



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

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

# **Optimalizációs modell kidolgozása a hazai helyközi és távolsági közforgalmú közlekedésben lévő párhuzamosságok kezelésére**

*Tézisfüzet*

Szerző:

**Lakatos András Rudolf**  
okleveles közlekedésmérnök  
közlekedési menedzser szakmérnök

Témavezető:

**Dr. Mándoki Péter, Ph.D.**  
egyetemi docens, dékán

Budapest, 2021.

# 1 Doktori kutatásom áttekintése

A doktori disszertációm összesen 10 számozott fejezetből áll, amelyek magukban foglalják a kutatási téma aktualitását, a szakirodalom áttekintését, illetve az új tudományos eredményeimet is.

Az 1. fejezetben kutatási témám aktualitását és komplexitását vázolom fel, majd a témát részletesen bemutatom (2. fejezet), amelyben kitérek a probléma gyakorlati megjelenésére, definiálom a disszertációmban használt szakkifejezéseket, valamint meghatározom kutatásom tématerületeit. Utóbbival kapcsolatban 3 részterületet határoztam meg: vasúti és autóbuszos párhuzamos közösségi közlekedés a távolsági, illetve a regionális közösségi közlekedés terén, valamint a közúti helyközi személyszállításon belüli párhuzamos közlekedés. A 3. fejezet az irodalmi áttekintést foglalja magában, ahol részletesen bemutatom a közlekedés társadalmi hatásait leíró, a helyközi közösségi közlekedésre, valamint az üzemeltetői és felhasználói paraméterekre vonatkozó szakirodalmat. Ezzel együtt az igényvezérelt közlekedéssel kapcsolatos szakmai forrásokat is elemzem. Ezt követi (4. fejezet) a vizsgálatokhoz alkalmazott kutatási módszerek (matematikai, illetve adatgyűjtési és adatfeldolgozási) ismertetése.

Az 5. fejezetben a különböző, távolsági közösségi közlekedési módok közötti párhuzamos közlekedés optimális távolság-határértékeit definiálom egy felhasználói és üzemeltetési paraméterek alapján létrehozott modell segítségével. Az általánosan alkalmazható modellt a gyakorlatban szemléltetve rávilágítok az elért eredményekre, majd regresszióanalízis segítségével értékelem azokat, amellyel meghatározom az említett határvonalakat.

A 6. fejezetben a párhuzamos, regionális közösségi közlekedés optimalizálási módját dolgozom ki, egy szolgáltatási színvonal által meghatározott minőségimutató-értékeken alapuló, általánosan alkalmazható modell segítségével. A minőségimutató-értékekhez intervallumhatárokat definiálok, amelyeket logit modellel validálok. Az egyes intervallumokhoz beavatkozásokat javaslok, amelyekkel versenyképesebbé tehető az adott közösségi közlekedési mód, ezzel fenntarthatóbbá válik a regionális közforgalmú közlekedés. A modell működőképességét gyakorlati esettanulmányon keresztül mutatom be.

A 7. fejezetben *revealed* és *stated preference* alapú kérdőívek segítségével tárom fel a felhasználók közlekedésmód-választással kapcsolatos preferenciáit a közforgalmú, párhuzamos közlekedés terén. Rávilágítok az analitikus vizsgálattal kapcsolatos összefüggésekre, valamint részletesen bemutatom a kérdőívek eredményeit az utazás kilométerben értelmezett hossza, illetve az utazások gyakorisága szerinti csoportosításban.

A következő témakör (8. fejezet) a közúti személyszállításon belüli párhuzamosságok optimalizálását foglalja magában igényvezérelt közlekedés alkalmazásával. A racionalizálásra egy olyan modellt dolgoztam ki, amellyel lehetőség van az aprófalvas települések tekintetében a hagyományos közösségi közlekedés kiváltására igényvezérelt alapon közlekedő járművekkel, a falugondnoki szolgáltatást bevonva úgy, hogy az üzemeltetési költségek csökkennek, míg az elérhető szolgáltatási színvonal nő. A modell használhatóságát egy Borsod-Abaúj-Zemplén megyei esettanulmányon keresztül mutatom be.

A 9. fejezetben az új tudományos eredményeimet foglalom össze tézisek formájában. A záró, azaz a 10. fejezetben rávilágítok az elért tudományos eredmények elméleti jelentőségére, gyakorlati hasznosíthatóságára, valamint oktatási alkalmazhatóságára. Ezen felül részletesen kifejtem kutatásom folytatásaként a jövőbeni kutatások témaköreit, egyben kijelölöm a későbbi vizsgálatok irányvonalát.

## 2 Kutatási téma aktualitása

Napjainkban egyre inkább előtérbe kerül a közlekedésre vonatkozóan annak környezetre gyakorolt hatása, illetve fenntarthatósága. A fenntartható közlekedés az igénybevett terület, energia, költség minimalizálásával elégíti ki az igényeket optimális szinten (Munkácsy et al., 2018). A kielégítendő igények túl szigorú lehatárolásának feloldására tett stratégiai javaslatokat Fleischer (2005).

A fenntartható és hatékony helyközi közösségi közlekedési rendszer egyik alapismérve, hogy az alágazatok – bizonyos határok között – egymás kiegészítői (komplementerei) mind térben, mind időben. Ez a rendszer gazdasági fenntarthatóságát teszi lehetővé. Másik ismérve a jelentkező utazási igények lehető legmagasabb színvonalon történő, maradéktalan kiszolgálása.

Magyarország közlekedésében aktuális probléma a távolsági és regionális autóbuzsos és vasúti személyszállítás párhuzamosságának kérdése. Hazánk összes régiójában megtalálható e párhuzamos kínálat, illetve számos parallel távolsági vonal is létezik. Ez a két alágazat közötti versenyhelyzetet eredményezheti, fenntarthatatlan rendszert generálva.

Az elmúlt évtizedekben ugyan történtek a párhuzamos közösségi közlekedést felszámoló intézkedések – például a Budapest – Győr relációban az autóbuzs-közlekedés megszüntetése –, de ezekkel nem minden esetben vált a közlekedési rendszer fenntarthatóbbá. Az említett esetben például meghatározásra került, hogy az eljutási időre érzékeny - eddig autóbuzst használó – felhasználók az autóbuzsokról nem a vasúti járművekre „ültek át”, hanem az egyéni közlekedésre váltottak (Tánczos et al., 2007), (Vörös, 2011). Ez nagyságrendileg 30%-os utasvesztést jelentett. A beavatkozással ugyan a közösségi közlekedés fenntartójánál, illetve az autóbuzsos szolgáltatást nyújtó vállalatnál költség-megtakarítás érthető el, de a környezeti terhelés növekszik, valamint a közösségi közlekedés szolgáltatási színvonala csökken, amely a teljes közlekedési rendszer számára kedvezőtlen lehet.

Természetesen nemcsak az alágazatok között, hanem azon belül is található párhuzamosságok, amelyek elsősorban az aprófalvas településeket kiszolgáló közúti személyszállításban jelentkeznek. Ugyanis közel 20 éve tartanak fenn – állami támogatás mellett – a szórványtelepülések önkormányzatai igényvezérelt közlekedésen alapuló, zárt közösség által igénybevehető szociális szolgáltatást az állami megrendelésre működő hagyományos helyközi közlekedés mellett. Ez a jármű- és a humánerőforrás-gazdálkodás túlzottan magas értékéhez vezet, amelyhez a szolgáltatási színvonal alacsony értéke társul. Magyarország érintett részein ez a probléma aktuálisan fennáll. Bár néhány, Európai Unió által támogatott projekt érintőlegesen tárgyalta a témát, de konkrét tervek a probléma megoldásával kapcsolatban nem születtek.

Az előbbiekben leírtak alapján rá szeretnék világítani arra, hogy a helyközi közösségi közlekedés optimalizálásához matematikai elemzési módszereken alapuló, felhasználói és üzemeltetési paramétereket komplexen kezelő, innovatív modellek szükségesek.

### 3 Kutatás tématerületei és céljai

A kutatási téma aktualitásával összhangban definiáltam a kutatás tématerületeit, illetve azok céljait, valamint határait.

A tématerületeket 3 csoportra osztottam.

1. Párhuzamos, távolsági közösségi közlekedés analitikus modellezése.
2. Párhuzamos, regionális közösségi közlekedés modellezése.
3. Közúti, helyközi személyszállításon belüli párhuzamosságok modellezése.

