés különböző szempontjait figyelembe véve. Egy ilyen komplex okos rendszer tartalmaz személyre szabott és adaptív megoldásokat, melyek alkalmazkodnak az egyre dinamikusabban változó utazói mobilitási igényekhez.

Az elvégzett kutatás mobilitási problémák megoldására nyújt válaszokat modellek, optimalizációs stratégiák és fejlett információs szolgáltatásokon alapuló rendszerek segítségével. A kutatás eredményeképpen az utazással kapcsolatos információszolgáltatási igények térképezhetőek fel, melyek segítségével tipikus utazási szokások határozhatóak meg és utazási láncok szabhatóak személyre. Személyre szabott utazási láncok tervezésével meghatározott szempontok szerinti optimum érhető el (pl. utazási idő tekintetében). A magas színvonalú közlekedési szolgáltatások (különös tekintettel az utazási időre és információszolgáltatási funkciókra) okos mobilitási megoldások tervezésével és megvalósításával biztosíthatóak.

## 2 Kutatási célkitűzések

---

A technológiai fejlődés és a változó mobilitási igények új tudományos kihívásokat támasztanak a kutatók számára. Mivel a közlekedési rendszer kapacitása korlátozott, a személyközlekedési teljesítmény növekedése elsősorban a közforgalmú közlekedés részarányának növelésével és új típusú (telematikai bázisú) közlekedési szolgáltatások bevezetésével valósítható meg, melyek hatékonyabban szolgálják ki a személyre szabott igényeket. Az utasok jellemzően akkor választják a közforgalmú közlekedést, ha színvonalas közlekedési szolgáltatással találkoznak (pl. tiszta és modern járművek, pontosság, garantált átszállások és személyre szabott útvonalajánlások). Ezt számos intézkedéssel lehet elérni, lágy intézkedésekkel (pl. számítógépes útvonaltervezés, helyfüggő információszolgáltatás utazás közben) és kemény intézkedésekkel. Ezeket az intézkedéseket sokszor menedzsment, illetve infrastruktúra típusú intézkedéseknek is nevezik.

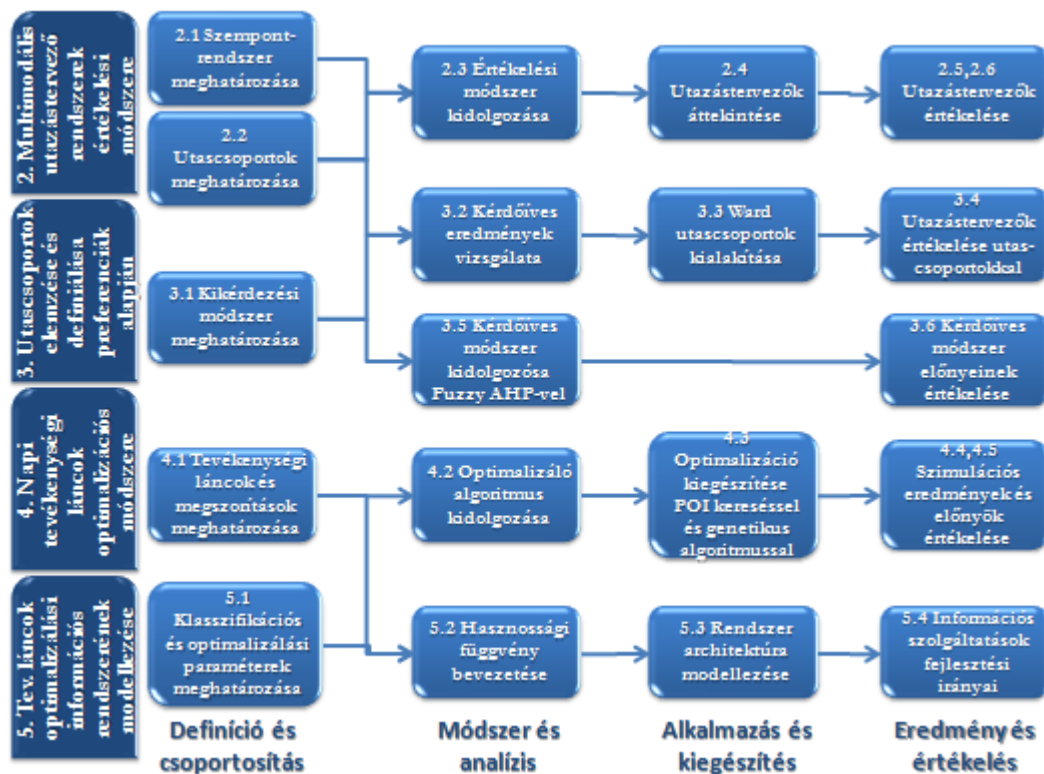
A kutatás célja az volt, hogy olyan megoldásokat találjak a lágy intézkedéseket tekintve, melyek fókuszában a közlekedési szolgáltatási jellemzők (pl. információ és idő) fejlesztése áll. Ez többek között információszolgáltató rendszerek (pl. online utazástervezők) értékelési eredményeinek alkalmazásával érhető el. Optimalizációs módszerek fejlesztésével a tevékenységek és utazások optimalizálhatóak, ahol hasznossági függvény az összes utazási idő. Az utasok tevékenységeinek sorrendje úgy választható meg, hogy az megfeleljen a megszorításoknak, a tevékenységek maximális száma és minimális utazási idő mellett.

