

A KÖZÚTI MEGKÖZELÍTHETŐSÉG NÉHÁNY ASPEKTUSA

TÓTH GÉZA¹ – KÁLMÁN LÁSZLÓ

1. Bevezetés

A közúti megközelíthetőségi viszonyok vizsgálatával, illetve annak összefüggéseivel sokan foglalkoznak.

Említést érdemelnek a közlekedéstudomány, a településtudomány a földrajz-regionális tudomány, a közgazdaságtudomány, valamint a közlekedés-tervezés képviselői.

Sok esetben a szakemberek nem veszik figyelembe egymás adatait, illetve eredményeit. Különösen így van ez a települések közötti elérési idők és eljutási költségek számításának vonatkozásában.

A közlekedéstudomány képviselőin kívül az előbbi felsorolásban érintett szereplők döntő része a települések közötti eljutási idők számszerűsítésére valamely térinformatikai szoftverrel az úthosszakból és az egyes útkategóriákra feltételezett átlagos sebességből számított „elméleti elérési időket” használnak, - de a kialakuló forgalmi viszonyok hatásait nem veszik figyelembe.

Ezek az egyszerűbb eljárások az úthálózati gráf két pontja közötti, az eljutási időben első legrövidebb elérési útvonal meghatározásán alapulnak.

Az ilyen módon számított elérési idő-értékek viszont sok tekintetben távol állnak a valóságtól, hiszen a forgalmi körülmények akadályozó hatásával ebben a statikus eljárásban nem számolnak.

Tanulmányunkban ezért először is olyan analitikus vizsgálati eljárásokat mutatunk be, amelyekkel a terhelt úthálózaton a forgalmi viszonyokból fakadó akadályoztatás is számba vehető nem csak a jelen állapotban, hanem a jövőbeni előrebecslési időtávlatokban is

Megjegyezzük, hogy gyakorlati haszna inkább a tervezett úthálózati állapotok mellett várható (jövőbeni) eljutási idő-értékek ismeretének van, mert a jelenlegi állapot adatai legfeljebb csak a statisztikai idősor egy újabb elemét jelentik.

Ezek után a 2010. évre a terhelt úthálózaton meghatározott forgalomfüggő eljutási értékek felhasználásával összehasonlítjuk a forgalomtól függetlenül számított és a forgalmi viszonyok hatását is tartalmazó eljárással meghatározott eljutási idő-értékeket, majd a közúti hálózati hányados segítségével jellemezzük hazánk közúthálózatát.

¹ A tanulmány megírása során Tóth Géza munkáját az MTA Bolyai Kutatási Ösztöndíj támogatta.

Végül a gazdasági fejlettség két legjellemzőbb mutatója, az egy főre jutó jövedelem és a munkanélküliségi arány segítségével megvizsgáljuk a közúthálózat szolgáltatási színvonalát és a fejlettség közötti kapcsolatot 2010 Magyarországon.

2. Az elérhetőség vizsgálatának sajátosságai az analitikus forgalom-előrebecslési módszerek alkalmazása esetén

A következőkben egy magyar mérnökiroda által kifejlesztett közlekedés-tervezési szoftver rendszer [1,2,3] ismertetésén keresztül arra teszünk kísérletet, hogy bemutassuk a forgalom figyelembe vételével készülő vizsgálatok eredményeinek felhasználási lehetőségét az út hosszúságából és a feltételezett sebességből előállított elméleti értékek helyett és rámutassunk azok gazdasági földrajzi alkalmazásának lehetőségére is. [4, 5]

2.1. A területi modell

Az analitikus forgalom-előrebecslési módszerhez először is egy területi modellre van szükség. (Angolul space model, németül Raum Modell.)

A területi modell az utazásvégződési pontokat tartalmazza a vizsgálati területen.

A forrás-nyelő (F/Ny) pontok területileg koncentrált utazásvégződési helyeket jelentenek.

(Az összevonásra az áramlási mátrix méretének csökkentése érdekében van szükség.)

A területi modell elemei:

- a vizsgálati terület lehatárolása
- a (homogén) forgalmi körzetbeosztás
- a forrás-nyelő (F/NY) pontok kijelölése.
- a forgalmi körzetek területi és gazdasági statisztikai adatai.

Matematikai értelemben a területi modell csak egy ponthalmaz, az egyes F/Ny pontok azonosítóival és koordinátaival.

A F/Ny pontokat az élekre kapcsolják azért, hogy azok az úthálózati csomópontokkal ne essenek egybe. (Ha ugyanis a F/Ny pontokat a hálózati csomópontokban jelölnénk ki, akkor a csomóponti kanyarodó mátrixok nem lennének helyesek.)

A vizsgálati terület peremén levő F/Ny pontokat "kordonpontnak" nevezik.

Fontos megjegyezni, hogy az áramlatokat csak a kordonpontok által határolt "vizsgálati területre" ismerik; azon kívül nem.

Ezért fontos a területi modell felépítésekor a vizsgálati terület jó lehatárolása, de az is lehetséges, hogy a modellek a konkrét vizsgálati területtől távolodva egyre összevontabbak legyenek.

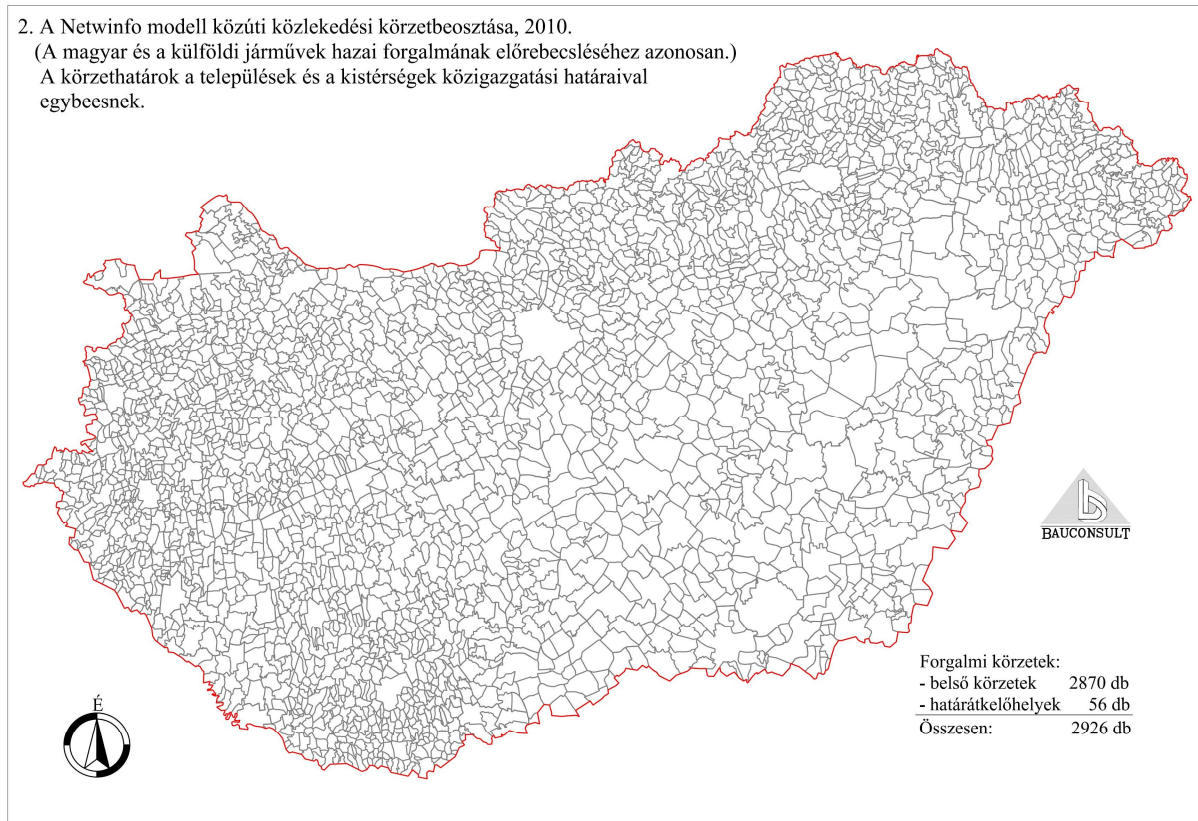
Jelen vizsgálatokhoz felhasznált európai forgalmi körzetbeosztást az 1. sz., a magyarországi körzetbeosztást a 2. sz., a magyar területi modell F/Ny pontjait pedig a 3. sz. ábra mutatja. [5]