#### Távolsági párhuzamos közlekedés

A párhuzamos, távolsági közösségi közlekedés vizsgálatának célja annak megállapítása, hogy a felhasználói és üzemeltetői paraméterek függvényében milyen távolság esetén melyik közlekedési mód vagy közlekedési módok üzemeltetése vagy esetleg párhuzamos üzemeltetése mellett teremthető meg a fenntartható és hatékony közösségi közlekedés. Ennek eléréséhez regresszióanalízis mint matematikai módszer segítségével vizsgáltam az eljutási idő- és költségértékeket a távolság függvényében.

Az analitikus megközelítés mellett e tématerületen végezett kutatásom másik fő célja a szolgáltatással kapcsolatos felhasználói preferenciák megismerése a módválasztás során. Ez azt jelenti, hogy – szintén a távolság függvényében – vizsgálom az analitikus aspektus és a felhasználói – a szolgáltatás minőségére irányuló – preferenciák közötti összefüggéseket a minél magasabb szolgáltatási színvonal elérése érdekében.

A tématerülethez kapcsolódóan hipotézisként fogalmaztam meg azt, hogy a felhasználói és üzemeltetői paraméterek komplex értékelésével, illetve a felhasználói preferenciák megismerésével felállíthatók a fenntartható párhuzamos távolsági közösségi közlekedési rendszer optimális távolság-határértékei.

#### Regionális párhuzamos közlekedés

A párhuzamos, regionális közösségi közlekedés vizsgálatának célja egy olyan komplex és kompakt, szolgáltatásra vonatkozó minőségi mutató létrehozása, amellyel értékelhetők és optimalizálhatók a Magyarországon nagyszámban megtalálható regionális parallel vonalak. Célom olyan minőségimutató-értékekhez rendelt közlekedésszervezési beavatkozások definiálása, amelyekkel az egyes közlekedési módok szolgáltatási színvonala növelhető, üzemeltetési költségük pedig csökkenthető.

Ennek eléréséhez logit modell, mint matematikai módszer alapján vizsgáltam a minőségimutató-értékek és az utasszámok közötti összefüggéseket a kapott hasznosságfüggvények szélsőérték-analízisével. Továbbá figyelembe vettem az európai gyakorlatot is egy finnországi esettanulmány implementálásával.

Hipotézisként fogalmaztam meg azt, hogy egy komplex, több változót felhasználó minőségimutató-érték meghatározásával és az ahhoz társított közlekedésszervezési beavatkozásokkal optimalizálható a párhuzamos, regionális közösségi közlekedés. Azaz a regionális közforgalmú közlekedés fenntarthatóvá és hatékonyá tehető.

## Közúti helyközi személyszállításon belüli párhuzamos közlekedés

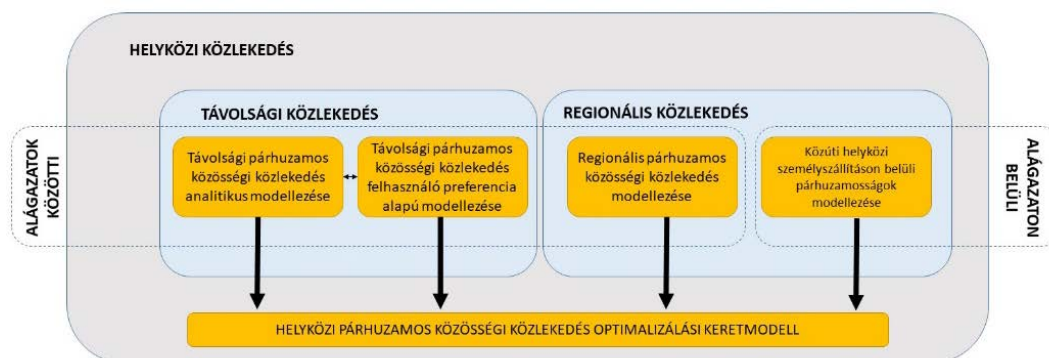
A vizsgálattal céлом arra rávilágítani, hogy a párhuzamos közösségi közlekedési szolgáltatás nemcsak az alágazatok között, hanem a közúti szegmensen belül is aktuális problémát jelent, amelyet orvosolni szükséges. Ennek bemutatásához és elemzéséhez az aprófalvas területek kiszolgálását választottam.

Az aprófalvas közúti személyszállítás terén céloom a jelenleg létező hagyományos és igényvezérelt szolgáltatások integrálásának vizsgálata annak érdekében, hogy az aprófalvas területek közösségi közlekedésének ellátása gazdaságilag fenntartható legyen a szolgáltatási színvonal növelésével, azaz a falvak elérhetőségének javításával.

A cél elérése érdekében egy olyan általánosan alkalmazható optimalizálási modellt dolgoztam ki, amellyel lehetőség nyílik a közlekedési teljesítmény átcsoportosítására a szolgáltatási színvonal növelésével, az üzemeltetési költségek csökkentése vagy szinten tartása mellett.

Hipotézisként állítottam fel, hogy az aprófalvas települések közötti közösségi közlekedéssel történő kiszolgálására fordított erőforrás és teljesítmény racionalizálható a szolgáltatás magasabb szinten való biztosításával, a jelenlegi finanszírozási volumen mellett.

A témakörök közötti összefüggéseket az 1. ábra tartalmazza.



1. ábra: Témakörök közötti összefüggésrendszer

Az 1. ábra alapján látható, hogy a helyközi közösségi közlekedés különböző szegmenseihez kidolgozott különböző optimalizációs modellek összefüggenek, amelyeket alkalmazva fenntarthatóvá és hatékonyá tehető a teljes párhuzamos közlekedési rendszer.

Fontos megjegyezni, hogy a vizsgálatok során általánosan értelmezhető lehatárolásokkal éltem, amelyeket az alábbiakban ismertetek:

- Az üzletszabályzatok, közszolgáltatási szerződések 2019. december 1-jén hatályos változatai alapján dolgoztam.
- A felhasznált törvények 2019. december 1-jén hatályban lévő dokumentumait használtam fel.
- Mindhárom tématerület kidolgozása során a Hivatalos Autóbusz Menetrend, valamint a Vasúti Menetrend 2018/2019. menetrendi évét vettem figyelembe.
- A helyi közösségi közlekedési rendszerek 2019. év december 1-jén hatályban lévő menetrendi adataival dolgoztam.
- A téma kidolgozása során nem vettem figyelembe a hosszabb időt igénybe vevő rekonstrukciós munkálatok idején fenntartott ideiglenes – vasút esetében vágányzári –

menetrendeket, a menetrendi évre meghirdetett „alap”-menetrend alapján végeztem kutatásomat.

## 4 Alkalmazott módszerek

A tématerületeknek és az azokhoz definiált céloknak megfelelően számos kutatási módszert alkalmaztam.

A mennyiségi ismérvek, azaz a felhasználói és üzemeltetési paraméterek közötti kapcsolatok vizsgálata során a kapcsolat törvényszerűségét regressziós függvényekkel határoztam meg, míg az ismérvek kapcsolatának szorosságát a korrelációs együtthatóval írtam le. A különböző közlekedési módokkal számított eljutási idő- és távolság értékek összehasonlítására a Ritz-féle módszerek családjába tartozó regressziós függvényeket alkalmaztam. A regressziós függvények lineárisan független rendszert alkotnak, tehát egyik függvény sem fejezhető ki a többi lineáris kombinációjaként. Ezek a függvények lehetnek trigonometrikusak, exponenciálisak, illetve  $n$ -ed (páros és páratlan) fokszámú polinomok. A páratlan fokszámú polinomok teljesítik azt a feltételt, hogy a szélső helyeken is alkalmasak a jelenség jellemzésére. Ezek alapján olyan első-, harmad-, ötödfokú polinomokat kerestem, amelyek a legjobban illeszkednek a vizsgált értékpárookra. Az előzőekben említett páratlan kitevőjű polinomok alkalmazásának minősége – azaz az adatokra való illeszkedése – a korrelációs analízissel jellemezhető, amelynek során egy korrelációs együttható képezhető a vizsgált változók között lévő kapcsolat leírására.