A megjelölt célok megfelelnek a menedzsment típusú stratégiai céloknak, különösen a Nemzeti Közlekedési Stratégiában megfogalmazott koncepciónak, amely az integrált utazási láncok elősegítését és az ITS rendszerek fejlesztését tűzte ki célul. A tárgyalt kutatási célkitűzések alapján a következő kutatási kérdések merültek fel:

- Milyen jellegű információszolgáltatás szükséges az utasok számára az utazás előtt és alatt? Milyen módon lehet ezt az információt szolgáltatni az utasoknak? Mennyire szolgálják ki a multimodális utazástervező rendszerek az utasok információs igényeit és elvárásait?
- Milyen különbségek figyelhetők meg az utascsoportok között az utazástervezési szempontokat tekintve? Hogyan lehet utascsoportokat kialakítani? Milyen hasonló és különböző igényeik és elvárásaik vannak az egyes utascsoportoknak? Hogyan lehet új kikérdezési módszereket multimodális utazástervező rendszerek értékelésére alkalmazni?
- Hogyan tudják az utasok optimalizálni a napi tevékenységi láncukat az utazási időt tekintve? Mekkora a tevékenységek rugalmassága egy napi tevékenységi láncban? Hogyan tud az optimalizáló eljárás közel valós idejű szolgáltatást nyújtani? Hogyan lehet az optimalizáló algoritmus előnyeit mérni?
- Milyen paramétereket lehet felhasználni a tevékenységi láncok optimalizálásánál? Hogyan lehet a hasznossági függvényt definiálni? Hogyan lehet az optimalizációs algoritmust megvalósítani egy valós rendszerben? Mik az információs rendszerek és szolgáltatások legfontosabb fejlődési irányai?

A felvetett kutatási kérdések megválaszolása és az integrált megközelítés bemutatása érdekében a következő szerkezetet alakítottam ki (1. ábra). Az ábra számozása megfelel a disszertáció fejezeteinek.

- Az volt a célom, hogy kidolgozzak egy átfogó módszert multimodális utazástervező rendszerek értékelésére, összehasonlítsak és értékeljek számos releváns utazástervező rendszert.
- Az utascsoportok igényeinek részletesebb megismerése érdekében kitűztem, hogy megvizsgálom az utascsoportok közötti eltéréseket és hasonlóságokat a multimodális utazástervező rendszerekre vonatkozó szempontok alapján. Továbbá, hogy létrehozok olyan új utascsoportokat, melyek tagjai a leginkább hasonló módon értékelik a szempontokat. Kitűztem, hogy új kikérdezési módszerek alkalmazhatóságát is vizsgálom az utazástervező szempontok fontosságát tükröző súlyszámok meghatározásához utascsoportonként.
- A napi tevékenységi láncokkal kapcsolatban az volt a célom, hogy egy olyan optimalizálási módszert fejlesszek, ami új sorrendbe rendezi a tevékenységeket és így csökkenti az összes utazási időt. Egy optimalizációs algoritmus kifejlesztésével egy szolgáltatás nyújtását tűztem ki célul, amely több szempontot és optimalizációs paramétert is tud kezelni. A tevékenységi láncok optimalizálásának előnyeit is terveztem vizsgálni.
- Az volt a célom, hogy meghatározzam és csoportosítsam a tevékenységi láncok paramétereit. Meg akartam határozni a tevékenységi láncok optimalizálásának hasznossági függvényét és egy olyan rendszerarchitektúrát modellezni, amely egy valós alkalmazás működési modelljét mutatja be. Végül az információs szolgáltatások jövőbeli fejlődési irányait körvonalaztam.



1. ábra A disszertáció szerkezete

### 3 Alkalmazott módszerek

---

Az információszoigáltatási szempontokat és értékelési eljárásokat vizsgáltam utazói szempontból. A multimodális utazástervező rendszerek értékelését két lépésben végeztem el. A pontozási lépésben a multikritériumos értékelési módszert (MCA) alkalmaztam, mivel ez pontos és jól összehasonlítható eredményeket ad. A súlyozási lépés az utascsoportok különböző igényeinek figyelembe vétele miatt került megvalósításra.

Megbízható adatok gyűjtésének feltétele egy kikérdezés volt, amelyet a meghatározott szempontok alapján állítottam össze. Ez a kikérdezés az utascsoportok valós súlyszámainak kiszámolásához volt szükséges. A kikérdezés eredményeit statisztikai módszerekkel vizsgáltam. Olyan ismert statisztikai módszereket alkalmaztam, mint a Bartlett teszt és az F-teszt, ami az utascsoportok közötti eltéréseket vizsgálja szórás szempontjából, illetve az ANOVA és a t-teszt, ami ugyanezt vizsgálja átlagok szempontjából.

A Ward módszert új utascsoportok képzéséhez használtam fel. Az utascsoportok nagy hasonlóságot mutatnak tagjaik válaszait tekintve az utazástervezők szempontjaira vonatkozóan. A hasonló válaszokat adó utascsoportok számukra így könnyebb célzott fejlesztéseket megvalósítani. A módszerrel meghatározható az új utascsoportok száma és az utasok besorolása.

Az analitikus hierarchikus folyamat (AHP) egy hatékony módszer prioritások felállítására különböző alternatívák között (pl. utazástervező rendszerek). Az AHP használatával új kikérdezési módszert vezettem be, mely konzisztens eredményt biztosít. A Fuzzy AHP módszer bevezetésével az utazástervezők szempontjaihoz tartozó súlyokat állapítottam meg konzisztens módon.

