

**BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI KAR
KÖZLEKEDÉSÜZEMI TANSZÉK**

**A SZEMÉLYKÖZLEKEDÉSI ADATFELVÉTELEKEN
ALAPULÓ MODELLEK FEJLESZTÉSE**

PhD értekezés tézisei

Berki Zsolt
okl. közlekedésmérnök
okl. mérnök-tanár

Témavezető:
Kövesné dr. Gilicze Éva
egyetemi tanár, az MTA doktora

Budapest
2008

TUDOMÁNYOS ÉLETRAJZ

Berki Zsolt

okl. közlekedésmérnök
okl. mérnök-tanár

Személyes adatok

születési hely, idő: Budapest, 1970.08.01.; anyja leánykori neve: Hliva Julianna
Elérhetőség: 1051 Bp. Hercegprímás u. 10., T: 353-1484, email: berki.zsolt@transman.hu

Képzettség

Budapesti Műszaki Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar 1989-1994,
Okl. Közlekedésmérnök

Budapesti Műszaki Egyetem, Természet- és Társadalomtudományi Kar, 1991-1995,
Okl. Mérnök-tanár

Nyelvtudás

angol: középfok, 'C'; német: középfok, 'C'

Szakmai továbbképzések

- 1993. Pan European Joint Project, Germany
- 1994. Pan European Joint Project, France
- 1995. Advanced Traffic Forecasting Course, PHARE, Hungary
- 1997. Operations Research and Decision Aid Methodologies in Traffic and Transportation Management, NATO Advanced Study Institute, Hungary
- 2002. ESRI Internet Technológia, ESRI Magyarország
- 2003. (2373) Programozás VB.NET nyelven, NetAcademia
- 2003. "Grundlagen der Verkehrsplanung für Praktiker und Entscheidungsträger", Institute für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der TU WIEN, Österreich
- 2007. Az ADO.NET programozása, NetAcademia

Szakmai testületekben való tagság

Közlekedéstudományi Egyesület
Magyar Mérnöki Kamara minősített tagja
KÉ-Sz: Közlekedési építőmérnöki szakértő
KÖ-Sz: Közlekedésmérnöki szakértő
KÖ-T: Közlekedésmérnöki tervező

Szakmai tapasztalat

Részvétel Európai Unió kutatás-fejlesztési programokban

12 EU kutatás-fejlesztési programban vettem részt, melyek közül az értekezéshez közvetlenül az alábbiak kapcsolódnak:

- EUROPRICE: Energy Efficiency of Urban Road Pricing Investigation in Capitals of Europe / A városi útdíjszedés energia-hatékonyságának vizsgálata Európa fővárosaiban (DG VII, 1997-1999)
- IASON: Integrated Assessment of Spatial Economic and Network Effects of Transport Investments and Policies / Közlekedési beruházások területi-, gazdasági- és hálózati hatásainak integrált értékelése (DG TREN 2000-2003)
- REMOVE: Közlekedéspolitikai intézkedésérzékelő szoftver (DG ENV 2002)
- MOTOS Transport Modelling: Towards Operational Standards in Europe / Közlekedési modellezés: az egységes szemléletű megközelítés felé Európában (DG TREN 2006-2007)

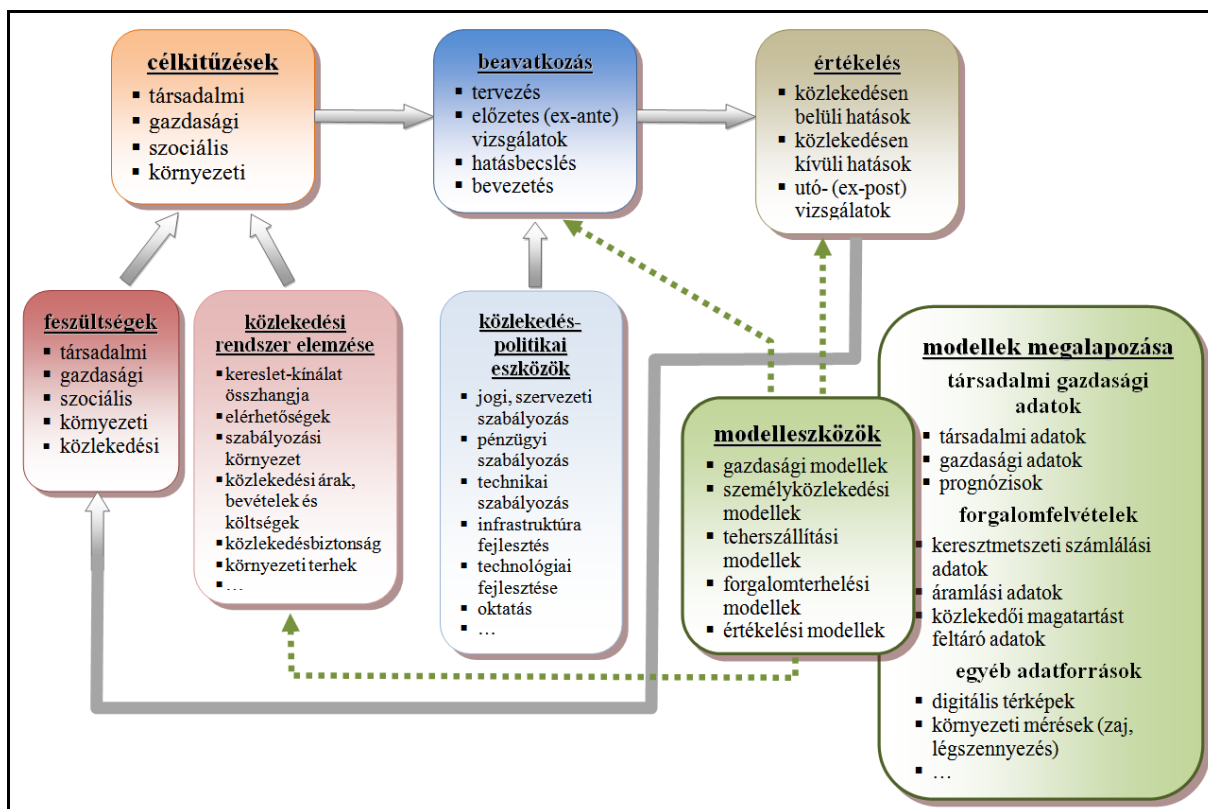
Hazai referenciamunkák

Közel 100 hazai projektben vettem részt a közlekedéstervezés területén, melyekből az értekezés téziseihez közvetlenül a következők kapcsolódnak:

- Regionális közlekedésre szabott térinformatikai rendszer kialakítása (TÉRKÉPTÁR Kft.-vel), Megbízó: BKSZ Kht., 2007
- A budapesti és környéki forgalomfelvételek megalapozása, Megbízó: FŐPOHI, 2006
- A BKSz területére vonatkozó on-line utazásszervező kialakításának, megvalósíthatósági tanulmányterve (CData Kft.-vel), Megbízó: BKSZ Kht, 2006
- Miskolc város közösségi közlekedési hálózatának racionalizálási terve, Megbízó: Miskolc Városi Közlekedési Zrt, 2006
- Miskolc közösségi közlekedésének fejlesztési koncepciója, Megbízó: Miskolc Városi Közlekedési Zrt, 2006
- Városi közösségi közlekedésre szabott térinformatikai rendszer fejlesztése, Megbízó: BKV Rt, 2005
- Főváros és környéke célforgalmi háztartásfelvétel elemzése, Megbízó: BKV Rt, 2005
- Miskolc város közösségi közlekedési hálózatának fejlesztési terve, Megbízó: Miskolc Városi Közlekedési Rt, 2005
- Főváros és környéke célforgalmi háztartásfelvétel, összefoglaló jelentés, „Final Report”, Megbízó: BKV Rt, 2004
- Közreműködés a BKV forgalomfelvétel programjainak kialakításában, Megbízó: CData Bt, 2004
- A városi és regionális összközlekedési forgalmi modellek továbbfejlesztési lehetőségei a BKSz utas-áramok meghatározhatósága szempontjából, Megbízó: GKM Közlekedéspolitikai Főosztály, 2004.
- A közlekedési szövetségi rendszerek megalakításának előkészítéseként a városi és regionális menetrendi szerkezet egységesítése a szövetségi rendszertervezési, irányítási és tájékoztatási szempontjainak figyelembevételével, Megbízó: GKM, 2003
- Szeged város tömegközlekedési hálózatának vizsgálata (Dunabit-tel), Megbízó: Szeged megyei jogú város önkormányzati hivatala stratégiai irodája, 2000
- A különböző közlekedési módok elfogadottságának, társadalmi támogatottságának vizsgálata, Megbízó: FŐPOHI, 2000
- A budapestiek közlekedési szokásai és közlekedéssel kapcsolatos véleményei, Megbízó: FŐPOHI, 2000

A KUTATÁSOK ELŐZMÉNYE

A közlekedés, mint a társadalmi-gazdasági folyamatokhoz kapcsolódó tevékenységek végzése során felmerülő személy- és áruszállítási igényt kielégítő szolgáltatás, tervezése folyamatosan fejlődésben van, mivel az a célkitűzés, hogy „közlekedési rendszereink megfeleljenek társadalmunk gazdasági, szociális és környezetvédelmi jellegű igényeinek” egyre több és több erőfeszítést, illetve a korábbiaknál sokkal összetettebb intézkedések meghozatalát kívánja meg.



1. ábra: A közlekedési modellek helye és szerepe a közlekedéspolitikában

Az 1. ábra mutatja be a közlekedési modellek helyét és szerepét a közlekedéspolitikában (Monigl és MOTOS projekt nyomán saját szerkesztés), mely alapján jól látható, hogy a társadalmi környezetben a közlekedéssel kapcsolatosan kialakuló feszültségek és a közlekedési rendszer elemzéséből leszűrhető visszásságok alapján fogalmazódnak meg a közlekedéspolitikai célkitűzések.

A közlekedéssel kapcsolatos problémák kezelésének számos közlekedéspolitikai eszköze van, melyek alkalmazása a közlekedéspolitikai céloktól és a beavatkozási lehetőségektől függ. Adott cél elérése érdekében több eszköz is alkalmazható (pl. infrastruktúra fejlesztése – elérhetőség javítása, használói költségek változtatása), vagy akár intézkedéscsomag, több eszköz/fejlesztés együttes alkalmazása (pl. elkerülő út és a belső területeken korlátozó intézkedések) is.

A modellezés hivatott megbízhatóan előre jelezni a várható közlekedési igényeket és a helyzet javítását célzó intézkedések hatásait, illetve a költség-haszon vizsgálatok és használati értékelemzések bemenő adatainak biztosításával hozzájárul az – akár nemzetközi, akár hazai forrásból – sikeresen finanszírozható projektek megalapozásához. A közlekedési igények befolyásolására vonatkozó egyre újabb típusú intézkedéseket a korábbi modellek nem képesek minden esetben megfelelő módon kezelni, illetve a technológiai fejlődés kapcsán

megjelenő új lehetőségeket – melyek a közlekedési folyamatoknak a lényegesen jobb, vagy nagyobb tömegben való megismerését teszik lehetővé – a modellezésben is hasznosítani szükséges. Ily módon következik, hogy a közlekedési modellek fejlesztésére és alkalmazására fokozatosan növekvő igény van.

A közlekedési modellek fejlesztése a környezetben zajló folyamatok megfigyelésével és az adatgyűjtéssel kezdődik, melyek segítségével tudjuk a valós rendszert matematikai modellekkel leírni, annak érdekében, hogy a belső és külső kölcsönhatásokat megértsük, s ennek alapján a problémákat kezelő beavatkozásokra tett javaslatok hatásai előre jelezhetők, illetve értékelhetők legyenek.

A technológiai fejlődés – közelebbről például a műholdas helymeghatározás, a digitális térképek, a térinformatika, a számítógépes adatfelvétel – lehetővé teszi a közlekedési igények kiváltó okainak és a közlekedők döntéseinek részletesebb vizsgálatát és beépítését a forgalmi modellezés és értékelés módszertanába.

Vonatkozó nemzetközi és hazai kutatások

Közlekedési szokásjellemzők kutatását megalapozó háztartásfelvételek

A közlekedési szokásjellemzők megismerését leginkább a háztartásfelvételek teszik lehetővé, amelyeket hazánkban már az 1960-as és 70-es években is készítettek. Az ilyen típusú felvételek közül a következők említendők:

- 1970-es évek 10 vidéki város és Budapest eredményeit a Városi Közlekedési Kézikönyvben Monigl foglalta össze.
- Budapesten közel 10 évenként háztartásfelvételekre került sor; az 1973/74., 1983/84., 1992/1994. és 2004. években. A korábbi budapesti felvételek Bényei, Monigl, Szegő vezetésével a METRÓBER gondozásában készültek, a későbbiekre Monigl és munkatársai (Nagy, Berki) irányításával a Közlekedés Kft végrehajtásában (Várady, Szegő, Dobrocsi, Dávid) került sor.
- Országos felvétel az 1980-as években a KTI vezetésével készült (Vörös, Albert).
- Budapest környéki településekben 1992., 1996., 2004. és 2007. években kerültek végrehajtásra háztartásfelvételek, jellemzően kisebb mintán.
- Az utóbbi időben vidéki városokban is készült háztartásfelvétel, elsősorban Győrben, Miskolcon, Sopron, Szegeden, Debrecenben és Vácott.

A külföldi felvételek közül kiemelendők a TU Dresden (Böhme) és a Socialdata (Brög) által végzett felvételek.

Közlekedői magatartás felvételére szolgáló számítógépes adatfelvételek

Számítógépek a közlekedői magatartást feltáró adatok felvételében csak az 1990-es évektől kezdve jelentek meg, melyek előnyeit Saris, illetve De Leeuw és Nicholls publikációi foglalták össze.