Az optimalizálás során célfüggvényeket alkalmaztam, amely egy valós függvény maximumának vagy minimumának meghatározását jelenti (Rardin, 1997). A célfüggvényeket a felhasználói és üzemeltetési paraméterértékek optimális szintjének meghatározására használtam. Mivel az optimalizáció egy adott megengedett tartományon keresi egy függvény legjobb értékét, ezért a korlátokat, azaz a tartomány határait minden esetben definiáltam.

A közlekedésközvetítő-választás a helyváltoztatások térbeni megoszlásának ismerete alapján valószínűségi modell segítségével írható le (Kövesné, Debreczeni, Csiszár 2014). Ehhez a logisztikus regressziót, logit modellt használtam, amely egy valószínűségi modellként fogalmazható meg (Buis [2016], Hajdu [2004]). A logisztikus regresszió egy statisztikai módszer, amely alapformájában logisztikai függvényt használ egy bináris függő változó modellezésére. Bináris függő változóknak két lehetséges értéke lehet, amelyet egy indikátorváltozó képvisel (0 vagy 1). A logisztikai modellben a változók bekövetkezési esélyének logaritmusát egy vagy több független változó lineáris kombinációja. A független változók mindegyike lehet bináris változó (két osztály, egy indikátorváltozó által kódolva) vagy folyamatos változó (bármilyen valós érték).

A Nested Logit modell alapvetően a hasznosság-alapú modellek családjába tartozik. Alapvetése, hogy a döntéshozó a számára legkedvezőbb, legnagyobb hasznosságú közlekedési módot választja a paraméterek alapján (Koszttyó, Török, 2007). A kutatás során az eljutási időt és az egyes közösségi közlekedési módokat vettem bináris függő változóknak. A módválasztás tehát jellemezhető azzal, hogy mely közlekedési mód értéke „0”, illetve „1”, azaz mely alágazati közösségi közlekedési eszközt választja a felhasználó.

Annak érdekében, hogy az egyes alternatívák (jelen esetben autóbusz vagy vonat) tulajdonságai súlyuknak megfelelően értékelhetők legyenek, egy lineáris kombinációjú, eljutásiidő- és eljutásiköltség-alapú súlytényezőket figyelembe vevő hasznosságfüggvényt

határoztam meg minden alternatívához. A hasznosságfüggvény a közgazdaságtan számos területén, különösen a mikroökonómiai fogyasztáselméletben gyakran használatos függvénytípus. Célja, hogy a gazdaság egy szereplőjének – vagy bizonyos esetekben a társadalom egészének – meghatározott javakhoz kapcsolódó preferenciáit matematikai eszközökkel modellezze. A függvény változóinak száma megegyezik a vizsgált javak (közlekedési módok) számával (Debreu, 1954), (Fishburn, 1970).

A közösségi közlekedés tervezése során rendkívül fontos az utazási igények figyelembevétele, hiszen egy olyan közösségi közlekedési rendszer képes hatékonyan működni, illetve tud vonzó alternatíva lenni a felhasználó számára az egyéni közlekedéssel szemben, amely a lehető legpontosabban illeszkedik a jelentkező mobilitási igényekhez.

A részletes vizsgálatnak alapját az adatgyűjtés jelenti, amelyet két nagyobb csoportra osztottam annak módját illetően:

- közvetlen adatgyűjtés, amely egyedi azonosítóval ellátott segédeszköz segítségével történik;
- kikérdezés útján történő adatgyűjtés, amely egyéni interjú alapján történik kérdőívek segítségével (pl. *revealed preference* vagy *stated preference* alapú kérdőív).

A felhasználói preferenciákat kérdőíves, fókuszcsoportos felméréssel vagy interjúkészítéssel lehet gyűjteni (Földes, 2019). Utóbbi kettő főként kisebb mintákra alkalmazható, mélyebb összefüggések feltárására, míg a kérdőív nagy mintákra és általános érvényű összefüggések levonására alkalmas. A minél szélesebb körű felvétel érdekében a kérdőíves adatgyűjtést alkalmaztam.

A kérdőívek két különböző típusát használtam:

- *revealed preference* (feltárt preferencia) alapú kérdőív;
- *stated preference* (kinyilvánított preferencia) alapú kérdőív.

A közösségi közlekedésben az egyik legelterjedtebb adatgyűjtési mód a felhasználók kérdőíves kikérdezése utazási szokásaikról, *revealed preference* alapú kérdőív használatával. Ezzel könnyedén információkhoz juthat a közlekedést fenntartó intézmény az egyének mobilitási szokásairól.

A *revealed preference* alapú kérdőív a felhasználók jelenlegi utazási szokásainak megismerésére alkalmas. Ennek gyakorlati megvalósítását a hasonló felépítésű adatgyűjtési felmérések alapján készítettem, a fő szerkesztési szabályok betartásával. A kérdőív elkészítésének során nagy figyelmet kell fordítani a helyes típus megválasztására (Scipione 1994), a szerkesztési folyamat lépéseinek betartására, illetve a folyamatszemléletű, érthető összeállításra. A válaszadónál esetlegesen jelentkező félreértések elkerülése végett a kérdéseket egyértelműen, rendunciamentesen fogalmaztam meg (Hosseininasab, 2015). A kérdőív összeállítása során az alábbi kérdéstípusokat alkalmaztam:

- feleletválasztós (Csapó et al., 2008);
- értékelőskálás (Földes, Csiszár, 2018);
- szabadszöveges (Kiss, Tátrai, 2012).

A feleletválasztós kérdés során az előre definiált válaszok közül választhat a megkérdezett, ezért az eldöntendő kérdésekre, valamint a demográfiai adatok megismeréséhez kiválóan alkalmazható. Értékelőskála esetében valamely paraméterekhez értéket társít a kitöltő egy előre meghatározott skála alapján, ami a felhasználói paraméterek fontosságát fejezi ki. A szabadszöveges válaszadást csak kifejezetten indokolt esetben alkalmaztam, hiszen az adott válaszok nehezen feldolgozhatók, tisztításuk időigényes, valamint könnyebben félreérthetők.

Mivel a kinyilvánítottpreferencia-alapú kérdőív a döntési mechanizmusok, valamint a felhasználói látens igények megismerésére alkalmazható, ezért az a *stated preference* – mint adatgyűjtésben használatos módszer – használatával lehetséges. A módszerrel a felhasználót valós adatokon alapuló döntési szituációba helyezve lehetőség nyílik a javak, szolgáltatások valódi értékeinek és a felhasználói módválasztásnak a meghatározására. Megjegyzendő, hogy a *stated preference* használható Krajnyik (2008) alapján döntéstámogató módszerként is, hipotetikus termékeket, szolgáltatásokat előállítva (pl. tervezett fejlesztés során a már meglévő termék attribútumainak módosításával a kikérdezettek mely termékeket preferálják).

Az említett *stated preference* hazánkban kevésbé elterjedt. Az értékelés három csoportra osztható:

- CV (*contingent valuation*), amely a feltételes értékelést jelenti. Ennek alkalmazása arra ad választ, mennyit lenne hajlandó fizetni egy adott szituációban egy adott szolgáltatásért vagy termékért a megkérdezett;
- CA (*conjoint analysis*), amely a feltételes rangsorolás és pontozás módszerét jelenti. Ennek során a megkérdezettnek lehetősége van a saját preferenciái alapján sorba rendeznie, pontoznia bemutatott szolgáltatásokat, termékeket;
- DCE (*discrete choice experiment*), amely a diszkrét választást foglalja magában. A módszer használata során a válaszadó a bemutatott termékek, szolgáltatások közül a számára legértékesebbet választja ki (Kroes, Sheldon, 1988).

A *stated preference* módszert előszeretettel alkalmazzák olyan területen, ahol a piac szerepe korlátozott, azaz a fogyasztók viselkedését, választásait, fizetési hajlandóságát nehezen lehet megfigyelni a valós piacon (például monopólium alatt működő (köz)szolgáltatások). Ezért alkalmaztam én is a *DCE-analízist* a felhasználói preferenciák megismerésére, hiszen a helyközi közlekedés az állami vagy önkormányzati megrendelésre, monopólium alapján működő közszolgáltatások. A kérdőív összeállítása során a közlekedési módok valós paraméterértékeiket tartalmazó kártyákat állítottam elő. A válaszadónak ezek alapján a számára kedvezőbbet kellett kiválasztania.