1. ábra

Európa forgalmi körzetbeosztása a nemzetközi forgalmi vizsgálatokhoz



A Netwinfo modell közúti közlekedési körzetbeosztása, 2010



2.2. Az áramlási modell

2.2.1. Az áramlási mátrix fogalma

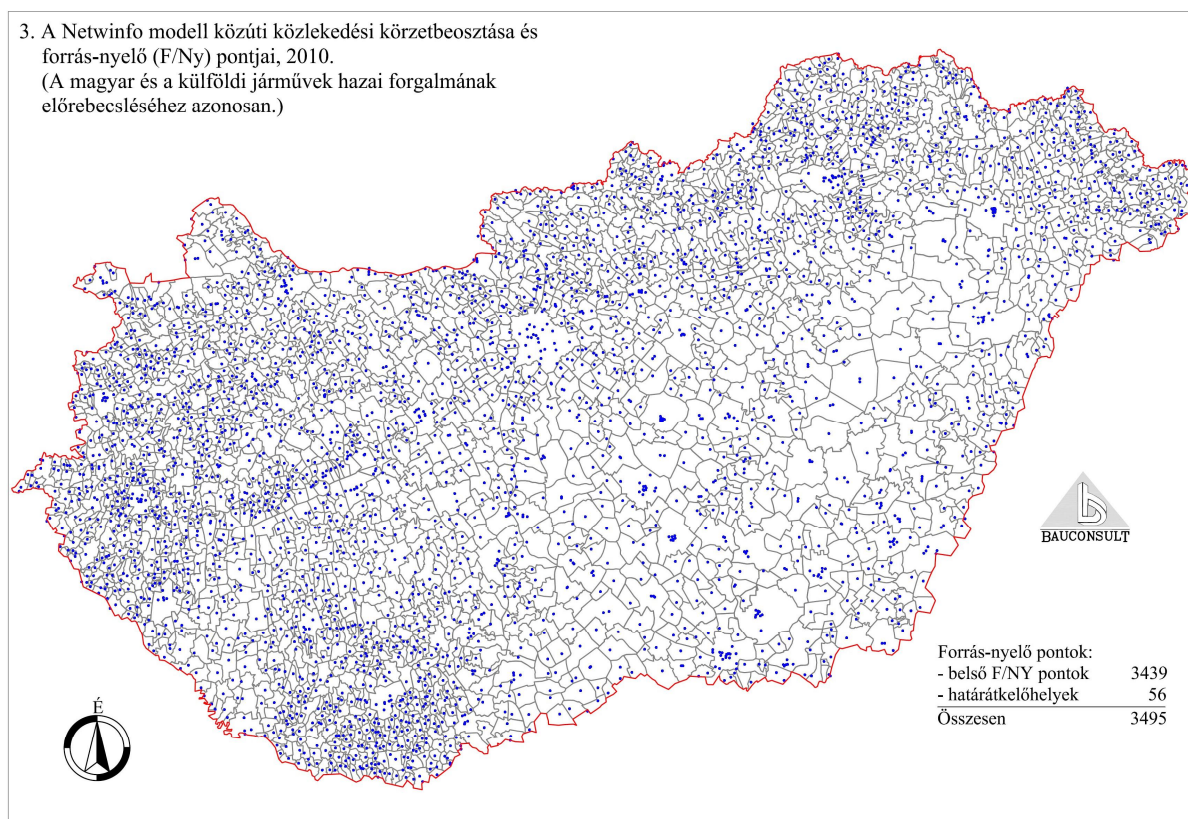
Az áramlatokat mátrixokban írják le.

Az áramlási mátrix a relációk között időegység alatt realizálódó helyváltoztatások számát tartalmazza. (Á [utazás/időegység]. Angolul O/D -origin/destination- németül Q/Z -Quelle/Ziel- mátrixok.)

Az áramlási mátrix soraiban a forrás (kiinduló), oszlopaiban a nyelő (végződési) pontok vannak. (Vagyis a sorok és oszlopok elején ugyanazok a F/Ny pontok szerepelnek, mert minden forrás pont egyben nyelő is.)

A közúti áramlási mátrix egy eleme az egyik F/Ny pontból a másikba (az i -edik sor F_i pontjából a j -edik oszlop Ny_j pontjába) tartó reláció időegység alatti helyváltoztatás számait jelenti. (Az "i" a sor, a "j" az oszlopindex.)

A Netwinfo modell forrás-nyelő pontjai, 2010



Az úthálózattól a közelítő feltételezések szerint független közúti áramlatokat légvonalas áramlási ábrán szokás szemléltetni. Természetesen több ezres mátrix esetén csak a legfontosabb csoportok ábrázolhatók.

Az elemek mértékegysége – a forgalom közlekedési ágazatok szerinti megosztása (modal split) után – általában egy közúti forgalmi mértékegység. (Általában az éves átlagos napi forgalom, vagy az ebből származtatott más forgalmi mértékegység, pl. a mértékadó óraforgalom, a MOF.)

Az áramlatot a forgalommal gyakran összekeverik, noha lényegileg két különböző fogalomról van szó.

A F/Ny pontok között lebonyolódó áramlatokat ebben a megközelítésben csak a társadalmi, gazdasági, térszerkezeti, település-szerkezeti adatok határozzák meg, vagyis közelítésképpen az áramlatot az úthálózattól függetlennek tekintik. (Ezért is szemléltetik az áramlatokat légvonalas ábrákkal.)

Az áramlási mátrixnak annyi sora és oszlopa van, ahány F/Ny pont van a területi modellben.

Az elemek száma: $\mathbf{Na} = \mathbf{NF/Ny}^2 - \mathbf{NF/Ny}$; mert a főátlóban lévő elemek nincsenek definiálva.

A F/NY pontokon belül általában nincs mozgás, de a főátló a F/Ny ponton (pl. a településeken) belüli áramlatok globálisan becsült értékével kiegészíthető.

Az áramlási mátrix négyzetes (kvadratikus); – az átmenő, az eredő, a cél és a belső forgalom mezőiből álló – táblázat.

A sorösszegek az egyes F pontokból kilépő összes, az oszlopösszegek az egyes Ny pontokba érkező összes forgalmat adják. Ezek a mátrix marginálisai.