A külföldi kutatók közül elsősorban a következők munkássága mutatja a fontosabb fejlődési fokozatokat:

- Couper és Burt 1994-es módszertani kutatásai,
- Connett 1996-os publikációja a programozás kérdéseiről,
- Banks-Laurie 1999-es beszámolója a Brit háztartási adatfelvételről,
- Wachs 1999-ben írt cikke a várható fejlődési irányairól,
- Wolf publikációi az adatgyűjtés új módszereiről,
- Doherty és Miller 2000-ben kifejlesztett CHASE programja, melyet Lee-Doherty-Sabetiashraf-McNally fejlesztett tovább.

A térinformatika alkalmazásának a következő fő állomásai azonosíthatók:

- Abdel-Aty–Kitamura–Jovanis az útvonalválasztási döntéseket vizsgálták térinformatikai támogatással 1995-ben.
- Lawton és Pas kutatta a közlekedésmenedzsment intézkedések hatásait térinformatikai eszközökkel.
- Kreitz vizsgálta a térbeni adatoknak a felvételi módszerekbe és forgalmi modellbe építési lehetőségeit.

Kövesné-Havas-Debreczeni-Tóth-Mándoki kutatta a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Közlekedésmérnöki Kar Közlekedésüzemi Tanszékén a számítógépes adatfelvételeket, míg a közlekedési informatika oldaláról Tóth J. és Csizsár munkássága jelentős. 2005-ben Berki foglalkozott a kérdéskörrel a BKV célforgalmi háztartásfelvétel kapcsán.

Forgalmi modellezés

A forgalmi modellezés nemzetközi szinten már a XX. század derekán megkezdődött. A klasszikus négylépéses modellek általában fizikai analógiákon alapultak (gravitációs modell, Kirchoff modell). Az ökonometriai összefüggések felhasználásával készült egyéni választási modellek az Egyesült Államokban fejlődtek ki.

Az egyéni választási modellek kutatásának tárgykörében legjelentősebb Domencich és Mc Fadden munkássága, de a módszertani fejlesztésekben kiemelkedő még Ben-Akiva, Hensher, Axhausen, Bierlaire, Manski, Spear, Train, Brög, Dagazano, Daly, Mäcke, Mahmassani munkássága.

A kinyilvánított preferenciákra épülő modellek jelentős részben McFadden, Hensher, Bradley, Train, Wilson, Ben-Akiva, Lerman, Morikawa kutatásaihoz köthetők.

A hazai modellfejlesztési kutatások közül kiemelendők a következők:

- az UVATERV-nél Nagy saját hálózati ráterhelési eljárása;
- a győri Széchenyi István főiskolán Bakó-Kálmán-Koren Cs.-Marton-Pusztai munkássága és a közúti vizsgálatokra alkalmas NETWINFO;
- a Közlekedéstudományi Intézetben (KÖTUKI/, majd KTI) Monigl, Vásárhelyi, Scherr, Ujhelyi, Koren T. kutatásai és az analitikus forgalomelőrebecslési módszerek kidolgozása;
- A KTI-ben Monigl vezetésével készült nagyméretű háztartásfelvételekre támaszkodó összközlekedési KOMPLEX modellrendszer és Vörös kutatásai a TRANSZKOMPLEX teherforgalmi modellre vonatkozóan;
- a TRANSMAN-nál a több módú, összközlekedési igénymodellezés és közúti, valamint tömegközlekedési ráterhelési eljárás kifejlesztése Monigl, Koren T., Ujhelyi, Nagy, Berki által.

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen (BME) kapcsolódó kutatások:

- a Közlekedésmérnöki Kar Közlekedésüzemi Tanszékén Kövesné, Tóth, Debreczeni, Mándoki a globalizációnak a modellekre gyakorolt hatásait vizsgálja;
- a Közlekedésmérnöki Kar Közlekedésautomatika Tanszékén Kulcsár-Varga és Bokor munkássága említendő a közúti közlekedés és szimulációs vizsgálatok területén;
- a BME Építőmérnöki Kar Út és Vasútépítési tanszékén Fi és munkatársainak kutatásai jelentősek a közúti forgalmi modellezésben.

Az egyéni választási döntések háttérét kutatta Koren Cs., Pálfalvi, Sándor, Tánczos és Török, de a forgalmi modellekben történő alkalmazhatósággal kapcsolatos hazai kutatások jelentős részben Monigl, illetve részben munkatársai Berki-Koren T.-Nagy-Ujhelyi nevéhez köthetők.

Az egyetemi kutatások mellett a hazai tanácsadói szféra is jelentősen hozzájárul a szakmai fejlődéshez. A témakörrel foglalkozó legjelentősebb hazai cégek a TRANSMAN, KÖZLEKEDÉS, Bauconsult, COWI, FŐMTERV, KTI, KVANTITÁS, UVATERV, ProUrbe és Terra Studio.

Közlekedéspolitikai intézkedések általános értékelési eljárásai

A közlekedésben általában a költség-haszon elemzés használatos a pénzben kifejezhető mennyiségek összevetésére, míg a pénzben ki nem fejezhető mutatók értékelése a multikritériumos értékelési eljárások kerülnek alkalmazásra.

A költség-haszon vizsgálati eljárásokat a közúti útvonalak fejlesztésével kapcsolatosan Berg fejlesztette ki, már a 60-as években.

A hálózati szemléletű értékelési eljárások kidolgozása elsősorban az UVATERV és a KTI munkatársaihoz kötődnek, név szerint elsősorban Faludy, Koren Cs., Koren T., Monigl és Scherr kutatásaihoz.

A közlekedés minőségi kérdéseire vonatkozó értékelési eljárások kidolgozásával a BME Közlekedésüzemi Tanszékén Turányi nyomán Kövesné foglalkozott, mely kutatásokhoz csatlakoznak Debreczeni, Mándoki és Tóth J. vizsgálatai.

A BME Közlekedésgazdasági Tanszékén Tánczosné által vezetett kutatások a legismertebbek, melynek eredménye a munkatársaival közösen kifejlesztett INNOFINance pénzügyi értékelési modell, amelyet számos nagy hazai projektben használtak.

A győri Széchenyi István Egyetemen Prileszky dolgozott ki értékelési módszertant a tömegközlekedési fejlesztések komplex hatásvizsgálatára vonatkozóan.