A kérdések összeállítása során kellő körültekintéssel fogalmaztam meg a kérdéseket, a kártyák áttekinthetőségére is koncentrálna.

A kérdőívek kitöltéséből származó válaszokat a könnyebb feldolgozhatóság érdekében adatbázisokban tároltam.

A különböző típusú kérdőívek összehasonlításával megvizsgáltam a felhasználók jelenlegi és preferenciaalapú módválasztása közötti összefüggéseket, kitérve az analitikus vizsgálat eredményeire is.

## 5 Új tudományos eredmények

### 1. tézis

*Felhasználói és üzemeltetői paramétereken alapuló modellt dolgoztam ki a párhuzamos, távolsági közösségi közlekedési rendszer értékelésére, amely regresszióanalízis segítségével modellezi a közlekedési módok versenyképességét. Regressziós polinomok meghatározásával definiáltam az eljutásiidő- és fajlagos férőhelyköltség-értékekre vonatkozó optimális határértékeket a távolság függvényében.*

A tézishez kapcsolódó saját publikációk: (Lakatos, Mándoki., 2017a), (Lakatos, Mándoki., 2017b), (Lakatos, Mándoki., 2018b), (Lakatos, Mándoki., 2018c), (Lakatos, Mándoki, 2019b), (Lakatos 2019c)

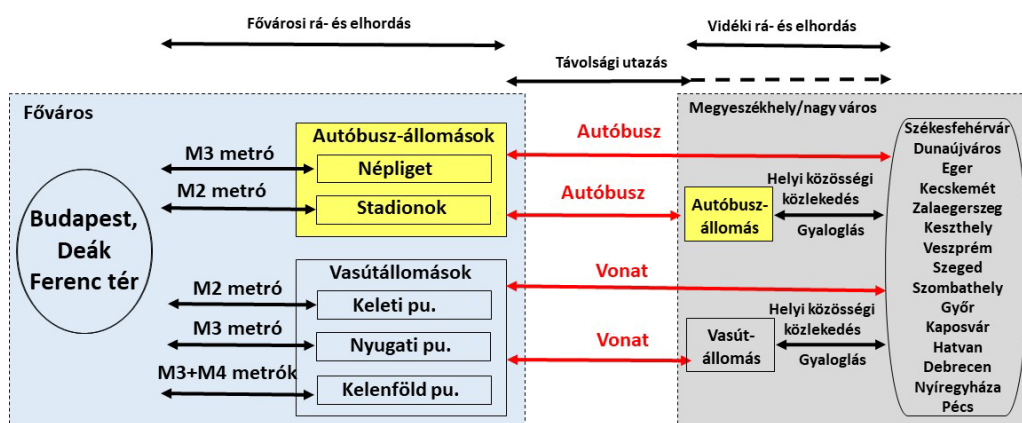
A tézissel az értekezés 5. fejezete foglalkozik részletesen.

A magyarországi távolsági közlekedésben lévő párhuzamos autóbusz- és vasútvonalak aktuális és visszatérő problémáját dolgoztam fel. A fenntartható közlekedés megköveteli, hogy a különböző közlekedési módok egymás kiegészítői legyenek, amelyhez elengedhetetlenül szükséges a párhuzamosan futó vonalak optimalizálása.

A probléma megoldására egy komplex, 5-lépcsős modellt dolgoztam ki, amely a közösségi közlekedés módok üzemeltetési és felhasználói paramétereit értékeli a távolság függvényében.

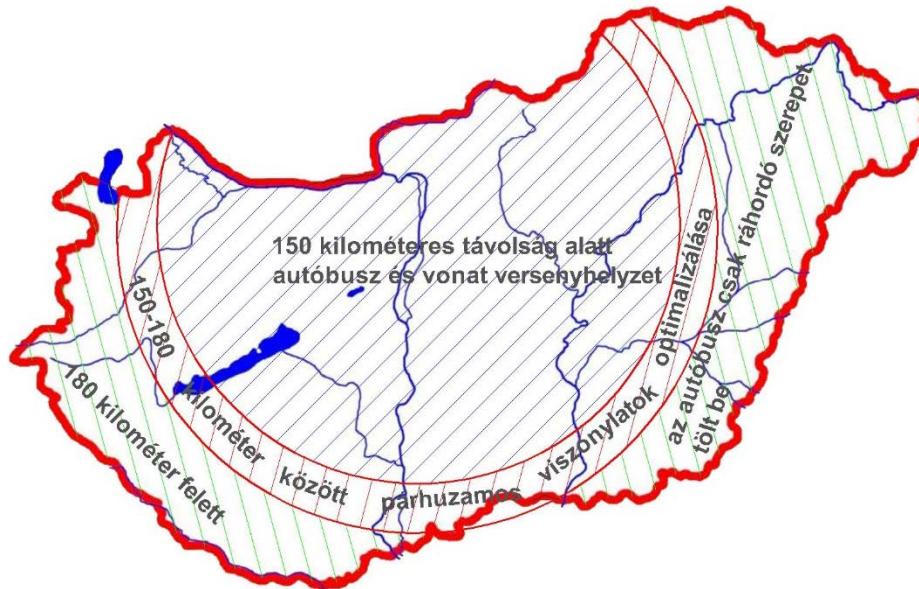
1. Utazási láncok definiálása, amelynek során a párhuzamos, távolsági közösségi közlekedési viszonylatokat szükséges kiválasztani.
2. Eljutási idő, eljutási távolság, mint felhasználói paraméterek, illetve a férőhelyre vonatkozó fajlagos költség, mint üzemeltetői paraméter kiszámítása.
3. Kiszámított paraméter-értékek közötti összefüggések modellezése regresszióanalízis módszerrel.
4. Optimális határértékek megállapítása felhasználói és üzemeltetői szempontból.
5. Modell továbbfejlesztési lehetőségeinek elemzése.

A modell alapján Budapest és 15 olyan megyeszékhely, megyei jogú város között határoztam meg az eljutási láncokat, amely relációkban párhuzamos távolsági közösségi közlekedési kínálat létezik (2. ábra).



2. ábra: Képzett utazási láncok

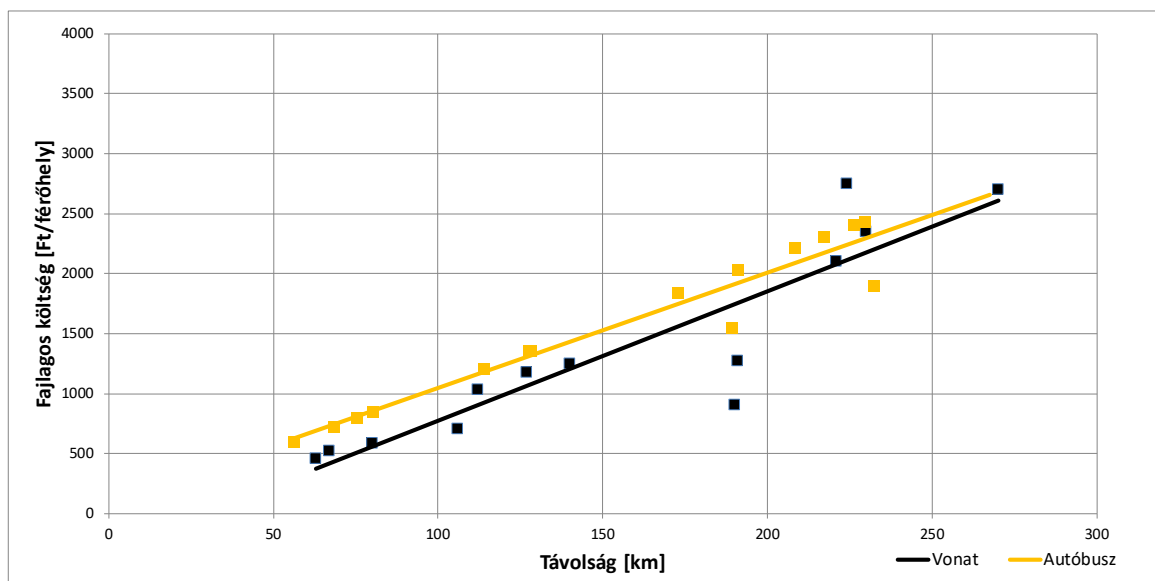
Az értékelés során regressziós polinomokat illesztettem az eljutási idő – mint felhasználói paraméter – és az eljutási távolság, valamint a férőhelyre vonatkoztatott fajlagos költség – mint üzemeltetői paraméter – és a távolság értékpárokra. A függvények egymáshoz viszonyított helyzete és a szórásértékek alapján szakaszokra osztottam a távolsági párhuzamos közösségi közlekedési módok optimalizálási lehetőségeit. A megállapításokat az 3. ábrán foglaltam össze.