2.2.2. A jelenlegi áramlatok meghatározása a mátrixok kalibrációjával

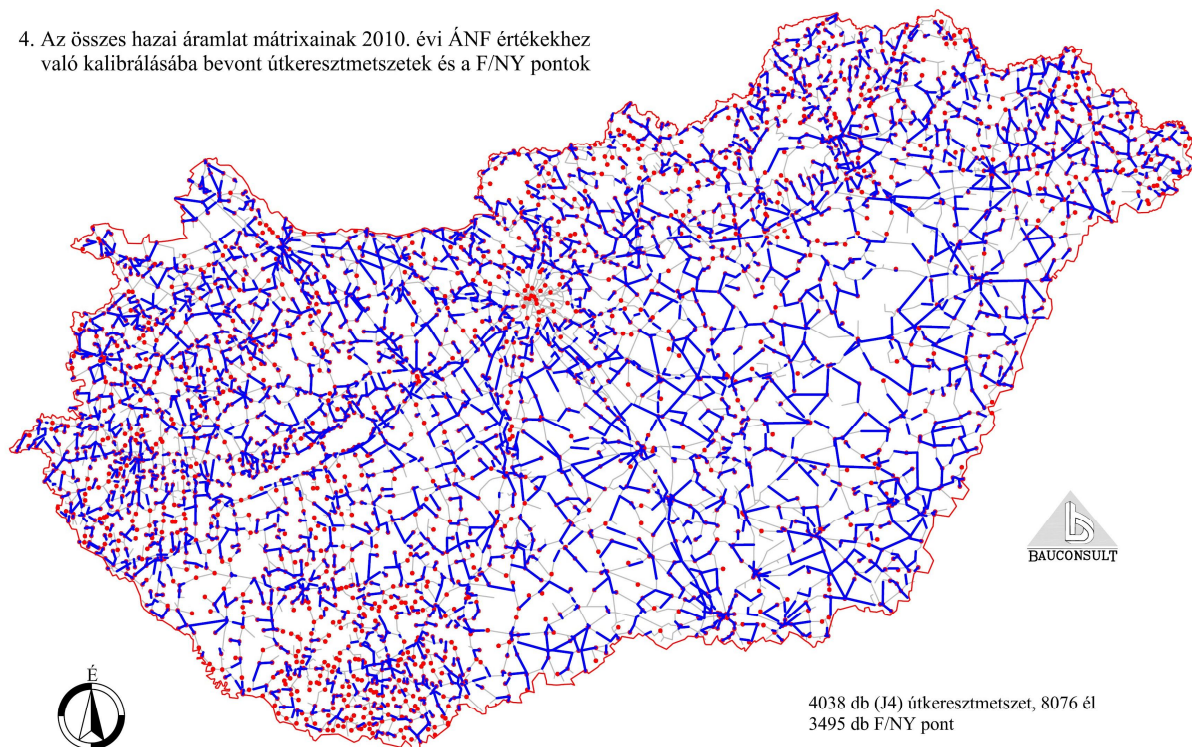
A jelenlegi áramlási mátrixok meghatározása általában egy országos léptékű forgalmi vizsgálat eredményeiből összeválogatott minta mátrixnak a számlált forgalom nagyságához való igazítását jelenti. [6, 7]

A jelen tanulmányban felhasznált kalibrációs keresztmetszeteket az 4. sz. ábra mutatja.

4. ábra

A kalibrálásba bevont útkeresztmetszetek

4. Az összes hazai áramlat mátrixainak 2010. évi ÁNF értékekhez való kalibrálásába bevont útkeresztmetszetek és a F/NY pontok



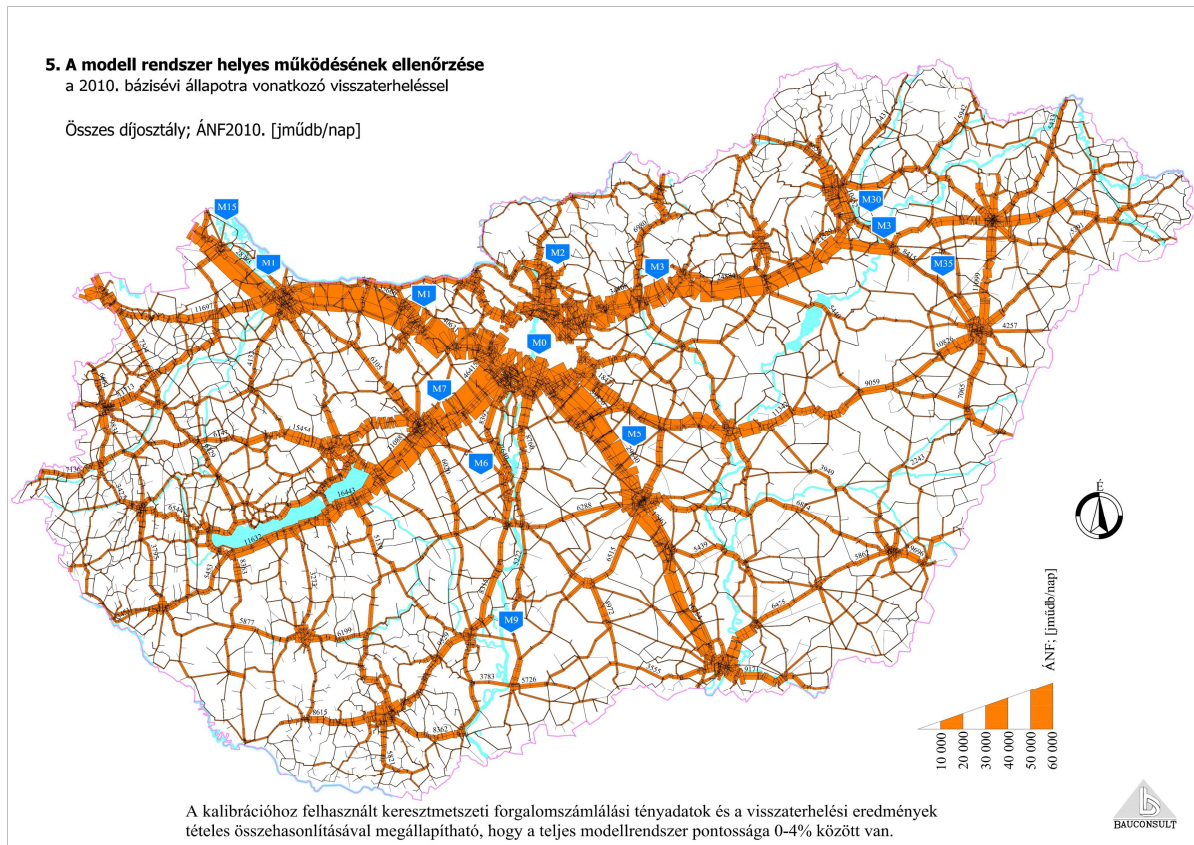
A jelenlegi közúti áramlatokat leíró mátrixok meghatározására a teljes modellrendszer helyes működésének bizonyítása céljából van szükség. A jelenlegi hálózatra a jelenlegi áramlási

mátrixokat ráterhelve ugyanis a számlált (tényleges) keresztmetszeti forgalm nagyságokat kell visszakapnunk.

A visszaterhelések eredményei az 5. sz. ábrán láthatók.

5. ábra

A modell visszaterhelésének eredményei



2.2.3. Az áramlatok előrebecslése

A jelenlegi áramlatokat leíró mátrixok az előrebecsléshez is felhasználhatók, mert az előrebecslés nem csak a keltési modellel, hanem a jelenlegi mátrix marginálisaira vagy mezőire kiszámított fejlődési szorzókkal is lehetséges, figyelembe véve a közlekedési munkamegosztás (pl. közúti - vasúti szállítás arányának) várható változásait is.

Az ilyen áramlat-előrebecslésekben az egyes körzetek differenciált fejlődésére jellemző gazdasági adatokból indulnak ki és az úthálózati (elsősorban autópálya) fejlesztésekből származó területfejlesztő és forgalomvonzó hatásokat is figyelembe veszik.

A jelenlegi áramlatokon ismeretének hiányában a mátrixok klasszikus analitikus előrebecslésének (a jövőben várható áramlatok meghatározásának) két fő lépése van:

2.2.3.1. Áramlat keltés

Az egyes pontokból kilépő és oda érkező összes áramlat (az áramlási mátrix marginálisok jövőben várható értékeinek) számítása a területfejlesztési tervekben prognosztizált területi statisztikai (struktúra) adatokból a közlekedési szokásjellemező függvényekkel történik.

A szokásjellemező függvények írják le a területi struktúra, vagyis a területi statisztikai adatok és a kilépő vagy elnyelt áramlatok közötti számszerű összefüggéseket.

Ezek többváltozós függvények, amelyeket összefüggés vizsgálatokkal (pl. dinamikus faktoranalízissel) határoznak meg a közlekedési kutatók.

2.2.3.2. Áramlat szétosztás

Az áramlat szétosztása az áramlási mátrix elemeinek számítását jelenti a marginálisokból a közlekedési helyzetpotenciál felhasználásával.

Két F/Ny pont (település/településrész) egymáshoz viszonyított helyzetpotenciálja a települések nagyságával egyenesen, a távolság négyzetével pedig fordítottan arányos. A távolságot úthosszban, eljutási időben, eljutási költségben, továbbá ezek kombinációiban is lehet értelmezni, továbbá az összefüggéseket nem csak hatványfüggvényekkel adják meg.

2.3. Az úthálózati modell

Az úthálózati modell minden olyan csomópontot és útszakaszt tartalmaz, amelyek forgalmát meg akarjuk határozni, vagy amelyek az útvonal-választásra hatással lehetnek.

Az éleket és a csomópontok kanyarodó irányait külön-külön adják meg. Az él az útszakasz egyik iránya. (Angolul sections/links; németül Strecken/Kanten.)