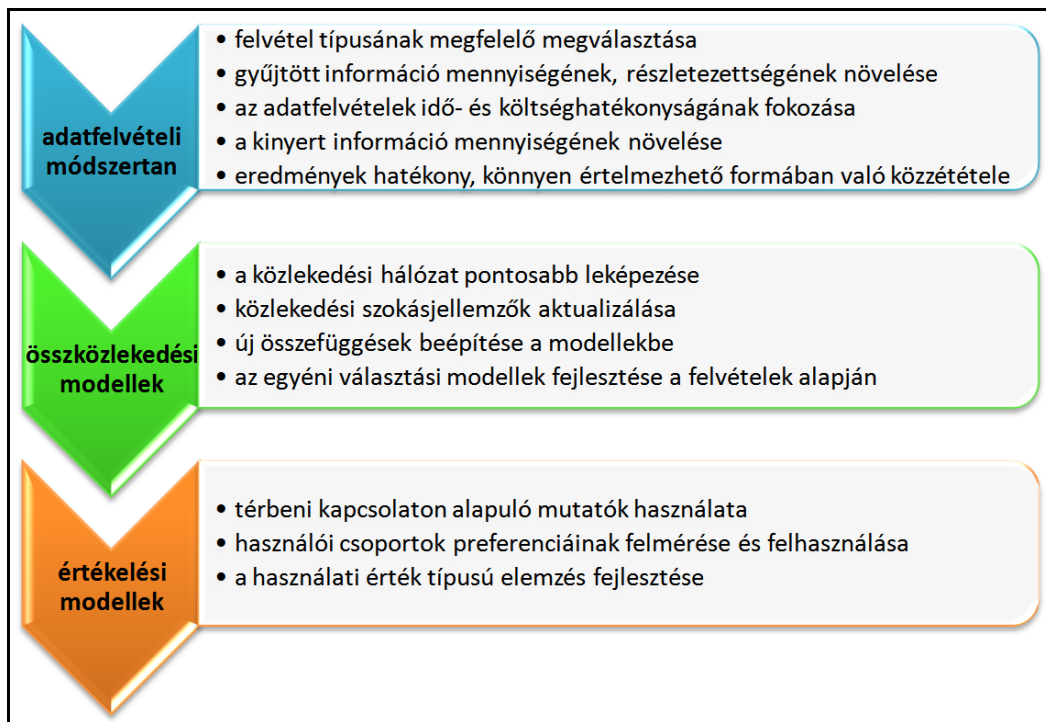
A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI

A közlekedéstervezés és a hatásértékelés folyamatának központi eleme a forgalmi modell, melynek „jósága” – a valóságban zajló közlekedési folyamatoknak a vizsgálat tárgyát képező személyközlekedési részfolyamaira vonatkozó modellek magyarázó ereje, a felmért jellemzőknek való megfelelése – a közlekedéspolitikai intézkedések vizsgálatát alapvetően meghatározza. A kutatás elsősorban tehát a forgalmi modell fejlesztésére, illetve a fejlesztések hasznosítási lehetőségeire irányult (ld. 2. ábra).

A forgalmi modellek a felmért adatokra épülnek, így kérdésként merült fel, hogy miként lehet

- a kívánt vizsgálatához a felvételi módszertant megválasztani,
- az adatfelvételekben gyűjtött információ mennyiségét, részletgazdagságát növelni,
- az adatfelvételek idő- és költség hatékonyságát fokozni,
- a felvett adatok elemzése kapcsán a kinyert információ mennyiségét növelni és
- a feldolgozási eredményeket hatékonyan, könnyen értelmezhető formában közzétenni.

A korábbi forgalmi modellezési vizsgálatoknál igen gyakran megfigyelhető volt az egymódú modellek építése, a közlekedési módváltás empirikus alapokon történő becslése.



2. ábra: A kutatás célkitűzései

A vizsgálataim ezért elsősorban az összközlekedési modellekre és azon belül hangsúlyosan a módváltási modellekre koncentráltak, hogy ezen modellek magyarázó erejét és elfogadottságát jelentősen növelni lehessen. Ezzel összefüggésben vizsgáltam az egyéni döntésen alapuló modellek előnyeit, illetve az egyéni preferenciák érvényesítését a modellezésben. A fenti célkitűzések előrevetítették annak a szükségességét, hogy elérésük esetén ezeket az eredményeket az értékelési modellekben is szerepeltetni kell, mely részben a korábban is alkalmazott mutatószámokon keresztül történhet, de egyes eredményeket új mutatószámok bevonásával, illetve az értékelési módszerek kisebb fejlesztésével lehet hasznosítani.

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Kutatásaim háttérében a kapcsolódó szakirodalmak és vizsgálati jelentések alapján feldolgozott kutatási módszerek széles köre áll, melyeket a következőkben foglaltam össze:

- kategorizálást és ráfordításelemzést végeztem a háztartásfelvételi módszerek vizsgálata során,
- speciális kvantitatív skálázó közvéleménykutatási módszert alkalmaztam a napi ingázók módválasztással kapcsolatos értékrendjének megismerésére,
- számítógéppel támogatott napi tevékenységi és helyváltoztatási lánc-felvételi módszert alkalmaztam a helyváltoztatási szokások megismerése érdekében,
- a napi tevékenységek és helyváltoztatások hálózati követésére geokódolt adatkezelést alkalmaztam,
- geoadatbázis modellen alapuló, relációs adatkezelési technikát használtam nagy adatállományok elemzésére,
- gráfelméleti leírást és eljárást alkalmaztam a közlekedési szolgáltatási kínálat leírására,
- tematikus térképeket készítettem és téralapú szomszédosság vizsgálatokat végeztem a közforgalmú közlekedési kínálat nyújtotta elérhetőség és a háztartások főbb közlekedési mutatói közötti összefüggések feltárására,
- többdimenziós kategóriaelemzést alkalmaztam a közlekedési szokások komplexebb megismerésére,
- regressziós módszert alkalmaztam a háztartási jövedelemszintek mobilitásra (napi fajlagos helyváltoztatás számra) gyakorolt hatásának megismerésére,
- kinyilatkoztatott (stated) és beszámolt (revealed) preferenciák elemzési módszert alkalmaztam a közlekedési módválasztással kapcsolatos hasznossági függvények megállapításához,
- multinomiális és hierarchikus logit-modellt alkalmaztam a közlekedési módválasztás változásának becslésére,
- függetlenségvizsgálattal (hipotézisteszttel) ellenőriztem a választható, közforgalmú közlekedési módok függetlenek-e egymástól,
- érzékenységelemzési módszert alkalmaztam a módválasztási függvények független változóinak definiált tartományban való változtatásával a függő változóra gyakorolt hatásának becsléséhez,
- a logitelemzés keretében a hasznossági (utility) függvények független változóikhoz tartozó együtthatóit használtam a különböző utascsoportok közlekedési időértékeinek becsléséhez,
- használati értékelemzés módszerét alkalmaztam a közlekedési hálózatokon történő beavatkozások változásainak minősítéséhez.

Az alkalmazott módszerek közül többet továbbfejlesztettem (pl. háztartásfelvétel, értékrendek meghatározása számítógéppel támogatva), amely tevékenységek egy részét kutatási eredményként is számon tartom, tekintettel arra, hogy ezek a fejlesztések az ismeretszerzés egy magasabb minőségi szintjét jelentik, amelyek az egyéb vizsgálataim megbízhatóbb végzését tették lehetővé és eredményeim eléréséhez is alapvetőek voltak.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. **Az egyéni közlekedési szokások elemzéséhez és matematikai modellek segítségével történő leírásához kapcsolódó adatfelvételi és adatkezelési módszertani eszköztárat továbbfejlesztettem a térbeli kapcsolatoknak az adatbázisba emelésével. A térinformációkon alapuló logikai kapcsolatok segítségével kimutattam és bizonyítottam a közlekedési kereslet és az elérhetőség kapcsolatát, melynek segítségével a tervezési feladatokban az elérhetőséget befolyásoló intézkedések hatásai hitelesebben számszerűsíthetők.**
 - a. **Számítógépes háztartásfelvételi szoftver kifejlesztésével az összközlekedési háztartásfelvételek minőségének fokozottabb ellenőrzését és az utazási információk részletesebb felvételét értem el, mely biztosítja a tevékenységi és utazási láncok kellő részletességű és térbeli azonosítókkal ellátott felvételét.**

Elvégeztem az eddig alkalmazott háztartásfelvételi módszertanok és a kézi felvétel eredményeinek az elemzését és azonosítottam az elsődleges fejlesztési területeket. A tevékenységi és helyváltoztatási láncok felvételével kapcsolatban az adatoknak a korábbinál sokkal részletesebb felvétele, az adatfelvétel gyors és hatékony megvalósítása, a téradatokkal és a közlekedési szolgáltatásokat leíró adatbázisokkal való kapcsolódás, a több szempont szerinti átlátható elemezhetőség, valamint egy új típusú minőségbiztosítás voltak a kiemelt szempontok.