3. ábra: A regressziós görbék által meghatározott elméleti határok ábrázolása Magyarország térképén

Megállapítottam, hogy a Tempo100 minősítésű autóbuszok alkalmazásával növelhető az autóbusz versenyképessége hosszabb távolságra történő utazások esetén is.

Feltártam, hogy a férőhelyre vetített fajlagos költségek – mint üzemeltetői paraméterek – szórása a távolsággal fordítottan arányos (4. ábra).



1. ábra: Férőhelyre vonatkoztatott fajlagos költségek alakulása a távolság függvényében (Kaposvár és Zalaegerszeg nélkül)

## 2. tézis

**Komplex paramétereiből számított objektív mutatószámon alapuló, általánosan alkalmazható, innovatív modellt dolgoztam ki a regionális közösségi közlekedésben lévő párhuzamosságok optimalizálására. A célfüggvények által kijelölt minőségimutatóérték-intervallumok határozzák meg a közlekedésszervezési beavatkozások jellegét. A modell hitelesítése érdekében logit modell segítségével validáltam az intervallumok határait.**

A tézishoz kapcsolódó saját publikációk: (Lakatos, Mándoki., 2018a), (Lakatos, Mándoki., 2018b), (Lakatos, Mándoki., 2018c), (Lakatos, Mándoki, 2019a), (Lakatos, Mándoki, 2020c), (Lakatos, Mándoki, 2020d)

A tézissel az értekezés 6. fejezete foglalkozik részletesen.

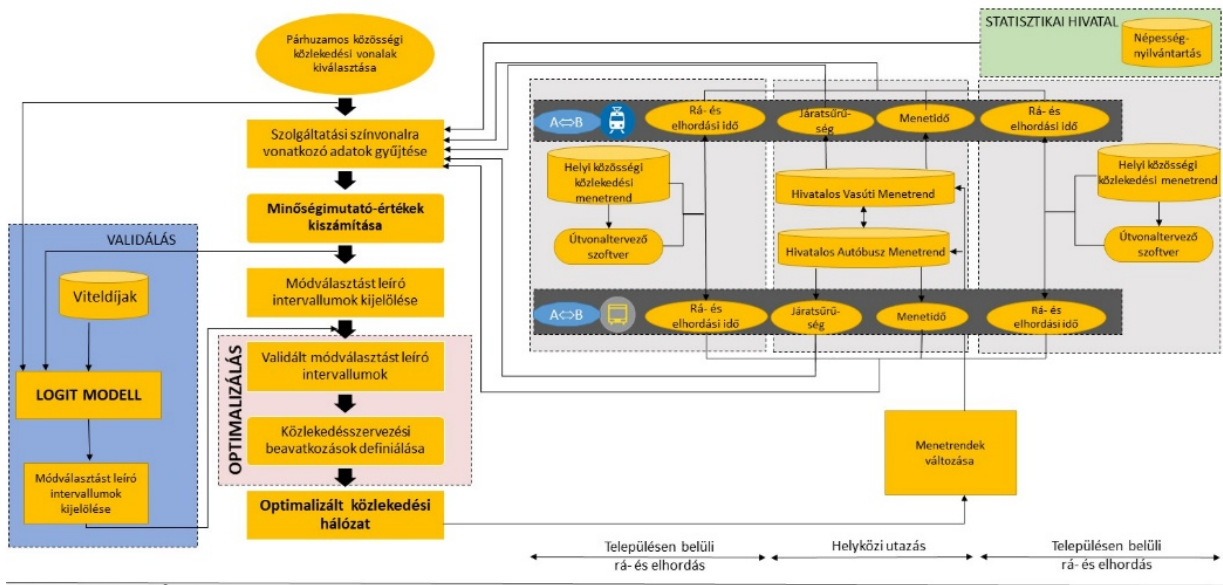
A magyarországi regionális közlekedésben lévő párhuzamos autóbusz- és vasútvonalak aktuális és visszatérő problémáját dolgoztam fel. A fenntartható közlekedés megköveteli, hogy a különböző közlekedési módok egymás kiegészítői legyenek, amelyhez elengedhetetlenül szükséges a párhuzamosan futó vonalak optimalizálása.

A probléma megoldásához egy komplex, egyben általánosan alkalmazható modellt dolgoztam ki (5. ábra), amely során minőségimutató-értékeket ( $M$ ) számítottam ki (1) a főbb paraméterek (eljutási idő, kínálat, lakosság) alapján (1. táblázat).

$$M = \sum_{j=1}^n \left( \frac{1}{n_{\text{napi}}_{i,j,b}} \cdot t_{\text{eljuásil}}_{i,j,b} \cdot p_j - \frac{1}{n_{\text{napi}}_{i,j,v}} \cdot t_{\text{eljutási}}_{i,j,v} \cdot p_j \right) \quad (1)$$

1. táblázat: Az egyenletben használt jelölések

Változó	Leírás	Dimenzió
$i$	induló település	-
$j$	érkező település	-
$k$	közlekedési mód ( $b$ =busz, $v$ =vonat)	-
$t_{\text{eljutási}}_{i,j,k}$	$i$ és $j$ települések központjai közötti helyváltoztatás teljes időigénye $k$ közlekedési mód igénybevételével	[perc]
$n_{\text{napi}}_{i,j,k}$	$k$ közlekedési mód esetén az $i$ és $j$ települések között közlekedő napi járművek száma	[járat]
$p_j$	$j$ település lakosságának aránya a vonal által lefedett települések összlakosságához képest	[-]



**JELMAGYARÁZAT**

- Hivatalos Vasúti Menetrend - Adatbázis
- LOGIT MODELL - Matematikai számítás vagy tevékenység
- Útonaltervező szoftver - Szoftver
- Rá- és elhordási idő - Adatok
- Párhuzamos közösségi közlekedési vonalak kiválasztása - Optimalizációs folyamat kezdőlépése
- Helyváltoztatási lánc eleme

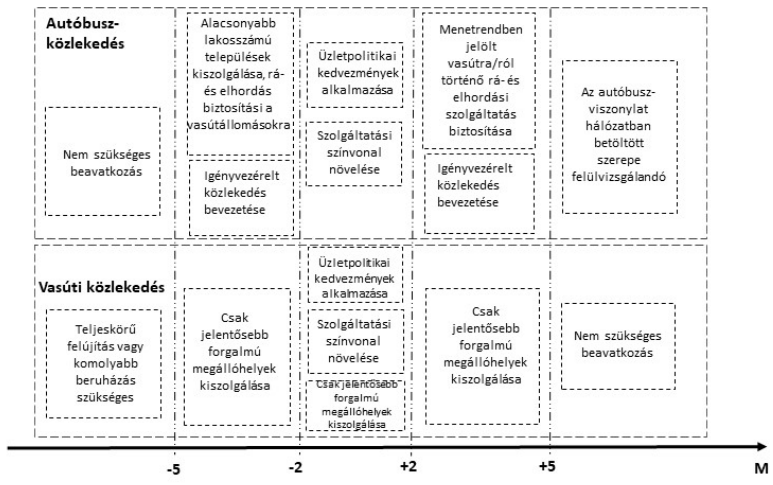
5. ábra: Regionális párhuzamos közösségi közlekedés optimalizáció modellje

Az optimalizálás során minőségimutató-értékekre vonatkozó intervallumhatárokat definiáltam a célfüggvények (2, 3) alapján, amelyeket validáltam a párhuzamosan futó autóbusz- és vasútvonal utasszámadatai és a kínált eljutásiidő- és eljutásiköltség-értékek logit-modell alapú értékelésével.

$$M \rightarrow \max. \tag{2}$$

$$K_{beruh. i,j,k} \rightarrow \min. \tag{3}$$

Az egyes intervallumokhoz – a beruházási költségek ( $K_{beruh. i,j,k}$ ) minimalizálása mellett – közlekedésszervezési beavatkozásokat definiáltam (6. ábra), amelyekkel maximalizálható az  $M$  értéke.