Napi tevékenységi láncok optimalizálásához egy új módszert dolgoztam ki, amelyben bevezettem a flexibilis igénypontokat. Ennek alapötlete, hogy vannak olyan tevékenységek, amelyek nem kötöttek térben és időben, ezért ezeket máshol és máskor is el lehet végezni. Létrehoztam egy alap megoldást fix igénypontokkal a TSP-TW (Traveling Salesman Problem-Time Window) módszert használva, mely alapként szolgált a későbbi összehasonlításokhoz. Az alap megoldás kimenete az igénypontok sorrendje és az összes utazási idő. A flexibilis megoldás esetén az optimalizálást térben, illetve időben flexibilis igénypontokkal valósítottam meg.

Genetikus algoritmust (GA) használtam a flexibilis igénypontok összes kombinációjának kiszámításához. A számítás Matlab szimulációs környezetben került megvalósításra. Az alternatív igénypontokat az Overpass API (Application Program Interface) segítségével kerestem meg. Az utazási mátrixokat a Google API segítségével számoltam ki az igénypontok között az összes lehetséges tevékenységi láncra.

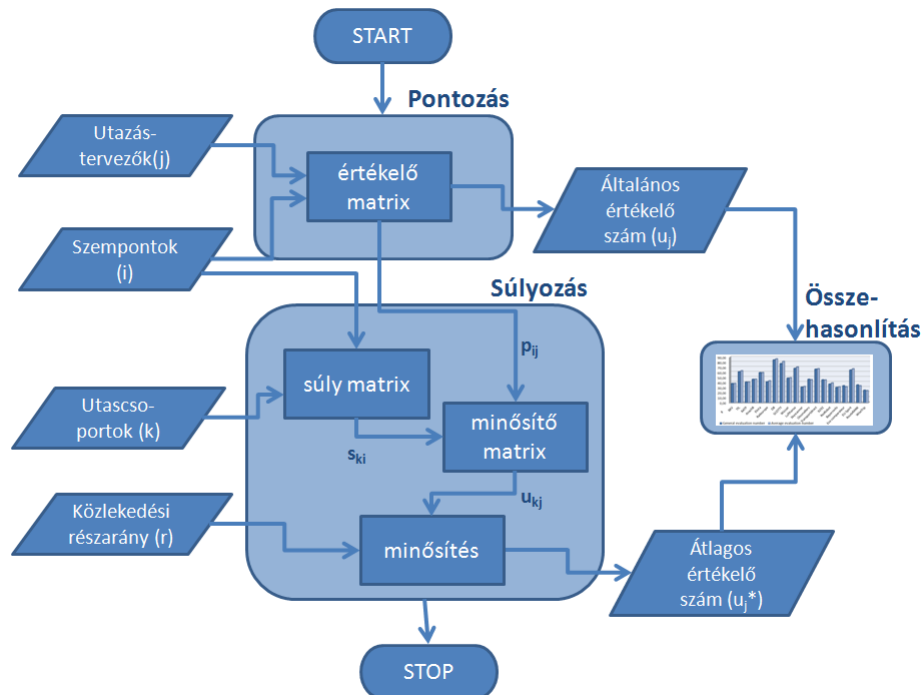
## 4 Új tudományos eredmények

### 4.1 1. Tézis Multimodális utazástervező rendszerek értékelési módszerének kidolgozása

**A multimodális utazástervező rendszerek értékeléséhez szempontrendszert határoztam meg. A szempontok alapján kvantitatív értékelési módszert dolgoztam ki az utazástervezők értékelésére és rangsorolására. Utascsoportok képzésével vettem figyelembe az utasok különböző igényeit. A módszert nemzetközi és magyar utazástervezők összehasonlítására alkalmaztam.**

A multimodális utazástervező rendszerek értékelése és összehasonlítása korábban csak leíró (nem kvantitatív) módon történt. A célom egy kvantitatív értékelési módszer kidolgozása volt, melyhez egy szempontrendszert definiáltam. Az utazók oldaláról a legfontosabb szempontok a következők: útvonal-tervezési szolgáltatások, helyfoglalás és díjfizetés, kezelt adatok, információ a kényelmi szolgáltatásokról, kiegészítő információk.

A módszer két fő lépésből áll (2. ábra). Először az utazástervezőket értékeltem a kidolgozott szempontrendszer alapján, ami az általános értékelő számot eredményezte. Ehhez a lépéshez a multikritériumos analízis módszerét (MCA) adaptáltam, mely egyértelmű és jól összehasonlítható eredményeket ad. Mivel az információszolgáltatások megítélése erősen függ az utasok személyes tulajdonságaitól, ezért utascsoportokat képeztem életkor, utazási motiváció és mozgási képességek alapján. A második lépésben az utascsoportok preferenciáit vettem figyelembe, és kiszámoltam az átlagos értékelési számot (súlyozás). Végül összehasonlítottam a multimodális utazástervező rendszereket.



2. ábra Multimodális utazástervező rendszerek értékelésének folyamata

Népszerű utazástervezőket választottam ki az értékeléshez. Ezek innovatív tulajdonságait külön kiemeltem. A fejlesztések elsősorban a kezelt adatok frissességével és kiegészítő információkkal foglalkoznak, míg helyfoglalás és díjfizetés tekintetében kevés igazán új megoldás született. A kidolgozott módszer segíti az üzemeltetőket az információszolgáltatások utazói szempontú értékelése és összehasonlítása során. Az utascsoportok bevezetése csak kis mértékben változtatta meg az értékelési számokat, de rámutatott néhány szempontra (pl. útvonal-tervezési szolgáltatások és kezelt adatok), amelyek fontosabbak bizonyos utascsoportok esetében.