Az elvárások alapján javaslatot dolgoztam ki a feladatot minőségileg magasabb szinten és gazdaságosabban teljesítő gépi adatfelvételre vonatkozóan. A tervezett előnyöket a bemutatott alkalmazások során igazolni tudtam és a költséghatékonyságot a ráfordítások becslésével támasztottam alá. Kutatásaim alapján Magyarországon elsőként részletesen megterveztem és programozók segítségével kifejlesztettem egy közlekedési háztartásfelvételek elvégzésére szolgáló szoftvert – TRANSCAPI, melynek alkalmazásával felvett háztartási adatok a megfogalmazott célkitűzéseket mindenben teljesíteni képesek. A szoftver képes a nem valós utazási láncok szűrésére, a kimaradó tevékenységek csökkentésére, a helyinformációk kielégítő pontosságú, térképi referenciával rendelkező felvételére és a közforgalmú közlekedéssel végzett utazások megálló és viszonylat mélységű felmérésére. A TRANSCAPI szoftverrel végzett felvételek eredményeképpen előálló adatbázison olyan diszaggregált, térbeni kapcsolatokat is felhasználó elemzések végezhetők, melyeket korábban a szakma nem tudott megvalósítani.

A TRANSCAPI szoftver alkalmazásra került a Budapesti Közlekedési Zrt. 50ezer háztartást érintő 2004. évi célforgalmi háztartásfelvételnél és a Budapesti Közlekedés-Szervező Kht. megbízásából 2007. őszén végrehajtott Budapest környéki 9ezer háztartási felvételnél.

Kapcsolódó publikációk: [1], [3], [9].

b. Komplex térinformatikai alapokon nyugvó közlekedési adatmenedzselési módszertant fejlesztettem ki, melynek segítségével a forgalmi modellezést segítő elemzések kiegészülhetnek térbeli kapcsolatokra alapozott elemzésekkel, amely mind egyfelhasználós, mind többfelhasználós környezetben képes működni.

A korábbi adatfelvételek eredményei széttagolt adatbázisokba kerültek, a keresleti és kínálati adatok összekapcsolása csak áttéteken keresztül tudott megvalósulni, az elemzések jellemzően célalkalmazásokkal készültek és több esetben inkonzisztens eredményekhez is vezettek.

A térinformatikai tudományág vívmányait, elméleti és gyakorlati eredményeit felhasználva megmutattam, hogy miként építhető fel közlekedési adatokat hordozó geoadatbázis, melynek kimenetei közvetlenül, vagy közvetve összekapcsolhatók a háztartásfelvételi szoftverrel, a kínálati és a keresleti adatokkal és modellekkel. Bemutattam a vezetéssel fejlesztett közlekedési geoadatbázis logikai modelljét, mely egyaránt alkalmas a közúti és a tömegközlekedési adatok tárolására.

Az eredmények gyakorlati alkalmazásaként bemutattam a hálózati modell digitális térképi állományból történő levezetését Szeged, Budapest és Miskolc példáján, illetve a BKV működéséhez illeszkedő geoadatbázist, melyhez a TRANSCAPI szoftverrel végzett háztartásfelvétel adatai tartalmilag illeszkednek. Az így megvalósítható elemzések részét képezhetik az értékelési modellekben új mutatók használatának és ezáltal a hálózati változatok, valamint közlekedéspolitikai intézkedések pontosabb vizsgálatának.

Kapcsolódó publikációk: [2], [7].

c. Kimutattam és bizonyítottam az elérhetőségnek és a közlekedési keresletnek a kapcsolatát, melynek segítségével a tervezési feladatokban az elérhetőséget befolyásoló intézkedések hatásai hitelesebben számszerűsíthetők.

A BKV 2004. évi háztartásfelvétele az 1/a tételben bemutatott TRANSCAPI szoftverrel készült. A felvett adatokból és a csatlakozó adatbázisokból az 1/b tételben ismertetett adatmenedzselési módszertani elveket felhasználva közlekedési geoadatbázist építettem.

A háztartásfelvételi adatokat tartalmazó geoadatbázis alapján vizsgáltam a közforgalmú közlekedési eszközök rendelkezésre állása és a helyváltoztatási igények, illetve a módválasztási preferenciák közötti kapcsolatot.

A metrónak, mint az egyik legmagasabb szolgáltatási szintet nyújtó közforgalmú közlekedési eszköznek a közlekedési hatásait vizsgáltam az érintett, illetve a nem érintett lakóterületeken élők szokásjellemzőinek összevetésével. Ily módon kimutatható, hogy a metró által feltárt körzetekben élők átlagosan közel 10%-kal több napi helyváltoztatást végeznek és mintegy 20%-kal magasabb a tömegközlekedési utazások részaránya (ld. 1. táblázat).

Az így adódó arányszámok alapján térbeni elhelyezkedés és relációs kapcsolat szerint differenciált növekménymátrixot vezettem le a 4-es metró környezetére vonatkozóan, mely a generált tömegközlekedési utazások közelítéseként értelmezhető. A törvényszerűség felismerésével a 4-es metróvonal tervezési munkái során lehetőség volt az összközlekedési forgalmi hatások figyelembe vételére az egymódú (közforgalmú közlekedésre vonatkozó) forgalmi modellben.

1. táblázat: A fajlagos utazási igények és a tömegközlekedés választási aránya a metróvonalak kiszolgálási területén és azon kívül

vizsgált terület	érintett övezet	egy lakosra jutó összes napi helyváltoztatás	egy lakosra jutó napi tömegközlekedési helyváltoztatás	tömegközlekedés választási aránya
M2 metró	0-400 m	2,45	1,28	52,1%
környezete	400-800 m	2,34	1,20	51,1%
M3 metró	0-400 m	2,45	1,21	49,4%
környezete	400-800 m	2,37	1,10	46,4%
metróvonalak	0-400 m	2,43	1,22	50,3%
környezete együtt	400-800 m	2,35	1,13	48,3%
metró van		2,39	1,16	48,8%
metró nincs		2,21	0,88	39,8%
Budapest		2,29	1,05	45,9%
BKV teljes szolgáltatási terület		2,25	0,94	41,8%

Kapcsolódó publikáció: [9].

2. Kidolgoztam a közlekedési módvlasztási preferenciák lekérdezésére szolgáló kérdőív tartalmi vonatkozásait, mely a gyakorlatban alkalmazásra került. A felvétel adatainak feldolgozásával ökonometriai módvlasztási modellt dolgoztam ki a Budapestre naponta bejárókra vonatkozóan.