Az egyes előrebecslési időtávokra külön úthálózati modellek készülnek, amelyek az arra az időtávra (sarokévre) előirányzott összes (de legalább a meghatározó) közúthálózat-fejlesztési elemeket is tartalmazzák.

A jelen elemzéshez felhasznált magyarországi úthálózati modellt a 6 sz. ábra mutatja.

Az úthálózati modell matematikai értelemben egy gráf.

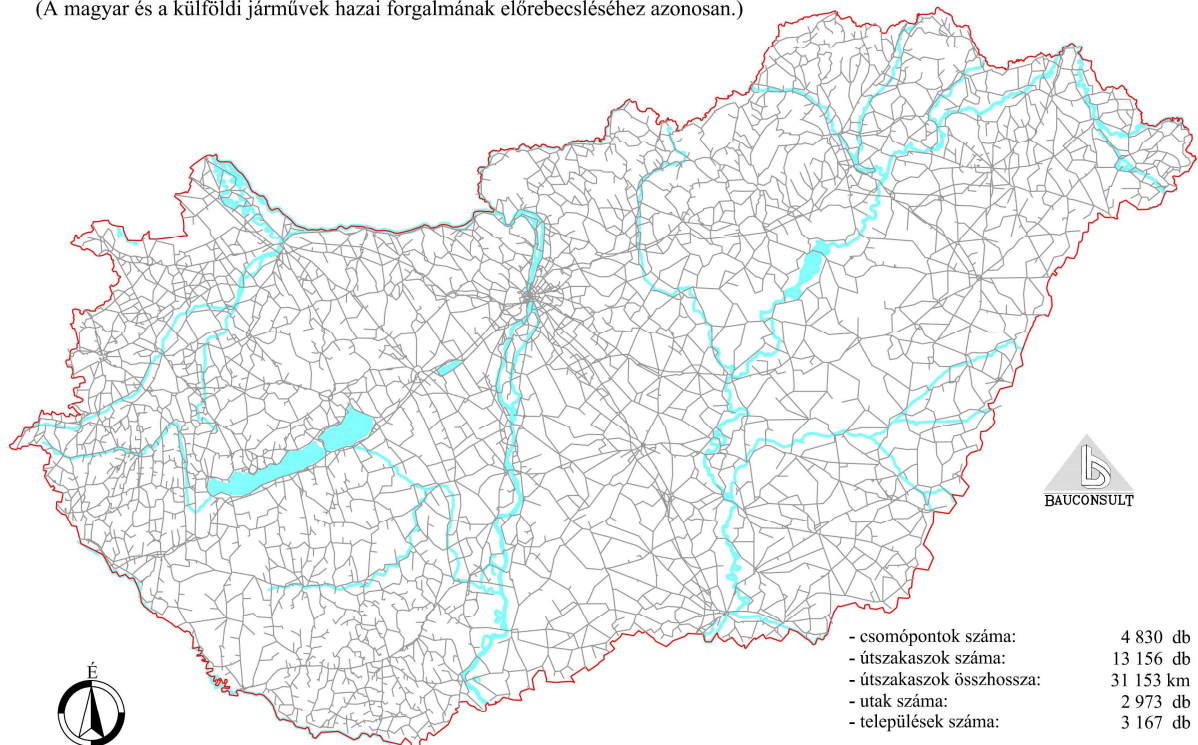
A gráf csomópontokból és irányított élekből álló halmaz. A halmazt egy 0-1 elemű kapcsolati mátrixban írják le. ($K [0,1]$) A kapcsolati mátrixnak annyi sora és oszlopa van, ahány csomópontot az úthálózati modell tartalmaz.

Mivel általában több csomópont van, mint F/NY pont, a kapcsolati mátrix lényegesen nagyobb, mint az áramlási mátrix. Ha két csomópont között közvetlen (direkt) él van, akkor a mátrix adott i-j relációja 1, egyébként 0.

6. ábra

A 2010. évre vonatkozó úthálózati modell

6. A Bauconsult Mérnökiroda Kft. 2010. évre vonatkozó úthálózati modellje
(A magyar és a külföldi járművek hazai forgalmának előrebecsléséhez azonosan.)



2.4. Az útvonalválasztás szimulációja

2.4.1. Az ellenállások

Az úthálózati modell kapcsolati mátrixán legkisebb ellenállású (matematikai elnevezéssel "legrövidebb") utakat lehet keresni. (Első, második, harmadik vagy K-adik utas legrövidebb útkereső algoritmusok.)

A közlekedéstervezési gyakorlatban K-adik utas fa-építő legrövidebb útkereső eljárásokat alkalmaznak és a szimulációban legalább a második a legrövidebb utakat használják fel. [8, 9]

A legrövidebb útkeresés céljából az úthálózati modellben az egyes csomópontok és élek ellenállásainak számításához szükséges paramétereket (csomóponti és él jellemzőket) is meg kell adni.

Az egyes úttípusoknak megfelelően a következő paramétereket veszik figyelembe:

- a forgalom legnagyobb üzemi sebessége az „A” jelű szolgáltatási szinten, üres úton [km/ó]
- a teljesítőképesség (a kapacitás) irányonként [E/óra]
- díjszint: a használat arányos (Ft/km) tarifarendszerben az autópályákhoz viszonyított érték [%]
- üzemköltség: a futásteljesítménnyel arányos közvetlen (direkt) közlekedési üzemköltségek [Ft/km] százalékos eltérése az egyes útkategóriákban a főutak külső szakaszaihoz viszonyítva, a gépjárművek tulajdonlásához, elhelyezéséhez (parkolás) tartozó költségek és az amortizáció nélkül [%].

Egy út a kiinduló (forrás) pontból a cél (nyelő) pontba vezető él-sorozat az úthálózati gráfon.

Minden egyes élnek és csomóponti irányoknak van ellenállása.

Egy út ellenállása az élek és a csomóponti kanyarodó irányok ellenállásának összege. Az utak ellenállások szerinti sorba rendezéséhez az összes (vagy legalább az első K darab) út ellenállását ki kell számítani.

Az útvonalválasztás szimulációjában leggyakrabban használt ellenállás-függvény a Wardrop elven alapul: a járművezetők az eljutási költségben kifejezett minimális utat választják.

(Ez nem biztos, hogy igaz, de jobbat még nem találtak ki.)

A költségben kifejezett ellenállás elemei:

$E [Ft] = + \text{időköltés} [Ft] + \text{üzemköltség} [Ft] + \text{úthasználati díj} [Ft] - \text{a gyorsforgalmú utak biztonsági és kényelmi előnye} [Ft]$; ahol $E [Ft]$ az út eljutási költsége i -ből j -be.

(Egyszerűbb esetekben – pl. ha az úthálózatban nincsenek díjas elemek - az ellenállásokat eljutási időben, sőt gyalogos vagy kerékpáros forgalom esetén úthosszban is figyelembe lehet venni.)

2.4.2. A ráterhelés

A ráterhelő eljárás az útvonalválasztást és a forgalom felépülését szimulálja az áramlatoknak a hálózati modellre való leképezése által.

A ráterhelési (szimulációs) eljárásban veszik az áramlat egy relációját (\dot{a}_{ij}), majd megkeresik az úthálózaton azokat az utakat (él-sorozatokat), amelyen az áramlási mátrix ezen eleme az F_i - N_{y_j} relációban valószínűleg haladni fog.

Az út (a kiinduló F pontból a N_{y_j} pontba vezető él-sorozat) keresése a legkisebb ellenállású (legrövidebb) utak számításával történik, majd:

- a megtalált él-sorozat egyes elemeire az áramlat \dot{a}_{ij} értékét "ráteszik"; vagyis ezeket az úthálózati elemeket (az éleket és a csomóponti kanyarodó irányokat) az áramlási mátrix \dot{a}_{ij} elemével - megterhelik
- továbblépnek a következő relációra. A ráterhelő modell megkeresi a hálózaton azokat az utakat, amelyeken az áramlat a legkisebb ellenállások mellett haladhat a kiinduló (F_i) és a cél (N_{y_j}) pontok között.