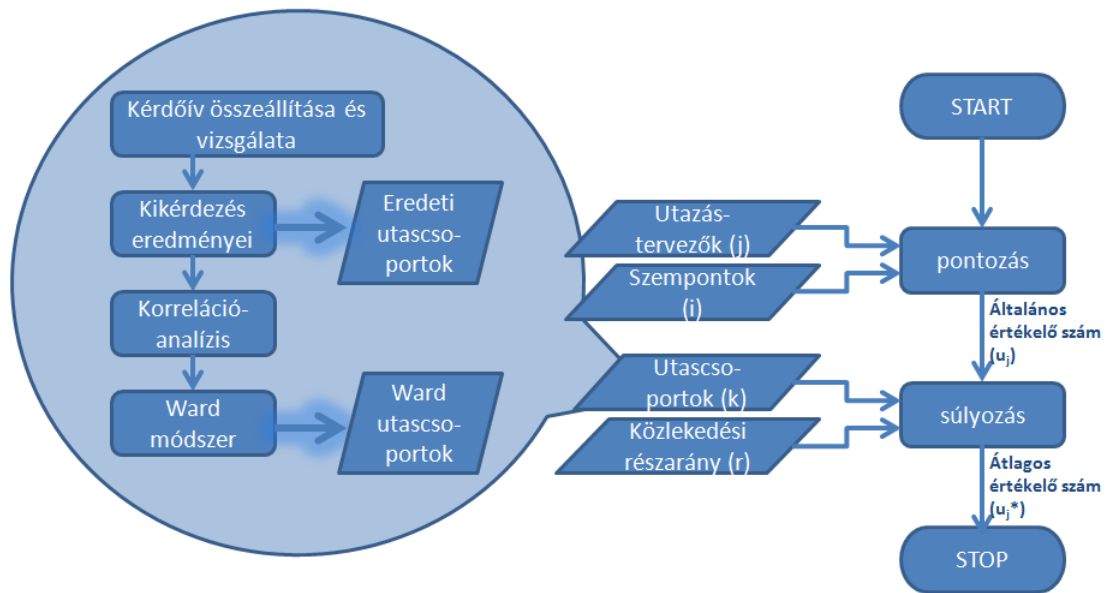
A nemzetközi utazástervezők értékelése után a hazai online utazási információs rendszereket vizsgáltam meg, elsősorban a Volán társaságok szolgáltatását. Az értékelés alapján elmondható, hogy a Volánbusz nyújtja a legmagasabb szintű információs szolgáltatást, de a Kisalföld Volánnak, Vértes Volánnak és Kunság Volánnak is vannak kiemelkedő funkciói, mint például az útvonal-tervezési szolgáltatások és a dinamikus adatkezelés. Végül egy ideális utazástervező legfontosabb tulajdonságait definiáltam a jelenlegi rendszerek kiemelkedő funkciói és a fejlődési trendek alapján.

Kapcsolódó publikációk: [1], [2], [3], [4], [12], [15]

#### 4.2 2. Tézis Utascsoportok elemzése és definiálása a preferenciák és az értékelési szempontok alapján

**Az értékelés pontosságának növelése érdekében kidolgoztam az utascsoportok preferenciáinak elemzési módszerét. Kérdőíves kikérdezés alapján meghatároztam a szempontok fontosságát. A felhasználók válaszainak hasonlósága alapján új utascsoportokat képeztem a Ward módszer alkalmazásával. Ezekkel a fejlesztésekkel az értékelő módszer valós utasigények alapján specifikusabb eredményt biztosít a döntéshozók számára a fejlesztési irányokról. A kikérdezés konzisztens tulajdonságának növelése érdekében új kikérdezési módszert alkalmaztam az AHP és Fuzzy AHP módszer teste szabásával.**

Az utasok igényeinek kvantitatív leírásához utascsoportokat határoztam meg (3. ábra). Kérdőíves kikérdezéssel mértem fel az utascsoportok tagjainál a szempontok fontosságát. Az eredmények alapján statisztikai analízist végeztem el. A legfontosabb fő szempont az útvonal-tervezési szolgáltatások (33%) és a kezelt adatok jellege (31%), míg a helyfoglalás és fizetés (16%), az információ a kényelmi szolgáltatásokról (10%) és a kiegészítő információk (10%) kevésbé relevánsak. A multimodális utazástervező rendszerek értékelését újra elvégeztem az utascsoportok valós preferencia értékeivel. Bár nagyobb különbségeket vártam az utascsoportok között, mégsem voltak jelentős eltérések a fő szempontok alapján.



3. ábra Utascsoportok jellemzőinek vizsgálata és új csoportok kialakítása

Az egyes szempontok között összefüggéseket mutattam ki korreláció analízis segítségével. Magas korrelációs együtthatók esetén látens utasigények fedezhetőek fel. Több szempont közötti kapcsolat vizsgálatához a Ward klaszterezési módszert alkalmaztam és olyan új utascsoportokat alkottam, mely csoportok válaszai a csoporton belül hasonlóságot mutatnak, míg a csoportok között különbséget. A klaszterező algoritmust Matlab környezetben valósítottam meg. Ennek eredményeként 5 új utascsoportot hoztam létre a következő jellemző preferenciákkal: alternatív útvonalakat kereső, térképes megjelenítést igénylő, dinamikus információ iránt érdeklődő, mobilfizetést elutasító, WiFi iránt nem érdeklődő csoport. A továbbfejlesztett módszer alkalmazásával az értékelés eredményei valós utazói elvárásokon alapulnak, így még pontosabban támogatják az utazástervezők üzemeltetőit és a döntéshozókat a lehetséges fejlődési irányok meghatározásában.