A tervezett infrastruktúra fejlesztések és egyéb körülményváltozások (pl. behajtási díj bevezetése) következtében várható módvlasztási arányok becslése és megalapozott előrejelzése a közlekedési modellezésen alapuló vizsgálatok egyik legfontosabb feladata. Az eddigi vizsgálatok elsősorban a bevallott utazások alapján készültek, viszonylag ritkán matematikai modellel alátámasztva.

A tézishez kapcsolódóan új típusú, a válaszadók várható döntéseit feltáró kérdőívet használtam és az eredményekre épülően módvlasztási modellt építettem. A Budapestre rendszeresen bejárókra vonatkozóan, a kinyilatkoztatott preferenciák módszerén alapuló kérdőívet dolgoztam ki a szakmai partnerek véleményeinek felhasználásával. A kérdőív részeként a preferencia vizsgálatot egy előre definiált (részleges faktorális tervezéssel készült) kérdező kártya csomag segítségével javasoltam végezni. A kérdésekben változtatott független paraméterek a következők: utazási idő, utazási költség, az adott eszköz gyakorisága, átszállások száma, parkolási körülmények a célhelyen, illetve a P+R feltételek megléte.

A Budapesti Közlekedési Szövetség területén 2007. évben végrehajtott célzott módvlasztási preferenciavizsgálat alapján, települési- és személyes adottságok szerint differenciáltan logit alapú módvlasztási modellt állítottam fel, illetve meghatároztam a független változók együtthatóit.

A logit függvény definíciója:

$$P_{k,i} = \frac{e^{U_{k,i}}}{\sum_j e^{U_{n,j}}}, \text{ ahol}$$

$P_{k,i}$: annak a valószínűsége, hogy az k-dik döntéshozó az i-dik alternatívát választja,
 $U_{k,i}$: a k-dik döntéshozónak az i-dik alternatívára vonatkozó megfigyelt hasznossága.

A módválasztási függvény esetében az alábbi magyarázó változókat vettem figyelembe:

- eljutási idő (T) (perc),
- eljutási költség (K) (Ft),
- szolgáltatási szint (S) (dimenzió nélkül).

Az U hasznossági függvény lineáris egyenlete az alábbiak szerint írható fel:

$$U_{k,i}(0/1) = a \cdot T_{k,i} + b \cdot K_{k,i} + c \cdot S_{k,i} + d_m, \text{ ahol}$$

a, b, c: a független változók együtthatói,
d_m: közlekedési mód specifikus konstans.

A szolgáltatási szint tömegközlekedés esetén a felszállásszám és a követési idő, míg személygépkocsinál a parkolási költség és a parkolóhely keresési idő szorzata.

A logit modell alapján elvégeztem a Budapestre történő utazásokhoz tartozóan az utazási idő értékének számszerűsítését, és a módválasztásra vonatkozóan egy érzékenységvizsgálatot.

Meghatároztam az egyes közlekedői csoportokra vonatkozóan az idő értékét, mely alapján megállapítottam, hogy az eljutási idő azoknál a személyeknél, akiknek személygépkocsi is a rendelkezésére áll közel 6,5-szer fontosabb tényező, mint a személygépkocsival nem rendelkező személyeknél.

A felállított módválasztási függvények segítségével az S-Bahn rendszerű fejlesztéseknek a közútról átvonó hatása szakmailag objektíven alátámasztható és az új viszonylatok/vonalak forgalmi terheléseiben figyelembe vehető.

Kapcsolódó publikációk: [5], [6], [10].

3. A beszámolt preferenciák alapján felállított logit modellekkel vizsgáltam a multinomiális és a hierarchikus módválasztási modellek használhatóságát a BKV által kiszolgált környéki településeken, melynek segítségével kimutattam, hogy a hierarchikus logit modell ebben az esetben a valóságos döntéseket jobban követi a közforgalmú közlekedési módok hasonló paramétereire miatt.

A BKV 2004. évi háztartásfelvételének környéki településekre vonatkozó adatai alapján összevettem a multinomiális és a hierarchikus módválasztási modellek eredményeit. Kimutattam, hogy a térségből Budapestre irányuló utazások esetében a közforgalmú közlekedési módokra vonatkozóan nem teljesülnek a multinomiális logit felállításához szükséges feltételek (az egyes közforgalmú módok választása nem független egymástól), ezért a hierarchikus logit modell alkalmazható.

A multinomiális logit modell esetében megfigyelhető volt, hogy több közlekedői csoport esetében az utazási idő, vagy az utazási költség együtthatója 0-ra adódott, ami nem a valós értékítéletet tükrözte, hanem a mintában ezen tényezőknek a kis variációját mutatta. A bevallott utazások esetén ugyanis mindenkinek csak egy döntése ismerhető meg, s ezáltal a rendelkezésre álló minta csak töredéke annak, amit a kinyilvánított preferencia-felvétel ad.

A hierarchikus logit modell a multinomiális logit modell generalizálását jelenti, oly módon, hogy a választható alternatívákból csoportokat képezünk, amelyeket aztán tovább osztunk alcsoportokra. Az egyes alternatívák választási valószínűsége az adott csoport választási valószínűségének és az alternatívának a csoporton belüli választási valószínűségének a szorzatából állítható elő. Javaslatom szerint az egyéni és a közösségi közlekedés alkotja az első két csoportot, vagyis első lépésben a személygépkocsi és a tömegközlekedés közötti választás függvényeit írtam fel. A második lépésben a

tömegközlekedési módok közötti választási függvények együtthatóit határoztam meg. A hierarchikus logit esetében az egyenletek együtthatói nagyobb statisztikai megbízhatósággal állíthatók elő, így ezen eredmények használata javasolható.

Kapcsolódó publikációk: [5], [9], [12].

4. Függvénykapcsolatot állítottam fel a háztartási jövedelem és a helyváltoztatási igények, illetve a módválasztás kapcsolatának vizsgálatára.

Kimutattam, hogy a háztartások jövedelme és a napi helyváltoztatások száma, illetve a háztartások jövedelme és a módválasztás között összefüggés van. Regressziós modellek tesztelésével bizonyítottam, hogy a magyarázó változó vizsgált tartományára nézve lineáris függvénykapcsolat írható fel (ld. 3. ábra):

a fajlagos utazásokra vonatkozóan:

$$f_i = 0,003x_i + 2,015 \quad (R^2=0,83), \text{ ahol}$$

f_i : az egy főre jutó induló helyváltoztatások száma az i-dik körzetben

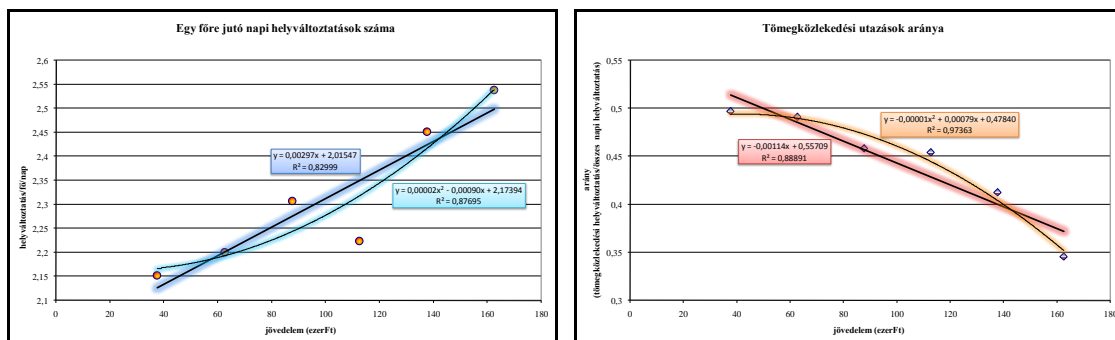
x_i : az egy főre jutó átlagos nettó háztartási havi jövedelem az i-dik körzetben

a tömegközlekedési utazásokra vonatkozóan:

$$m_i = -0,001x_i + 0,557 \quad (R^2=0,89), \text{ ahol}$$

m_i : az induló helyváltoztatásokban a tömegközlekedést használó utak aránya az i-dik körzetben

x_i : az egy főre jutó átlagos nettó háztartási havi jövedelem az i-dik körzetben



3. ábra: A háztartási jövedelem és az utazási igények, illetve a módválasztás kapcsolata

Számszerűen kifejezve a háztartási jövedelmek reálértéken 10.000Ft-tal való növekedése a fajlagos helyváltoztatási számot 0,03út/fő/nap-pal – a 2,29 út/fő/nap átlaghoz képest 1,3%-kal növeli meg, míg a tömegközlekedés részarányát 0,01-dal – a 0,46 átlaghoz képest 2,2%-kal csökkenti.

Kapcsolódó publikáció: [9].

5. A térségi kapcsolatok és potenciálok kifejezésére, a közlekedéspolitikai intézkedések vizsgálatára vonatkozóan új mutatókat fejlesztettem ki, melyek a használati érték vizsgálatok hatásértékelési pontosságát javítják.

A hálózatfejlesztési intézkedések jóságának értékelése a változatonkénti, egységes objektív mutatórendszerrel történő leírást követően, ún. használati érték elemzés keretében

lehetséges, mely lehetővé teszi a különböző dimenziójú (pénzben kifejezhető és nem kifejezhető), de a közlekedés szempontjából egyaránt fontos mutatók együttes értékelését.

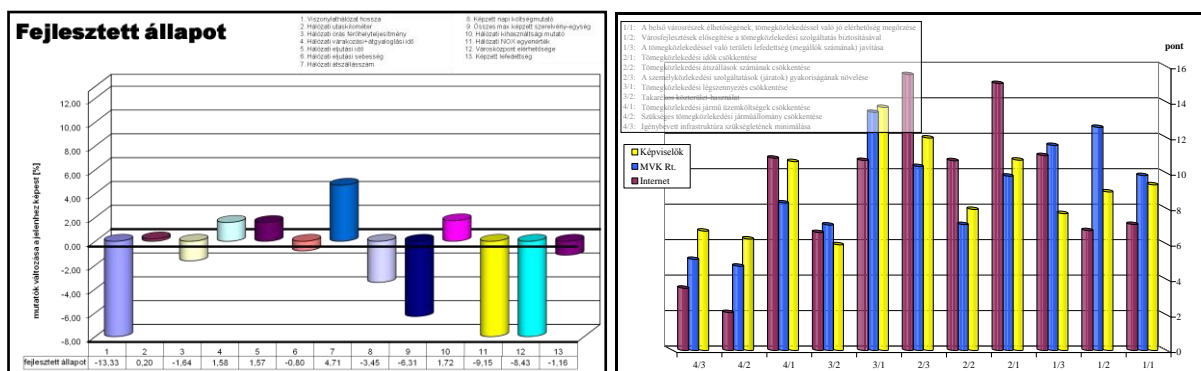
A közforgalmú hálózatok esetében használni javaslom az alábbi elérhetőség változást kifejezni képes mutatókat is:

- Közvetlen utazások aránya viszonylatonként: A felmérések és/vagy forgalmi modell terhelések alapján (megfelelő modell esetén) viszonylatonként megadható a közvetlen, vagyis további rá-, illetve elutazást nem igénylő utazások aránya.
- Városközpont elérhetősége: Ez a mutató a térségi, hálózati kapcsolatok minősítését szolgálja, és a kiválasztott relációban (például a városközpontba irányulóan) a csúcsórában adódó átlagos, a viszonylati forgalmi áramokkal súlyozott utazási idővel számítható.
- Képezett lefedettség: A megállók által kiszolgált terület szorozva az adott megállóban megálló viszonylatok járműveinek óránkénti darabszámával.

Az elérhetőségi mutatók esetében lehetőség van a mutató differenciálására a vizsgálat típusától függően. A közúthálózati vizsgálatok esetében például fontos a közigazgatási és térségi hierarchia megkülönböztetése, és ezért a nagytérségi és közeltérségi kapcsolatok külön számítása is. A nagytérségi kapcsolatok minősítését helyettesítőleg a vizsgálati térségen belüli körzetek és a megyeközpontok közti (saját megyeközpont kivételével), a forgalmi áramokkal súlyozott eljutási idők alapján végezhetjük. A nagytérségi kapcsolatok javulása egyaránt segíti a távolabbi ipari, kereskedelmi és idegenforgalmi térségek és határállomások elérését is. A közeltérségi kapcsolatok minősítését a megyei belső körzetek saját megyén belüli egymásközti elérhetőségeiként, szintén a forgalmi áramokkal súlyozott eljutási idők alapján végezhetjük. Az értékelés tárgya az elérhetőségek változása a fejlesztések hatására a „meglevő” hálózathoz viszonyítva.

A területi fejlődés lehetőségét azonban jobban kifejezi a közlekedési helyzetpotenciál változása, amely az i-edik körzetre vonatkozóan a helyzetpotenciál, a többi körzetben elérhető attraktív célok tömegei összegének, és a hozzájuk tartozó, a távolsággal növekvő mértékben érvényesülő költségeik hányadosa.

Szegeden és Miskolcon végzett preferenciakutatás eredményeire alapozva bizonyítottam (ld. 4. ábra), hogy a hálózati kapcsolatokat minősítő mutatókat a megkérdezett érdekcsoportok – az utazók, a városi képviselők és a szolgáltatást végző cég munkatársai – egyaránt fontosnak ítélik (bár különböző a fontosság megítélése), s így ezen mutatók használata indokolt.



4. ábra: Mutatóértékek és preferenciasúlyok a használati érték elemzésben

A kifejlesztett használati értékelemzés került alkalmazásra Szeged és Miskolc közforgalmú közlekedési hálózatának vizsgálata esetén.

Kapcsolódó publikációk: [4], [8], [11].

TOVÁBBI KUTATÁSI TERÜLETEK

A további tervezett kutatási irányaim az értekezésben bemutatott kérdéskörökhöz szorosan kapcsolódnak, illetve az eredmények további hasznosításából következnek.