Egy kezdő (F_i) és egy utazásvégződési (N_{y_j}) pont között az úthálózaton nagyon sok él-sorozat (út) lehet. Ezek közül ki kell választani azokat, amelyeket az úthasználók nagy valószínűséggel vesznek majd igénybe.

A járművezetők a legkisebb, továbbá a második és harmadik legkisebb ellenállású utat (él-sorozatot) választják. Ezt matematikai értelemben legrövidebb útnak hívjuk akkor is, ha az ellenállást nem úthosszban értjük.

Az egyes legrövidebb utak közötti megoszlást az ún. "megosztó-függvényekkel" adják meg.

Ökölszabály, hogy a megosztás a 2 ötödik hatványával arányos: vagyis egy kétszer nagyobb ellenállású útra az áramlatnak csak durván az 1/63-ad része jut. Ezért nincsen értelme a harmadik legrövidebb útnál többet használni, - másrészt viszont legalább a második legrövidebb út alkalmazására mindenképpen szükség van. Gondoljunk csak arra, hogy különösen a városi úthálózatoknál gyakoriak a négyzetes tömbök. Ha csak az első legrövidebb utas eljárást alkalmaznánk, akkor a két körüljárási irány közül arra, amelyiket a program véletlenszerűen először talál meg, a teljes forgalmat rátenné, - a másik viszont terheletlen maradna. A második legrövidebb utas eljárás alkalmazása esetén a megosztás – helyesen - 50-50% körül alakul. [10]

2.4.3. Az ellenállások forgalom-függősége

Az ellenállások az aktuális forgalomtól függenek, - minél nagyobb a forgalom, annál kisebb a kifejthető sebesség. [11]

Hogy az ellenállások forgalomfüggőségét és a forgalom úthálózati felépülését is szimulálni lehessen, a ráterhelést több lépcsőben (legalább 8-ban) kell elvégezni.

Egy-egy lépcsőben az áramlási mátrix egy-egy hányadát (5-20%-át) terhelik a hálózatra. Az egyes lépcsőkben adódó forgalmi terhelés az aktuális forgalom.

A következő lépcső ráterhelése előtt az aktuális forgalommal terhelt hálózaton új ellenállásokat, és azokkal új "legrövidebb" (legkisebb ellenállású) utakat számítanak.

A ráterhelési lépcsőkben az egyes relációk közötti legrövidebb utak az úthálózaton nem lesznek azonosak - "vándorolni" fognak.

Ez a többlépcsős forgalomfüggő eljárás egyben a forgalom hálózati felépülését – vagyis azt a jelenséget, hogy éjjel kicsi a forgalom, a reggeli csúcórakban viszont nagy - is szimulálja.

A ráterhelések eredményeit forgalomterhelési kartogramokban, terhelési táblázatokban és az egyes változatok terhelési különbség-ábráin adják meg.

2.5. Az értékelő modell

Ha egy él (vagy szakasz), illetve csomópont jövőben várható forgalmi terhelését a ráterhelésből az egész úthálózatra megismertük, akkor a tervezett fejlesztési változat társadalmi, környezeti és gazdasági hatásait is kiszámíthatjuk, mert ezek - a megvalósítás költségein kívül - csak a kialakuló forgalomnagyságoktól függenek.

Az értékelő modellbe – célszerűen ACCESS hivatkozásokba – a forgalomfüggő hatások számszerűsítése az ütügyi előírások összefüggéseinek és paramétereinek felhasználásával már könnyen beépíthető.

2.6. Az úthálózat fejlesztés optimálásának alap gondolata

Közelítőleg azt tételezzük fel, hogy az áramlat az úthálózattól független. (Ez nem teljesen igaz, de jobb módszer még nincsen és az úthálózatnak a közúti áramlatokra gyakorolt hatása az előrebecslésekben korrigálható.)

Ebből a feltételezésből az következik, hogy egy azonos áramlat különböző úthálózati változatokon eltérő forgalmi viszonyokat (terheléseket) fog produkálni, vagyis a forgalom tulajdonképpen az áramlat "leképeződése" az úthálózatra.

Az úthálózat-optimálás alapelve az, hogy az eltérő forgalmi terhelések alapján az egyes úthálózat fejlesztési változatok hatásai az áramlat által produkált forgalom alapján

számszerűsíthetők és összehasonlíthatók és az összehasonlítás eredményeképpen az optimum kritériumoknak megfelelő legjobb változatot ezek után ki lehet választani.

Az optimum kritériumokat általában többkritériumos elemzésen alapuló hatás-mátrixszal határozzák meg. Az úthálózat optimálás megbízhatósága a gyakorlatban az optimum kritériumok jó felvételétől és a számszerűsítés pontosságától (adatok, módszerek, idő, pénz) függ.

Az optimálás lépései:

- Összegyűjtik a lehetséges úthálózat fejlesztési és ütemezési változatokat az egyes sarokévekre. Ezek a vizsgálati szituációk.
- Járműkategóriánként vagy díjosztályonként meghatározzák a jelenlegi áramlási mátrixokat.
- Az egyes előrebecslési időtávokra (sarokévekre) előre becsülik az áramlatokat.
- Felépítik az egyes sarokévek úthálózati modelljeinek tervezett változatait.
- Az előrebecsült áramlási mátrixokat ráterhelik a megfelelő úthálózati modellekre.
- A ráterhelési eredmények alapján az értékelő modellekkel összehasonlítják az egyes úthálózat fejlesztési változatok társadalmi, környezeti és gazdasági hatásait.
- Az összehasonlító értékelésben – a költség-haszon elemzéseken, a pénzügyi és a nemzetgazdasági hatékonyságvizsgálatokon túl – (főleg a településeken belül) a hatásmátrixok értékeit is figyelembe veszik.
- Kiválasztják az optimum-kritériumoknak legmegfelelőbb változatot.

3. Az eljutási adatok értelmezése

A fentiekben bemutatott áramlat- és forgalom előrebecslési módszer nagy előnye, hogy ezzel az eljárással nem csak a jelenlegi, hanem a tervezett állapotok esetén a jövőben várható eljutási értékek is számszerűsíthetők.

A jelenlegi állapot tulajdonképpen senkit sem érdekel, mert ez olyan tény, amelyen már úgy sem lehet segítő szándékkal változtatni, - az eredmények legfeljebb a statisztikai idősorokba illeszthetők. A közlekedési vizsgálatok célja nem a jelen állapotok elemzése, hanem a tervezett változatok hatásának számszerűsítése és ezzel az optimális variáns kiválasztása.

Megjegyezzük, hogy az eljutási izokronok a KÖZOP és ROP fejlesztési projekteknek az NFÜ által előírt fontos minősítő indikátorai voltak. [12]

Az úthálózat optimalizálásához is felhasznált – a fentebb ismertetett módon meghatározott – eljutási idő-értékek eltérnek a pusztán a településközpontok között, a terheletlen úthálózaton a távolságból és a feltételezett sebességből számított ”elméleti” elérési időktől.

Az első fontos különbség, hogy az analitikus forgalom-előrebecslési modellek nem a településközpontok, hanem a fentebb ismertetett forrás-nyelő pontok közötti eljutási távolságokat, időket és költséget számszerűsítik. Ezek a forrás-nyelő pontok bár forgalmi szempontból a területileg koncentrált utazásvégződési helyek, nem fedik le a településhálózat egészét. Több olyan jelentéktelen zsáktelepülés is lehet, amelynek területén egy ilyen pont sem található, míg vannak olyanok is (főleg nagyvárosok), ahol több pontot is találunk. Egy-egy településről elérési helyzetét jellemezni a többihez viszonyítva így meglehetősen nehéz.

További problémát jelent az is, hogy az egyes településeken belüli mozgás nagyságának becslése (a saját potenciál) a módszer jellegéből adódóan csak közelítőleg lehetséges.

Előnye viszont mindenképpen az, hogy az adott társadalmi és gazdasági viszonyok között becsült áramlási viszonyok és az adott (vagy tervezett) közúthálózati szituációk mellett modellezhető forgalmat figyelembe véve adja meg a forrás-nyelő pontok közötti elérhetőségi úthosszakot, időket és költségeket.