A Fuzzy AHP módszert a fő szempontokhoz tartozó, utascsoportonként eltérő súlyok kiszámításához használtam. Az AHP eredményei a fő szempontokra vonatkozó páros relatív értékelések. Az AHP módszerrel kiszámítható a páronkénti értékelés konzisztenciája, mely csökkenti az ellentmondásos eredmények valószínűségét. Meghatároztam az eredeti és Fuzzy AHP súlyszámokat, melyeket összehasonlítottam. Ennek eredményeképpen megállapítottam, hogy a Fuzzy AHP módszer használatával a kérdőíves kikérdezés egyszerűsíthető. Páros összehasonlító kérdésekkel az eredeti kérdőíves kikérdezési módszer továbbfejleszthető.

Kapcsolódó publikációk: [7], [9], [10], [14], [16], [18]



### 4.3 3. Tézis Napi tevékenységi láncok optimalizációs módszerének kidolgozása

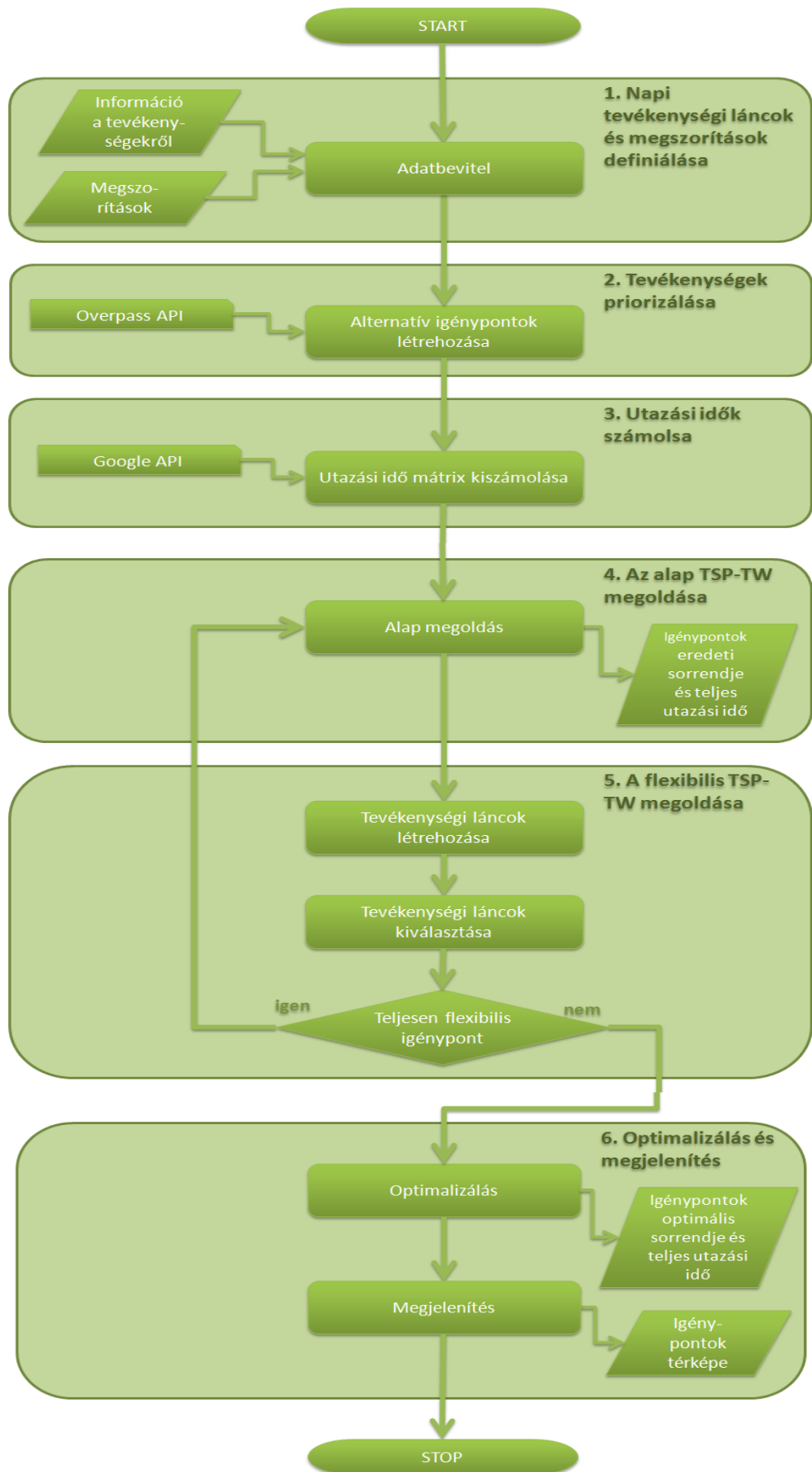
**Olyan módszert dolgoztam ki, mely flexibilis igénypontok bevezetésével tevékenységek sorozatát optimalizálja az utazási időt és az elhalasztott tevékenységek számát tekintve. Az optimalizáció futási idejének csökkentése érdekében genetikus algoritmust alkalmaztam. Az algoritmust egy valós, budapesti hálózaton teszteltem GTFS alapú menetrendi adatok segítségével.**

Kiinduló feltevésem az volt, hogy egyes tevékenységek, melyeket az utasok végeznek egy nap során, nem feltétlenül kötöttek időben és térben, ezért különböző időpontokban és helyszíneken is elvégezhető. A tevékenységek sorrendje is felcserélhető. Az utasok a tevékenységek között utazásokat végeznek különböző közlekedési módokat használva. Flexibilis igénypontokat bevezetve minden lehetséges kombináció megtalálható, és egy optimális tevékenységi lánc hozható létre a TSP-TW probléma megoldásaként (4. ábra). A tevékenységi láncok létrehozásakor feltételeztem, hogy az utasok ismerik az adott napon elvégzendő tevékenységeiket. Bevezetve a flexibilis igénypontokat a lehetséges tevékenységi láncok száma exponenciálisan növekszik, és a számításához egyre hosszabb futtatási idő szükséges. Ezért alkalmaztam a genetikus algoritmust. Így a futtatási idő 90%-al mérséklődött, lehetővé téve sok flexibilis igénypont használatát. A POI keresési algoritlussal történő kiegészítést is bevezettem.