A Budapesti Közlekedés-Szervező Kht. 2007. őszén összesen 9000 háztartásban végeztetett felmérést a Budapest környékén lévő települések lakosainak utazási szokásairól, mely felvétel során a kutatásaim eredményeképpen létrehozott TRANSCAPI szoftver adaptált verziója került alkalmazásra.

A korábbi Budapest és környéke célforgalmi háztartásfelvétel és a Budapest környéki településeken végrehajtott háztartásfelvételek alapján a kutatásaimat alapvetően a következő főbb irányokban tervezem folytatni:

- a módválasztási függvények magyarázó erejének javítása a 2007. őszi felvételek alapján,
- a módválasztási függvények beépítése a budapesti elővárosi gyorsvasút várható forgalmának előrebecslésére vonatkozó forgalmi modellezési vizsgálatokba (a forgalommegosztás változásának becslése a vizsgált hálózati változatok esetében számított paraméterek alapján),
- forgalom szétesztási modell fejlesztése az egyéni választási modell alkalmazásával, illetve
- tevékenységi lánc alapú forgalmi modell építése Budapest és a Központi Régió településeire vonatkozóan.

A TÉZISPONTOKHOZ KAPCSOLÓDÓ TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

- [1] Berki: „The role of transport network modelling in the mobility management” Chapter in „Networks for Mobility 2006”, ISBN-Nr. 3-89301-087-4, 2006 p. 53
- [2] Berki: A közlekedési hálózat leképezésének szerepe az elektra chipkártyarendszer megvalósításában, Városi közlekedés XLVI. évfolyam 3. szám 2006, 139-151. old.
- [3] Berki: Közlekedési háztartásfelvételek számítógépekkel, Városi közlekedés XLV. évfolyam 5. szám 2005, 304-307. old.
- [4] Berki-Monigl: Infrastruktúra fejlesztések elérhetőség-javulásának figyelembevétele a hálózati hatások értékelésében, Közúti és mélyépítési szemle, 2007. (57. évf.) 5. sz. 6-13. old.
- [5] Berki-Monigl-Nagy: A közlekedési módválasztás ökonometriai alapú modellezése, Városi közlekedés XLVII. évfolyam 6. szám (2007), 349-356. old.
- [6] Berki-Monigl-Nagy-Dobrocsi-Dávid-Perjés-Badalay-Fejes: A Budapestre bejárók közlekedési preferenciáinak vizsgálata, Városi közlekedés XLVII. évfolyam 6. szám (2007), 341-348. old.
- [7] Berki-Ujhelyi-Monigl-Körtvélyesi: Közforgalmú közlekedési hálózat vizsgálatának módszere, Városi közlekedés, XLII. évfolyam 2. szám (2002.), 88-97. old.
- [8] Berki-Ujhelyi-Monigl-Körtvélyesi: Közforgalmú közlekedési hálózat vizsgálatának módszere, Városi közlekedés, XLII. évfolyam 2. szám (2002.), 88-97. old.
- [9] Bősze, S. – Erdélyi, I. – Dr. Monigl, J. – Berki, Zs.: „Főváros és környéke célforgalmi háztartásfelvétel, 2004”, Gazdaság és Statisztika, 2006/1, 48-64. old.
- [10] Monigl-Berki-Nagy-Koren T.-Ujhelyi: „Behajtási díj hatásának modellvizsgálata Budapest Belvárosi területére vonatkozóan”, Városi közlekedés, XLIII. évfolyam 2. szám (2003.), 81-91. old.
- [11] Monigl-Koren T.-Ujhelyi-Nagy-Berki: „Intézkedésérzékeny forgalmi modellek kialakítása a közlekedéstervezési feladatok megoldásához”, Városi közlekedés, XXXVI. évfolyam 6. szám (1996.), 358-367. old.
- [12] Monigl-Nagy-Berki: Egyéni választási modellek Budapest személyforgalmának tér-idő-költség elvű meghatározásához, Városi közlekedés, XXXVIII. évfolyam 6. szám, 1998, 331-350. old.

TOVÁBBI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

- [13] Berki: Household survey in Budapest and its surroundings in 2004, COST 355, Budapest, 2006.4.27.
- [14] Berki-Bösze-Dobrocsi: Főváros és környéke célforgalmi háztartásfelvétel 2004, Balatonfenyves, 2004.9.23-24.
- [15] Berki-Monigl: Digitális tömegközlekedés, Balatonfenyves, 2005.8.31-9.2.
- [16] Berki-Monigl-et.al.: Transport Modeling Conference and PTV Vision Software Training for an Enlarged Europe, Budapest, 2005.6.23.
- [17] Bokor-Berki: „Researches on city-logistics in Hungary”, URL: http://www.bestufs.net/workshops/2003-04-28_dublin.html, Kereshető: Yahoo: „Bestufs Dublin”
- [18] Bokor-Berki: City Logistics in Hungarian Transport Policies, URL: www.bestufs.net/download/2005-01-13_london/london2005minutes.pdf, Kereshető: Google: „City Logistics in Hungarian Transport Policies”
- [19] Monigl-Berki: A távlati gyorsforgalmi úthálózat tervének felülvizsgálata - hálózati hatások, „Regionális és ágazati koordináció a közúthálózat-fejlesztésben, az EU adta lehetőségek aktuális kérdései” c. konferencián, Balatonföldvár, 29.3.2005
- [20] Monigl-Berki: Methods for Highway Network Development Planning In: „9th International Road Conference Budapest - Roads for Sustainable Development”, Budapest, 23-25.4.2006 25. old
- [21] Monigl-Berki: Modelling the Impacts of Road Pricing in Budapest, URL: www.motosproject.eu/?cl_name=monigl_berki_paper.pdf, Kereshető: Google, „road pricing in Budapest”
- [22] Monigl-Berki: National Requirements for Chipcard Applications in Public Transport - ELEKTRA Hungaria In: 20th Dresden Conference on Traffic and Transportation Sciences, Drezden, 19-20.9.2005 63. old
- [23] Monigl-Berki-Koren, T.: A közlekedési projektek és programok költség-haszon vizsgálati módszerei az EU elvárásaival összhangban, „31. Ütügyi Napok Magyarország közútjai és az EU követelmények” c. konferencia, Győr, 2003.9.10-12. URL: http://www.kte.mtesz.hu/05rendezvenyek/2003utugyi_napok_ea/binx/10ea.pdf, Kereshető: Yahoo, „31. útügyi napok”
- [24] Monigl-Dániel-Berki-Halász: Az ELEKTRA Hungaria közlekedési csipkártya-rendszer alapjai, Városi közlekedés, XLVI. évfolyam 1. szám 2006, 8-27. old.
- [25] Monigl-Ujhelyi-Koren, T. -Nagy-Berki: Az országos személyforgalmi igények meghatározásának szükségessége és egyes módszertani szempontjai (I. rész), Közlekedéstudományi Szemle, XLIX. évfolyam 11. szám (1999.), 401-408. old.
- [26] Monigl-Ujhelyi-Koren, T.-Berki-Nagy: Budapesti Közlekedési Szövetség létrehozását megalapozó vizsgálat, Városi Közlekedés, XXXVII. évfolyam 4. szám (1997.), 209-229. old.