6. ábra: Beavatkozási javaslatok a pontosított minőségimutató-értékek függvényében

A modell alkalmazhatóságát egy esettanulmányon keresztül mutattam be, amely – Magyarország összes régióját lefedő – 7 párhuzamos autóbusz-, illetve vasútvonal optimalizálását foglalja magába.

Megállapítottam, hogy a párhuzamos, regionális közösségi közlekedési vonalak az érintett lakosság, eljutási idő és kínálat alapján előállított minőségimutató-értékek segítségével optimalizálhatók, amelynek során növelhető a szolgáltatási színvonal pusztán közlekedésszervezési beavatkozásokkal, nagyobb volumenű beruházás nélkül.

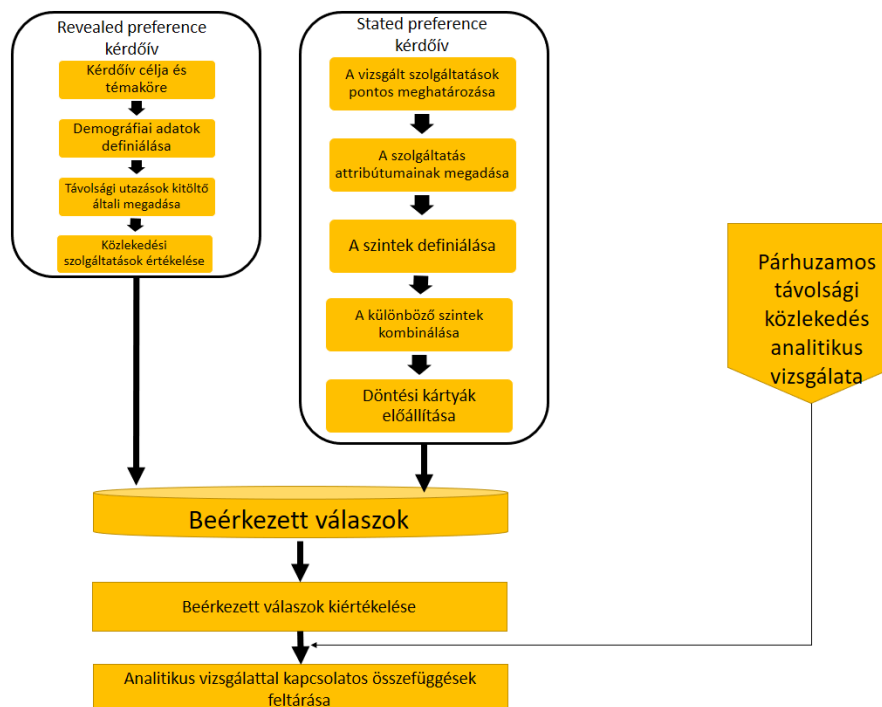
### 3. tézis

***Különböző kérdőíves módszerek felhasználásával vizsgálati modellt dolgoztam ki, amely alkalmas a felhasználói preferenciák meghatározására az eljutási távolságok és az utazás motivációja függvényében, párhuzamos közösségi közlekedés esetén. Meghatároztam az analitikus optimalizálás és a felhasználói preferenciák közötti fő összefüggéseket.***

A tézishez kapcsolódó saját publikációk: (Lakatos, Mándoki, 2017a), (Lakatos, Mándoki, 2017b), (Lakatos, Mándoki., 2017c), (Lakatos, Mándoki, 2017d), (Lakatos, Mándoki, 2019b), (Lakatos, Mándoki, 2019d), (Lakatos, Mándoki, 2020e)

A tézissel az értekezés 7. fejezete foglalkozik részletesen.

A párhuzamos távolsági közösségi közlekedésben aktuális problémát dolgoztam fel, amely a felhasználók módválasztására vonatkozik. Az utasokat számos paraméter befolyásolja az eszközválasztást érintően hozott döntésükben. A módválasztási döntésük hátterében komplex összefüggések állnak, amelyek megismerésével modelleztem a felhasználók viselkedését (7. ábra).



7. ábra: Felhasználói preferencia-értékelésre alkalmazott modell

A probléma megoldására, azaz a felhasználói preferenciák feltárására *revealed* és *stated preference* típusú kérdőíves kikérdezési módszereket használtam. A kérdőívekre adott válaszok meghatározzák az adott paraméterek módváltásra gyakorolt hatásának mértékét a felhasználói oldalon.

Megállapítottam, hogy a felhasználói preferenciák a módváltás során a megtett távolság függvényében változnak. Három távolság-intervallumot definiáltam, amelyen belül a felhasználók eljutási idővel, kényelemmel, illetve eljutási költségekkel szemben támasztott elvárásai elkülöníthetők. Feltártam, hogy a módváltási távolság-intervallumok összhangban vannak az analitikus úton definiált optimalizálási javaslatokkal.

Megállapítottam, hogy az autóbuszos szolgáltatás a felhasználók számára a megbízhatóság és a kínált eljutásiidő-értéke, míg a vasúti közlekedés annak kényelme miatt kedvező. A vasúti szolgáltatáshoz a felhasználó számos többletszolgáltatást társít.

Feltártam, hogy az utazás motivációja jelentős hatással van az eszközválasztásra. Ezzel együtt hangsúlyozandó, hogy a napi rendszerességgel történő, munkamotiváltágú távolsági helyváltoztatások magas részaránya.

#### 4. tézis

***Az aprófalvas települési rendszer hatékony és fenntartható helyközi közösségi közlekedésének érdekében 7-lépcsős innovatív modellt dolgoztam ki, amely a meglévő hagyományos és igényvezérelt közforgalmú közlekedési rendszerek optimalizálásán alapszik. A lépéseknél felhasznált komplex (teljesítmény-, költség- és erőforrás) paraméterek határozzák meg az optimalizálásból elérhető szolgáltatási színvonal növekedésének mértékét a finanszírozási volumen csökkentésével, vagy jelenlegi szinten tartásával.***

A tézishoz kapcsolódó saját publikációk: (Lakatos, Mándoki, 2018b), (Lakatos, Mándoki., 2018c), (Lakatos et al., 2020a), (Lakatos et al., 2020b)

A tézissel az értekezés 8. fejezete foglalkozik részletesen.

Európaszerte kihívást jelent az aprófalvas vidéki területek közösségi közlekedéssel történő kiszolgálása, hiszen az alacsony lakosság és népsűrűség mellett a hagyományos közforgalmú közlekedés gazdaságilag nehezen fenntartható, egyben alacsony elérhetőségi szintet biztosít.

Az alacsony lakosságú települések igényvezérelt közösségi közlekedési rendszerrel történő kiszolgálásának vizsgálatára 7-lépcsős, komplex és kompakt modellt dolgoztam ki (8. ábra). A modell segítségével optimalizáltam a közlekedési módon belüli párhuzamos kínálatot a felhasználói és üzemeltetési paraméterek alapján.