A kidolgozott algoritmusnál több megszorítást is figyelembe vettem, mint például az üzletek nyitvatartási ideje vagy a maximális várakozási idő a tervezett érkezés előtt. A megvalósítás során 3 különböző közlekedési módot határoztam meg: személygépkocsi, közforgalmú közlekedés és közforgalmú közlekedés car-sharing lehetőséggel kombinálva. Az optimalizálás kritériuma a minimális utazási idő volt, mint a legfontosabb paraméter. Azonban más jellemzőket is figyelembe lehet venni (pl. komfort), viszont ezek általában nehezen számszerűsíthetők.

Az optimalizáció kimenetei Pareto optimális eredmények, melynek paraméterei az elhalasztott tevékenységek száma és az utazási idők. A tevékenységi láncok szimulációját egy tetszőlegesen megválasztott budapesti teszhálózaton végeztem el Matlab segítségével. A teszteredmények alapján személygépjárműves közlekedési módot választva 8%-os, közforgalmú közlekedéssel 10%-os és car-sharing lehetőséggel kombinálva 14%-os teljes utazási idő csökkenést értem el. A kidolgozott módszer beépíthető egy fejlett információs szolgáltatásba.

Kapcsolódó publikációk: [6], [8], [11], [13]



4. ábra Napi tevékenységi láncok optimalizálási módszere

#### 4.4 4. Tézis Tevékenységi láncok optimalizálási módszerét magában foglaló információs rendszer modellezése

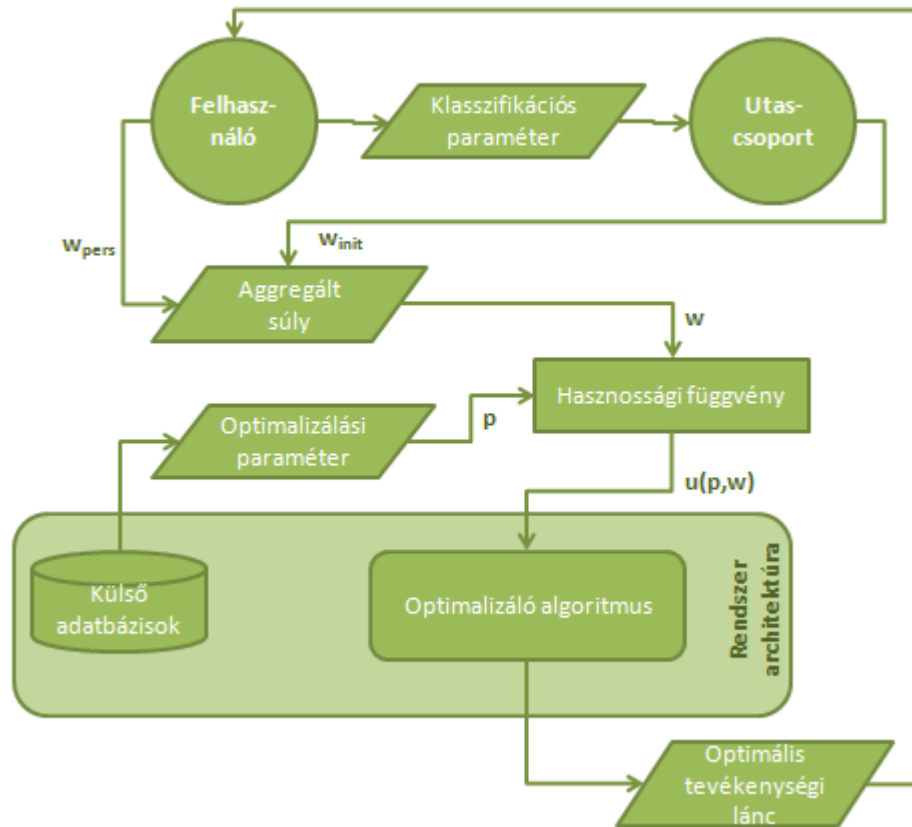
**Modelleztem a tevékenységi láncok optimalizálási módszerét magában foglaló információs rendszert. Azonosítottam, jellemeztem és csoportosítottam a legfontosabb optimalizálási paramétereket. A hasznossági függvényt az optimalizálási paraméterek és az aggregált súlyok kombinálásával határoztam meg, így képeztem le az egyéni utaspreferenciákat. Az információs rendszer architektúráját az optimalizálási algoritmus környezetének és kapcsolatainak leképezése érdekében modelleztem. Összefoglaltam a tevékenységi láncok optimalizálásán alapuló információs szolgáltatások jövőbeli fejlesztési irányait.**

A városi tevékenységi láncok tervezése során felmerülő komplex utasigények modellezése érdekében meghatároztam a lehetséges paramétereket. Ezeket a paramétereket két fő csoportba osztottam: klasszifikációs paraméterek (az utascsoportok képzéséhez) és optimalizálási paraméterek (az optimalizáló algoritmushoz tartozó hasznosságok számításához). Az optimalizálási paraméterek esetében további felosztást végeztem el: általános és komfort paramétereket vezettem be. A paraméterek lehetséges értékeit és adatforrásait is meghatároztam. A komfort optimalizálási paraméterek esetében a lehetséges értékeket úgy definiáltam, hogy az alacsony érték jelenti az ideális állapotot, míg a magas érték a kevésbé preferált állapotot.