Ezzel a modell eleve figyelembe veszi a célterületek közötti minőségbeli különbségeket is. Így több olyan esetben is kedvező eredménnyel szolgál (pl. az utazási költség tekintetében), melyeknél az alapvető probléma éppen ezzel kapcsolatosan jelentkezett.

Az elérési idők transzformálására – véleményünk szerint – nincsen szükség, mivel a fentebb bemutatott ellenállási tényező típusok vonatkozásában ez már megtörtént. (Az áramlási modellben az egyes nyelő pontok/célpontok felkeresésének valószínűsége már bekerült a számításba, így annak ilyen célú módosítására már sincsen szükség.

Ennek ellenére megjegyzendő, hogy az ilyen módszertani alapú elérési mátrixok felhasználásával előállított ellenállási tényezők közül az exponenciális a leggyakoribb.

4. Közúti hálózati hányados Magyarországon

Hazánk közúthálózatának elemzésére a közúti hálózati hányadost alkalmaztuk. Ennek az időhányadosnak számítására azért van szükség, mert ez a mutató képes arra, hogy a földrajzi helyzetből következő előnyökkel szemben a hálózatban elfoglalt helyzet értékelje. Ennek során meg kellett határozni valamennyi vizsgálati pont egymáshoz viszonyított légvonalbeli távolságát, majd ezeket, átváltani időre. [13]

$$Tg_j = \left[\frac{\sum_{d=1}^n dg_{ij}}{n-1} \right] / v$$

Tg_j = a j pont geometriai átlagtávolságához tartozó elméleti elérési idő

dg_{ij} = a j pont i ponttól mért geometriai távolsága

n = a vizsgálati pontok száma

v = fiktív sebességérték (itt 1 perc/óra)

Ezután került sor az átlagos közúti eljutási idők és a légvonalbeli távolság alapján számított fiktív elérési idők osztásával a közúti hálózati hányados képzésére, amely azt mutatja meg, hogy a valós elérési idők hogyan aránylanak egy teljesen homogén tér elérési viszonyaihoz.

A mutató tehát kitűnően alkalmas a valódi földrajzi helyzettől független, közlekedés hálózati fekvés vizsgálatára.

$$IH_j = \left[\frac{\sum_{d=1}^n tk_{ij}}{n-1} \right] / Tg_j$$

IH_j = j pont időhányadosa

tk_{ij} = a j pont i ponttól mért közúti elérési ideje

n = a pontok száma

Tg_j = a j pont geometriai átlagtávolságához tartozó elméleti elérési idő

A hazai közúthálózat jellemzésére a Bauconsult Mérnökiroda Kft-től kapott, a 2010. évre vonatkozó előrebecslésekből származó közúti elérhetőségi idő-értékeket használtuk fel. [5]

Az eljutási idő-érték mátrix a személygépkocsik és a kisteherautók (a jelenlegi matricás rendszer D1 díjosztályára) vonatkozó eljutási időket tartalmazza a teljes forgalommal terhelt úthálózaton 3495 darab F/Ny pont között.

A vizsgálatban felhasznált adatok értelmezéséhez hozzátartozik, hogy a ráterhelés során nem a mértékadó óraforgalmat (azaz az ötven órás tartósságú MOF-ot, köznapi nevén a csúcsidei forgalmat) vették figyelembe, hanem az éves átlagos napi forgalom (az ÁNF) 1/16-od részét.

Így az eredmények az év átlagos órájának viszonyait tükrözik. (7 sz. ábra).

A hálózati hányadossal kapcsolatos eredményeket az alábbiakban foglaljuk össze.

Vizsgálatunk során elsősorban arra törekedtünk, hogy kimutassuk, a forgalmat figyelembe vevő elérhetőségi időkkel végzett számítás miben különbözik az elméleti időket alkalmazó, szakirodalmi előzményhez képest. [13, 14]

A térszerkezeti kép alapján a gyorsforgalmi útvonalak emelkednek ki folyosószerűen (8 sz. ábra).

A számítás elvi és matematikai háttéréből következően a mutató jellegzetessége, hogy az ország középpontjától távolabb eső gyorsforgalmi utak végpontjaira adódnak a legalacsonyabb értékek, s csak ezeket követik a földrajzi és közlekedési centrum települései.

A különbség Szalkai vizsgálataihoz [14] képest annyi, hogy 2010-ben a legkedvezőbb helyzetű települések már nem az M3-M30 végpontja környékén helyezkednek el, hanem egyrészt Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében az M3 jelenlegi végpontjától az országhatárig, illetve az M7, M70 gyorsforgalmú utak végpontjai környékén.

A két számítás vonatkozásában azonos eredménynek tekinthetjük, hogy mindkettő hátrányos helyzetű településeket határol le a Magas-Bakonyban (e térségben a legrosszabb helyzetű település Fenyőfő), a Balaton-felvidéken és Szobtól északkeletre a szlovák határ mentén. Egyetértünk Szalkainak azon megállapításával, miszerint e térségek mindegyikénél természeti akadályokon (Bakony, Balaton, Ipoly-Duna, Tisza) és a szlovák határ lezáró hatásán múlik a rossz hálózati fekvés.

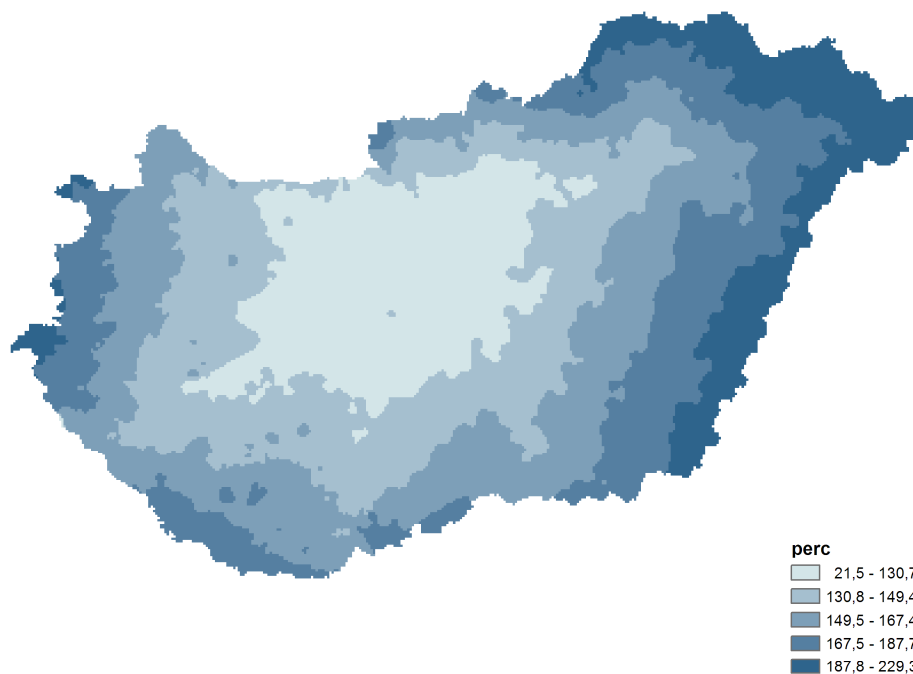
Eltérés látható viszont a két vizsgálat között annyiban, hogy az M7 és M5 autópályák, valamint a déli országhatár által közrezárt terület hátrányos voltát a valós elérhetőségi időket használó számításunkkal némileg pontosabban tudtuk jellemezni. Egyrészt jelentős anomáliát tudunk kimutatni a Duna-Tisza közén Szabadszállástól délre. E térség legrosszabb elérhetőségű települése Kiskunhalas. A hátrányos közúti helyzet itt egyértelműen a kevés Duna-híd, illetve a (Budapestet elkerülő, transzverzális) gyorsforgalmú úthálózat hiányával magyarázható.

Tolna és Baranya megyékben (Pécs vonalától északra) egy újabb negatív anomália fedezhető fel. Ebben a térségben Gyulaj község rendelkezik a legrosszabb értékekkel. Kimutatható még kisebb, szigetszerű anomália Martfű és Vésztő térségében is. Az előbbi kapcsán annyi az eltérés Szalkai számításaihoz képest, hogy a teljes Közép-Tisza vidék hátrányos helyzete kutatásunk szerint nem igazolódott, csak annak egy-egy kisebb települési körére.