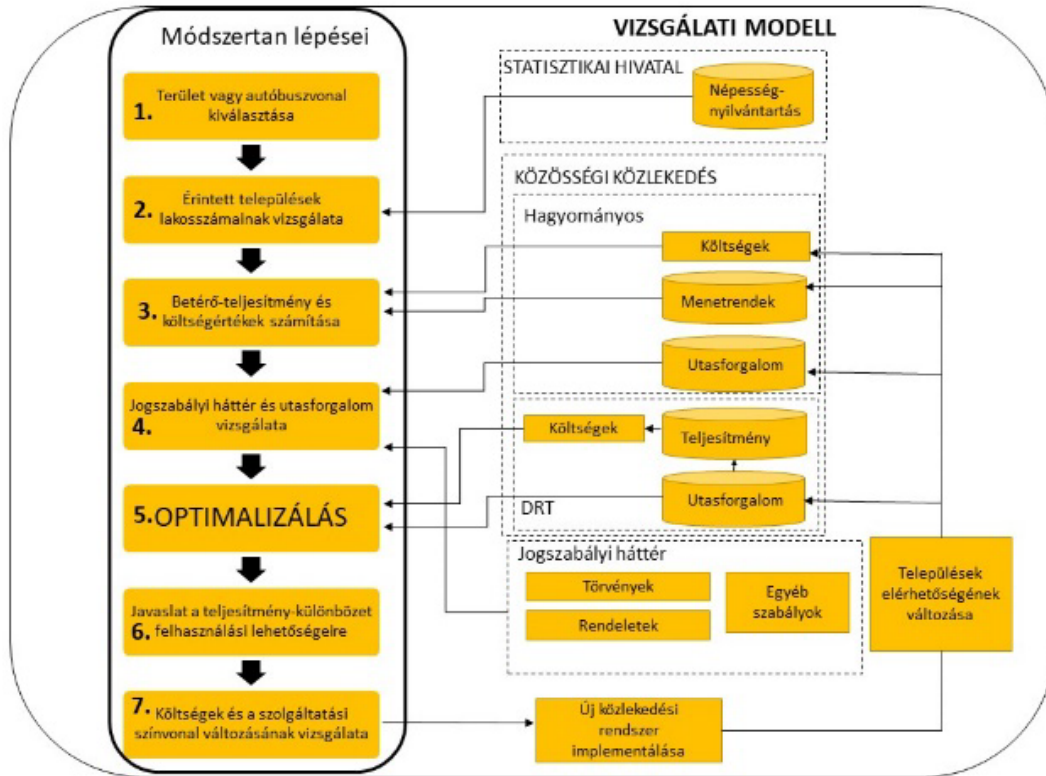
A modellel a hagyományos közösségi közlekedés rugalmas rendszerrel történő kiváltását tettem lehetővé. A szolgáltatási színvonal ( $Z_{(x, a)}$ ) mértékét növeltem a napszakokra vonatkoztatott költségek ( $C_{day}$ ,  $C_{op}$ ) és a párhuzamosság ( $P_{running}$ ) minimalizálásával, az alábbi célfüggvények (4, 5, 6, 7) alapján.

$$Z_{(x,a)} \rightarrow \max \quad (4)$$

$$C_{day} \rightarrow \min \quad (5)$$

$$C_{op} \rightarrow \min \quad (6)$$

$$P_{running} \rightarrow \min \quad (7)$$



8. ábra: Modell a közúti személyszállításon belüli párhuzamosságok optimalizálására

A modell alkalmazásával esettanulmányt készítettem egy kiválasztott Borsod-Abaúj-Zemplén megyei területre.

A modell alapján megállapítottam, hogy az igényvezérelt közlekedés bevezetésével és a rendelkezésre álló erőforrások hatékony elosztásával, valamint többletköltség nélkül javítható a fokozatosan elnéptelenedő zsáktelepülések közösségi közlekedési kiszolgálása mind felhasználói, mind üzemeltetői szempontból. Ezzel együtt bebizonyítottam, hogy a jelenlegi finanszírozási volumen mellett többszolgáltatások biztosítása (pl. a fővonalon közlekedő járművekhez hangoltan, óránkénti rendszerességgel történő rá- és elhordás a zsákfalvakból a jelenlegi eseti jelleg helyett) is lehetővé tehető.

A fentiek alapján megállapítottam, hogy az egymással párhuzamos kínálatot nyújtó közlekedési rendszerek optimalizálhatók, azaz a ritkán lakott területek közösségi közlekedéssel történő kiszolgálása fenntarthatóvá tehető innovatív modell alkalmazásával.

## 6 Gyakorlati alkalmazhatóság

Napjaink meghatározó közlekedési témái közé sorolható a közforgalmú közlekedési szolgáltatások előnyben részesítése az egyéni közlekedéssel szemben. Ez nemcsak az egyéni helyváltoztatási mód szabályozásával érhető el, hanem a közösségi szolgáltatások színvonalának minél magasabb szinten történő biztosításával, azaz az utazási igényekhez minél jobban illeszkedő kínálat létrehozásával is. Ezen felül a finanszírozási volumen is jelentős hatással van a fenntartott szolgáltatások minőségi és mennyiségi paramétereire egyaránt.

A tézisekben foglalt modellek gyakorlati alkalmazhatóságát az egész országot lefedő esettanulmányokon keresztül mutattam be, ami bizonyítja a kidolgozott modellek működő rendszerekbe történő implementálhatóságát. Mindezek mellett európai jó gyakorlatokat is vizsgáltam a minél magasabb szintű gyakorlati hasznosítás érdekében.

Az utasok közlekedésmód-választásának megismerése is növeli a kutatási eredményeim gyakorlati alkalmazhatóságát, hiszen a felhasználók eszközválasztás során hozott, legfontosabb döntési szempontjait is figyelembe veszem. Ez az utazóközönség szolgáltatással szemben támasztott minőségi követelményeinek feltérképezését jelenti.

Az ismertetett optimalizálási lehetőségek a közlekedési szolgáltatás-szervezés számára adhatnak jövőbeni iránymutatást. A szolgáltatási színvonal növelése mellett a szolgáltatónak, illetve a szolgáltatás megrendelője számára is az optimális költségszintet teszik lehetővé. Ezzel a felhasználó számára vonzó helyváltoztatási lehetőséget biztosíthat a közösségi közlekedés, a fenntartónál jelentkező költségek minimalizálása mellett.

A gyakorlatba átültetett, optimalizált helyközi közösségi közlekedési hálózattal vonzó alternatíva biztosítható az egyéni közlekedéssel szemben úgy, hogy a finanszírozási volumen nem növekszik.

## 7 További kutatási irányok

Az eddigi kutatásaimat a jövőben hasonló szemlélettel, intenzitással és hozzáállással kívánom folytatni, alapul véve az eddig elért eredményeimet.

A szakirodalom folyamatos változásának nyomon követésével, feldolgozásával, az ezekből adódó kutatási hiányok feltárásával több, konkrét kutatási téma is megfogalmazódott bennem. Emellett a saját modelljeim továbbfejlesztését tűztem ki célul.

Jövőbeni konkrét kutatási témák:

- a disszertáció 3.1. fejezetében foglalt társadalmi hatások figyelembevételével, a „Handbook on the External Costs of Transport” és a Magyarországon hatályos „Módszertani útmutató az egyes közlekedési projektek költség-haszon elemzéséhez” dokumentum alapján a közlekedési módok közötti és a közúti közösségi közlekedésen belüli párhuzamos szolgáltatások optimalizációjához készített modellemben vizsgált tényezőket CBA-val is értékelem, amelynek keretében az externális hatások (környezeti és baleseti költségek) számszerűsíthetők;
- a hagyományos közlekedés igényvezérelt közlekedéssel történő kiváltása helyi, városon belüli szolgáltatások esetén, kiemelten koncentrálna a peremkerületi és az alacsony forgalmú időszakokra;
- innovatív rendszerek alkalmazása a helyközi közforgalmú közlekedésben (pl. taxiközlekedés vagy *car-sharing* rendszerek bevonása);
- árrugalmasság vizsgálata, valamint az utazási idő és módválasztási paraméterek meghatározása a távolsági közösségi közlekedésben, alapul véve az általam kidolgozott stated preference alapú modellt;
- további vizsgálatok az utas által támasztott elvárások feltárására, különös figyelemmel az elvárások és az érzékelt minőség közötti összefüggések modellezéséhez;
- autonóm járművek alkalmazhatósága – mind felhasználói, mind üzemeltetői szempontból – az aprófalvas települések kiszolgálása terén;
- a különböző közösségi közlekedési módok menetrendszerűségének – valamint annak hatásainak – vizsgálata a hazai, távolsági, párhuzamos közösségi közlekedés esetén;
- a párhuzamos, nemzetközi közösségi közlekedés felhasználói preferencia- és paraméter-alapú vizsgálata a közlekedési munkamegosztás optimalizálása érdekében;
- a közösségi közlekedési igények felmérése innovatív módszerek (járműfedélzeti Wi-Fi alapú forgalomszámlálás) segítségével.

Az említett kutatásokkal a téma vizsgálatának és értékelésének komplexitása növelhető.