Az optimalizálási paraméterek egyidejű figyelembe vétele és a tevékenységi láncok jóságának mérése érdekében hasznossági függvényeket vezettem be. A hasznossági függvényeket az optimalizálási paraméterekből és súlyokból képeztem. A komfort optimalizálási paraméterekhez tartozó súlyokat aggregáltam a felhasználóktól elvárt beállítások számának csökkentése érdekében.

Modelleztem az információs rendszer architektúráját, mely magában foglalja az optimalizálási algoritmust és annak környezetét. A rendszer architektúra legfontosabb összetevői: a felhasználói felület, a szerver alkalmazások és a külső adatbázisok. Az optimalizálási paraméterek a külső adatbázisokból biztosíthatóak, ahol meghatároztam az információs szolgáltatások adatforrásait és frissítési gyakoriságát. A modell az információs rendszer megvalósításának előfeltétele és iránymutatója.

Átfogó vizsgálat alapján meghatároztam az információs szolgáltatások fő fejlődési irányait, melyek a következők: adatgyűjtés (megbízható valós idejű adatok és crowd sourcing adatok), adattárolás (szabványosítás és funkcionális integráció), értéknövelt szolgáltatások (személyes preferenciák, multimodalitás, helyfüggő szolgáltatások és prémium információ).



5. ábra A tevékenységi láncok optimalizálási információs rendszerének működési modellje

Kapcsolódó publikációk: [5], [17]

## 5 Az eredmények alkalmazhatósága

A kutatás eredményei mind tudományos, mind gyakorlati területen alkalmazhatóak. A kidolgozott módszerek és eredmények jelentős része bekerült a tanszéki tárgyak oktatási anyagai közé (pl. Személyközlekedés).

A multimodális utazástervező rendszerek értékelésének gondolata az Európai Közösség 2011-es kezdeményezésén alapul, ahol a legjobb utazástervezőt keresték, azonban nem volt kvantitatív értékelésen alapuló számítási módszer mögötte. Egy jövőbeli új felhívás esetében az utazástervezők a megalkotott módszer szerint értékelhetőek és hasonlíthatóak össze. A kidolgozott módszer folyamatos felülvizsgálata szükséges, hiszen a technológiai háttér és az utasigények is változhatnak. A módszer módosított változatát felhasználtuk egy hazai pályázatban, mely online személyre szabott utastájékoztatói rendszer kifejlesztésére vonatkozott.

Az utascsoportok igényeinek és azok összefüggéseinek részletes elemzése a döntéshozók és utazástervezők üzemeltetői számára hasznosnak, hiszen a módszer és annak eredményei közvetlenül alkalmazhatóak fejlesztési stratégiák és konkrét feladatok megfogalmazásakor, illetve új információs szolgáltatások bevezetési sorrendjének meghatározásakor.

A napi tevékenységi láncok optimalizálásával csökken az összes utazási idő, amiből közvetlenül mérhető előnye származik az utasoknak. Azonban ez nemcsak az utasoknak jelent előnyt, hanem társadalmi-gazdasági szempontból is erőforrás-megtakarítást jelent. A módszer alapján egy olyan alkalmazás fejleszthető, mely a mindennapi életben használható okostelefon segítségével.

## 6 További kutatási tervek

---

Egy kutatás soha nem fejezhető be, csak abba lehet hagyni egy adott készültségi fok mellett, ezért bemutatom annak a tervét, hogyan fogom az eddigi eredményeim alapján a kutatást tovább folytatni.

A multimodális utazástervező rendszerek esetében fontos kutatási kérdés, hogyan lehet kevés kérdésre adott egyszerű válaszok alapján minél többet megtudni meg az utasokról és az utasoktól. Ez növeli a kikérdezések hatékonyságát és a kitöltési hajlandóságot. További irányként a felmérést több európai városban is el fogom végezni, így az utascsoportok különböző preferenciáit össze tudom hasonlítani.

A napi tevékenységi láncok optimalizálását tekintve, az elméleti modell kidolgozását és az ígéretes szimulációs eredményeket követően nagy mennyiségű valós utazási szokásokat tartalmazó adathalmaz segítségével fogom pontosítani az eredményeket. A modellben feltételeztem, hogy az utasnak ugyanaz a kiinduló- és célpontja. Ez a legtöbb esetben helytálló, azonban a célpont lehet más helyszín is, amelyhez egy másik típusú TSP módszer alkalmazása szükséges. Az utazási idők fixen meg vannak határozva minden útvonalra. Az aktuális forgalmi helyzetet figyelembe véve az utazási időket napszaktól függően megváltoztatom, illetve előrebecsülöm.

Prediktív TSP bevezetésével látens utazási igények szolgálhatóak ki. Ezeket a látens igényeket a meglévő igényekből vezetem le hasonló tulajdonságokkal rendelkező utasok számára.