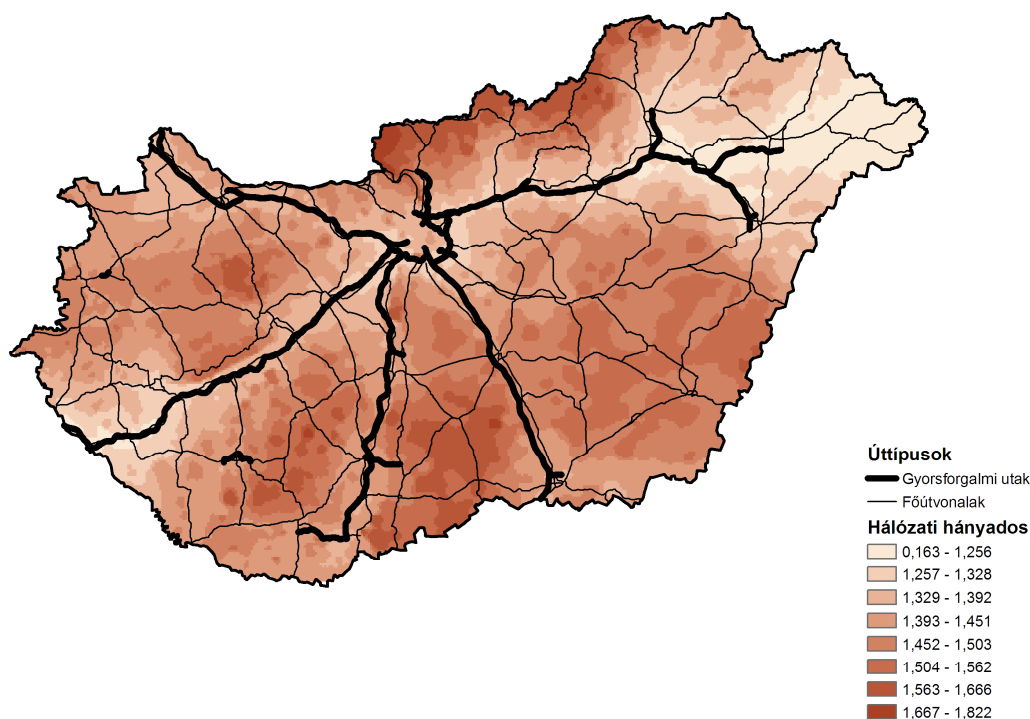
Amennyiben olyan közúthálózati adatokon végezzük el az elemzést, melyben a forgalmat nem, csak az úttípust vesszük figyelembe, akkor eredményeink a legfontosabb összefüggések tekintetében bár egyeznek az előzőkkel, viszont a finom területi különbségek pontos lehatárolása kevésbé tehető meg. Ez a számítás nagyban hasonlít a Szalkai által végzett, előzménynek tekintett számításhoz, - igaz ő a forgalmi viszonyokat „korrigált sebességértékek” használatával igyekezett munkája során tekintetbe venni. (7 sz. ábra)

7. ábra

Átlagos közúti elérési idők Magyarországon, 2010



Közúti hálózati hányados a valós elérhetőségi idők használatával, 2010



5. Az elérési időket befolyásoló forgalmi viszonyok hatása

A közúti hálózati hányadossal az előbbiekben már jellemeztük a hazai közúthálózat által nyújtott szolgáltatási szintet, melyet egyszerűbben megközelíthetőségnek nevezünk.

Ezen eredményeinket mélyebben vizsgálva fontos kérdés, hogy melyek azok a térségek, települések ahol a forgalom nagysága – függetlenül a közút típusától – jelentősen gátolja a társadalmi és gazdasági fejlődést. Így célszerűnek éreztük azt, hogy megvizsgáljuk, hogy az elméleti megközelítési viszonyok hol és milyen mértékben különböznek az analitikus forgalom előrebecslési módszerrel meghatározott értékektől.

Ennek érdekében a 3495 F/Ny pont között térinformatikai szoftverrel is előállítottuk az elérési időket. Úthálózati alapadatbázisként a GEOX Kft. DTA-50-es katonai alaptérképről digitalizált, 1:250 000 mértékarányú digitális út-adatbázisait használtuk, amely az országos közúthálózat szakaszait a 2010. jan. 1-i állapotban tartalmazta. Így eredményeink

összehasonlíthatók az előzőekben kapottakkal. Kiszámítottuk ebben az esetben is a hálózati hányadost.

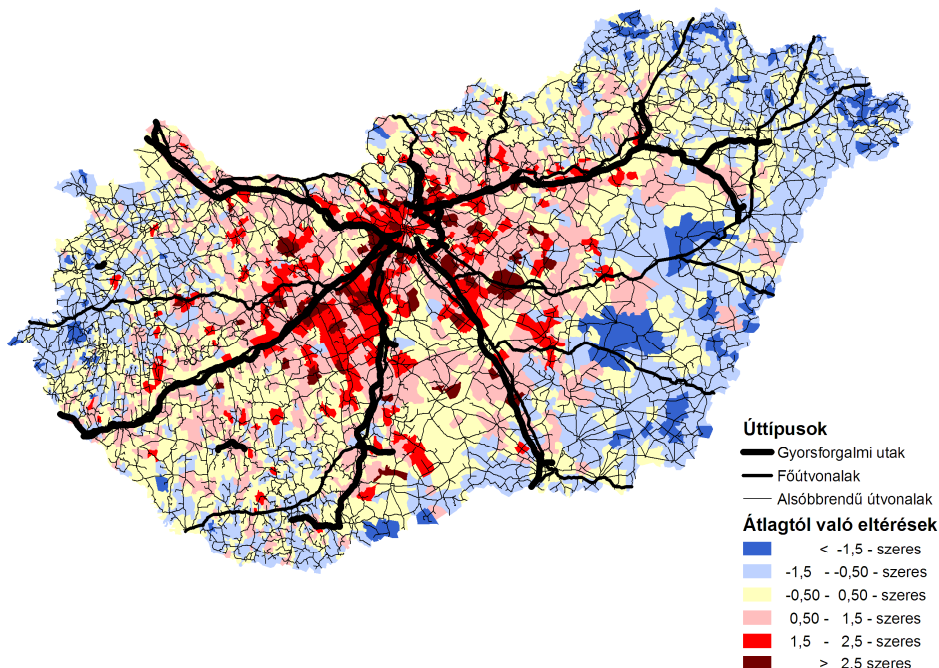
A forgalmi problémák kimutatására az elméleti (vagyis a GEOX adataival számolt) hálózati hányados értékeiből kivontuk a várható (vagyis az analitikus előrebecslési eljárással meghatározott) hálózati hányados értékeit.

Ahhoz, hogy az egyes F/Ny pontok értékeiből település szintű információkat nyerhessünk, szükség volt további térinformatikai munkára is. Az eredményeket ezért Spatial Analyst segítségével raszterre interpoláltuk. A kapott raszter értékeket ezután ugyanezen modul segítségével valamennyi település közigazgatási területére átlagoltuk. Eredményeink a 9. ábrán láthatók.

A két hálózati hányados különbségét az átlagtól való átlagos eltérés mértékében ábrázoltuk. Kékkel azok a települések láthatók, ahol a valós értékekkel számított hálózati hányados magasabb (vagyis kedvezőtlenebb), mint az elméleti. Pirossal ennek az ellenkezőjét figyelhetjük meg.

9. ábra

Az elméleti és a várható hálózati hányados különbségei



Általánosságban elmondható, hogy a közúthálózaton tapasztalt forgalom elsősorban az ország, illetve megye határmenti külső és belső perifériákon gátolja a közúti közlekedést. Néhány gócpontot érdemes kiemelni. Ilyen térségek: Szarvas-Mezőtúr-Gyomaendrőd, Püspökladány-Nádudvar-Hajdúszoboszló, Fehérgyarmat, Telkibánya, Körmend, valamint Hercegszántó térsége. Hazai összevetésben természetesen kedvező helyzetű települések is kiemelhetők. Ezek elsősorban Budapest agglomerációjában (Csömör, Pilisszántó), valamint annak tágabb környezetében (Mór, Cegléd) találhatók. Térképünkön a jelenlegi hálózat elemeit is feltüntettük, hogy ezzel is érzékeltesük, mely hálózati elemek fejlesztésére, illetve bővítésére lenne szükség a jövőben vizsgálatunk eredményei alapján.