## 8 Irodalomjegyzék

- (Buis, 2016): Buis, M. L. Logistic regression: When can we do what we think we can do? Letöltés dátuma: 2019. június 20. URL: [http://www.maartenbuis.nl/wp/odds\\_ratio\\_3.1.pdf](http://www.maartenbuis.nl/wp/odds_ratio_3.1.pdf), 29 May [2016].
- (Csapó et al., 2008): Csapó B., Molnár G., R. Tóth K. A papíralapú tesztekől a számítógépes adaptív tesztelésig. *Iskolakultúra*. 3–4, pp. 3–16, 2008.
- (Debreu, 1954): Debreu, G. Representation of a preference ordering by a numerical function. In: Thrall, R. M., Coombs, C. H., Raiffa, H. (eds.), *Decision processes*, New York: Wiley, pp. 159–167, 1954.
- (Fishburn, 1970): Fishburn, P. C. *Utility Theory for Decision Making*. Huntington, 1970.
- (Fleischer 2005): Fleischer T. *Fenntartható fejlődés-fenntartható közlekedés*. University Library of Munich, Germany. 2005.
- (Földes, 2019): Földes D. *Innovatív közlekedési rendszerek és szolgáltatások fejlesztése*. Ph.D. értekezés. Kandó Kálmán Doktori Iskola, Közlekedés- és járműtudományok. Budapest, 2019.
- (Földes, Csiszár, 2018): Földes D., Csiszár C. Utazói elvárások az autonóm járműveket alkalmazó mobilitási szolgáltatásoknál. In: Horváth, B., Horváth, G., Gaál, B. (szerk.) *Technika és technológia a fenntartható közlekedés szolgálatában*. Közlekedéstudományi Konferencia. Győr, Magyarország. Universitas-Győr Nonprofit Kft., pp. 315–325, 2018.
- (Hajdú, 2004): Hajdú L. A logisztikus függvény és a logisztikus eloszlás. *Statisztikai szemle* 82, pp. 991–1011, 2004.
- (Kiss, Tátrai, 2012): Kiss J., Tátrai T. *Fenntartható közbeszerzés – kérdőív felmérés eredményei a magyar közbeszerzésről*. Sustainable Public Procurement. 2012.
- (Kosztó, Török, 2007): Kosztó Á., Török Á. Döntésmodellezés a közúti közlekedési módválasztásban. *Marketing & Menedzsment*. 41(1), 48–51, 2007.
- (Kövesné et al., 2014): Kövesné Gilicze É., Debreczeni G., Csiszár Cs. *Személyközlekedés*. Digitális tananyag. 2014.
- (Krajnyik 2008): Krajnyik Zs. *Környezeti javak pénzbeli értékelése Magyarországon és Szlovákiában a feltételes választás módszerének alkalmazásával*. Ph.D. értekezés. Gazdálkodástani Doktori Iskola. Budapest, 2008.
- (Kroes, Sheldon, 1988): Kroes, E. P., Sheldon, R. J. Stated Preference Methods: An Introduction. *Journal of Transport Economics and Policy*. 22(1), pp. 11–25, 1988.
- (Lakatos 2019c): Lakatos, A. A távolsági közforgalmú közlekedésben megjelenő párhuzamosságok kérdései, vizsgálata Magyarországon. *Városi Közlekedés* 55(1), pp. 44–47, 2019.
- (Lakatos et al., 2020a): Lakatos, A., Tóth, J., Mándoki, P. Demand Responsive Transport Service of 'Dead-End Villages' in Interurban Traffic. *Sustainability*. 12 (9), 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12093820>
- (Lakatos et al., 2020b): Lakatos, A., Tóth, J., Kerek, T. Zsáktelepülések igényvezérelt alapú kiszolgálása a helyközi közösségi közlekedésben. In: Horváth, Balázs; Horváth, Gábor (szerk.) *X. Közlekedéstudományi Konferencia 2020*. Győr (Könyvrészlet/Konferenciaközlemény) Győr, Magyarország : Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék, Közlekedéstudományi Egyesület (2020) Paper: 72.
- (Lakatos, Mándoki, 2017d): Lakatos, A., Mándoki, P. Quality evaluation of the long-distance bus and train transportation in Hungary. *Transportation Research Procedia*. 27, 2017, pp. 365–372., 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.086>

(Lakatos, Mándoki, 2019a): Lakatos A., Mándoki P. A magyarországi regionális vasúti és autóbuzos személyszállítás párhuzamosságának analitikus vizsgálata logit-modell segítségével. *Közlekedéstudományi Szemle*. 69(5), pp. 29–40, 2019.

(Lakatos, Mándoki, 2019b): Lakatos, A., Mándoki, P. (ONLINE) Evaluation of Traveling Parameters in Parallel Long-Distance Public Transport. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3311/PPtr.14731>.

(Lakatos, Mándoki, 2019d): Lakatos A., Mándoki P. Felhasználói eszközválasztás vizsgálata a távolsági, párhuzamos közösségi közlekedésben. In: Horváth, G., Gaál, B., Horváth, B. (szerk.) *Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2019 Conference on Transport Sciences: Alternatív-Autonóm-Kooperatív-Komparatív Mobilitás, Győr, Magyarország: Széchenyi István Egyetem, Paper: 36, 2019.*

(Lakatos, Mándoki, 2020c): Lakatos, A., Mándoki, P. Sustainability Analysis of Competition in Public Transport Systems: A Comparative Case Study in Hungary and Finland. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3311/PPci.14824>

(Lakatos, Mándoki, 2020d): Lakatos, A., Mándoki, P. Analytical, Logit Model-based Examination of the Hungarian Regional Parallel Public Transport System. *Promet - Traffic&Transportation*. 32(3), pp. 361–369, 2020. DOI: <https://doi.org/10.7307/ptt.v32i3.3307>

(Lakatos, Mándoki, 2020e): Lakatos, A., Mándoki, P., Mode-choice Analysis in Long-distance, Parallel Public Transport *Transportation Research Procedia*. 44, pp. 332–341., 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.034>

(Lakatos, Mándoki, 2017a): Lakatos, A., Mándoki, P. A magyarországi vasúti és távolsági autóbuzos személyszállítás párhuzamosságának kérdései az utazási paraméterek szempontjából. *Közlekedéstudományi Szemle*. 67(3), pp. 63–76., 2017.

(Lakatos, Mándoki, 2017b): Lakatos A., Mándoki, P. Felhasználói idő- és költségértékek vizsgálata a magyarországi párhuzamos vasúti és távolsági autóbuzos személyszállítás területén In: Horváth, B.; Horváth, G.; Gaál, B. (szerk.) *Közlekedéstudományi Konferencia Győr, Magyarország: Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék. pp. 1–4., 2017.*

(Lakatos, Mándoki, 2017c): Lakatos A., Mándoki P. A magyarországi párhuzamos távolsági autóbuzos és vasúti közlekedés összehasonlítása felhasználói oldalon jelentkező minőségi elvárások alapján. In: Péter, T. (szerk.) *IFFK 2017: XI. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés Budapest, Magyarország: Magyar Mérnökakadémia (MMA), pp. 249–254, 2017.*

(Lakatos, Mándoki, 2018a): Lakatos A., Mándoki P. A magyarországi regionális vasúti és autóbuzos személyszállítás párhuzamosságának többszemponú vizsgálat alapján történő összehasonlítása. In: Péter, T. (szerk.) *IFFK 2018: XII. Innováció és fenntartható felszíni közlekedés Budapest, Magyarország: Magyar Mérnökakadémia (MMA), Paper: 26, 2018.*

(Lakatos, Mándoki, 2018b): Lakatos A., Mándoki P. *Autóbuz-üzemtan. Akadémiai Kiadó, 2018. (elektronikus kiadás)*

(Lakatos, Mándoki, 2018c): Lakatos, A., Mándoki, P. *Autóbuz-üzemtan. BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar (nyomtatott jegyzet), 2018.*

(Munkácsy et al., 2018): Munkácsy A., Szele A., Hideg V. A fokozódó motorizáció városi-elővárosi tünetei és a kiutak. In: Horváth B., Horváth G., Gaál B. (szerk.): *Közlekedéstudományi Konferencia: Technika és technológia a fenntartható közlekedés szolgálatában. Győr, Széchenyi István Egyetem. pp. 53–60, 2018.*

(Rardin, 1997): Rardin, Ronald L.. *Optimization in operations research. Prentice Hall, (1997).*

(Tánczos et al., 2007): Tánczos L., Török Á. Közúti közlekedési módválasztás modellezése Budapest és Győr között. *Közlekedéstudományi Szemle*. 57, pp. 220–226, 2007.

(Vörös, 2011): Vörös, T. A hazai távolsági közösségi közlekedés környezet szempontú vizsgálata. Szakdolgozat. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar. Budapest, 2011.