A modell dinamikájának növelése érdekében a tevékenységi láncok napközbeni változásait is figyelembe kívánom venni, mint egy új tevékenység (és hozzá tartozó igénypont) megjelenése vagy egy meglévő tevékenység elhúzódása. Így a napi tevékenységi láncot újra kellene tervezni és az új helyzet alapján újraszámolni az utazási időket. Ehhez a napi tevékenységekről szükséges információ automatikusan kinyerhető naptár szolgáltatásokból. A napi tevékenységek tervezése során további optimalizációs szempontokat is figyelembe fogok venni, és a költségfüggvényt egy általánosabb függvényként értelmezem, ami figyelembe veszi az utazási időt, az utazás költségét, kényelmi szempontokat, energiahatékonyságot, környezeti hatásokat és személyes preferenciákat.

## 7 Publikációk

---

- [1] Esztergár-Kiss D. (2012) Optimization of multimodal travel chains in the passenger transport, International Transport Conference for Engineers and PhD Students, Budapest, Hungary, 19.06.2012, pp. 21-24. ISBN: 978-963-313-069-8
- [2] Esztergár-Kiss D., Csiszár Cs. (2012) Analysis of multimodal journey planners using a multi-criteria evaluation method, 19th ITS World Congress, Vienna, Austria, 22-26. October 2012, Paper EU-00662
- [3] Esztergár-Kiss D., Csiszár Cs. (2012) Közforgalmú internetes utazástervező rendszerek multikritériumos értékelő elemzése, Közlekedéstudományi Szemle, Vol. LXXII. No. 6, pp. 21-31., ISSN 0023-4362 \*
- [4] Esztergár-Kiss, D. (2012) Journey planners – comparison and evaluation, Second Workshop on Transport, Vehicle and Logistics TVL-2, Budapest, Hungary, KJK2012-2-K7, pp. 1-10., ISBN 978-963-313-070-4
- [5] Esztergár-Kiss D., Csiszár Cs., Kózel M., Tóth J. (2013) Valós idejű utastájékoztató mobil eszközön, Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2013. Győr, Magyarország, 2013.03.21-2013.03.22, pp. 35-47., ISBN: 978-615-5298-09-07
- [6] Esztergár-Kiss D., Válóczy D. (2013) Method for the Organization of Daily Activity Chains, Proceedings of the 3rd International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems 2013, TUDpress Verlag der Wissenschaften Dresden, Dresden, Germany, 02.12.2013-04.12.2013., pp. 47-55., ISBN: 978-3-944331-34-8
- [7] Esztergár-Kiss D., Serres A., Caesar B. (2014) Evaluation of journey planners based on survey data, WIT Transactions on Ecology and the Environment, The Sustainable City IX, Volume 191, pp. 839-850., ISBN: 978-1-84564-820-6, DOI: 10.2495/SC140712
- [8] Esztergár-Kiss D., Válóczy D. (2014) Tevékenységi láncok szervezésének elméleti modellje, 4. Közlekedéstudományi hallgatói és PhD konferencia, Budapest, Hungary, 25.06.2014, pp. 73-77., ISBN: 978-963-313-131-2
- [9] Caesar B., Esztergár-Kiss D. (2014) Utascsoportok statisztikai elemzése kikérdezéses adatok alapján, Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia IFFK, Budapest, Hungary, 2014.08.25-2014.08.37, Budapest, Paper 16, pp. 87-92., ISBN: 978-963-88875-3-5 \*
- [10] Esztergár-Kiss D., Caesar B. (2015) User group evaluation based on survey data, Transportation Research Procedia, Vol. 10, pp. 256-265, DOI: 10.1016/j.trpro.2015.09.075

- [11] Esztergár-Kiss D., Rózsa Z. (2015) Simulation results for a daily activity chain optimization method, MT-ITS 2015, 4th International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems, Budapest, Hungary, 03.06.2015-05.06.2015, pp. 259-264, ISBN 978-963-313-141-1
- [12] Esztergár-Kiss D., Csiszár Cs. (2015) Evaluation of multimodal journey planners and definition of service levels, International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, Springer, September 2015, Volume 13, Issue 3, pp 154-165., ISSN: 1868-8659, DOI: 10.1007/s13177-014-0093-0
- [13] Esztergár-Kiss D., Koppányi Z., Lovas T. (2016) Mobility mapping based on a survey from the city of Berlin, Periodica Polytechnica: Transportation Engineering, Volume 44, Issue 1, pp. 35-41, ISSN: 1587-3811, DOI: 10.3311/PPtr.7587
- [14] Esztergár-Kiss D., Csiszár Cs. (2016) Utazástervező rendszerek értékelési szempontjaihoz tartozó súlyszámok meghatározása Fuzzy AHP alapú módszerrel, Közlekedéstudományi Szemle, ISSN 0023-4362 – elfogadva \*
- [15] Esztergár-Kiss D., Csiszár Cs. (2016) Multicriteria analysis of Hungarian journey planners, Periodica Polytechnica: Transportation Engineering, Volume 44, Issue 2, pp. 97-104., ISSN: 1587-3811, DOI: 10.3311/PPtr.8570
- [16] Esztergár-Kiss D., Caesar B. (2016) Utascsoportok kialakításának vizsgálata preferenciáik alapján, Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2016. Győr, Magyarország, 2016.03.24-2016.03.25., pp. 298-307., ISBN: 978-615-5298-82-0 \*
- [17] Esztergár-Kiss D., Munkácsy A., Velázquez G. (2016) Definition and classification of parameters for daily activity chain optimization, Transportation Research Procedia, 3rd Conference on Sustainable Urban Mobility, 3rd CSUM 2016, 26 – 27 May 2016, Volos, Greece – elfogadva
- [18] Esztergár-Kiss D., Caesar B. (2016) Definition of user groups applying Ward's method, Transportation Research Procedia – elfogadva

\* magyarul