6. A fejlettség és a közúti hálózati hányados kapcsolata

Fontos kérdésnek tekintettük, hogy a közúthálózat által nyújtott szolgáltatás szintjét – melyet jelen esetben a valós időközön számított hálózati hányadossal modelleztünk – összevessük a fejlettséggel.

Kérdés lehet természetesen, hogy milyen mutatóval is próbáljuk a fejlettséget kimutatni.

Jelen vizsgálatban úgy tartottuk célszerűnek, hogy az egy főre jutó jövedelem, illetve a munkanélküliségi arány legyen a fejlettséget kifejező két mutató. Az összehasonlításhoz természetesen arra is szükség volt, hogy a hálózati hányadosra vonatkozó raszter adatokat települési szintre átszámítsuk, melyet a fentebb részletezett módon végeztünk el.

Az összehasonlítás elvégzésénél az Espon (2003) által már elvégzett módszert, illetve klasszifikációt követtük. [15]

Ez alapján a települések négy csoportba sorolhatók.

Az első ilyen csoportba azok a települések tartoznak, ahol mind a hálózati hányados, mind pedig a fejlettség átlagosnál kedvezőbb.

A jövedelemnél csak 190, míg a munkanélküliség tekintetében 531 ilyen település van. Mindkét esetben Budapest agglomerációja, Győr térsége és néhány jelentősebb, elsősorban regionális központ emelkedik ki.

A második csoportba azok a települések kerültek, melyek megközelítése az országos átlagánál ugyan kedvezőbb, de fejlettségük elmarad attól. Jövedelem vonatkozásában 1241, míg a munkanélküliség esetében csak 900 település esik ebbe a kategóriába.

A harmadik csoporthoz olyan települések tartoznak, melyek megközelíthetőségi helyzete elmarad az átlagostól, a fejlettségük viszont átlag feletti. Jövedelem esetében 123, munkanélküliség tekintetében 582 település került ebbe a csoportba.

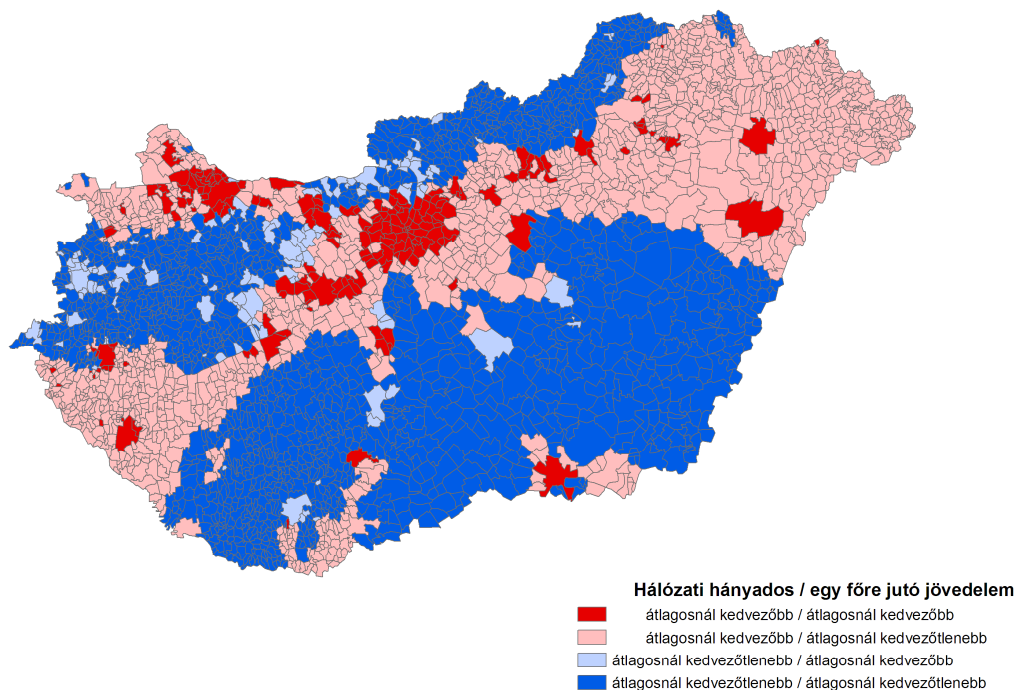
Végül a negyedik csoport azoké a településeké, melyeknél mind a megközelíthetőség, mind pedig a fejlettség átlag alatti. Jövedelemnél 1611, munkanélküliségnél pedig 1161 település sorolódik ebbe a kategóriába.

A fejlettség és a megközelíthetőség térbeli képe kapcsán megállapíthatjuk (10-11. ábra), hogy a két jelenség között alapvető kapcsolatot mutatható ki. A fejlett és kedvező megközelíthetőségű, illetve a fejletlen és kedvezőtlen megközelíthetőségű települések csoportjai a legnagyobb csoportok.

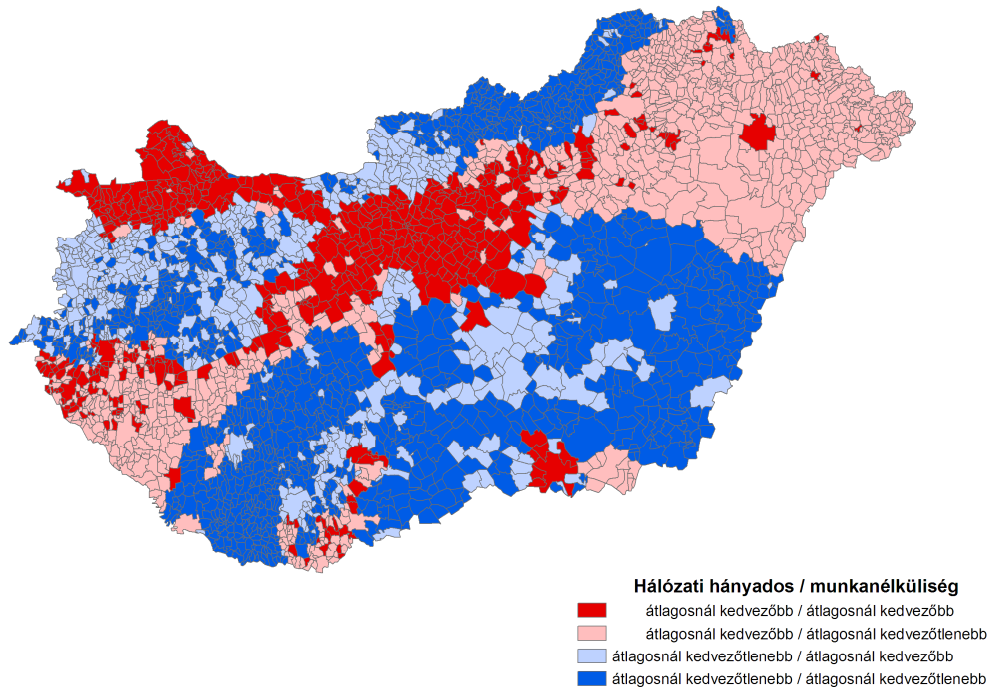
Együttesen e két csoport a települések közel kétharmadát teszik ki.

10. ábra

A közúti hálózati hányados és az egy főre jutó jövedelem, 2010



A közúti hálózati hányados és a munkanélküliségi arány, 2010



7. Összegzés

Tanulmányunkban fel kívántuk hívni a figyelmet a várható eljutási idő-értékek számításának olyan módszerére, amellyel a közúthálózaton kialakuló forgalmi viszonyok hatásait a jelen állapotban és a jövőre előrebecsülve is figyelembe lehet venni, és példákat soroltunk fel a felhasználás lehetőségeire.

Bízunk abban, hogy eredményeinket látva több tervező, elemző is a forgalmi viszonyokat figyelembevételén alapuló eljutási értékek használata mellett dönt.

8. Irodalom

1. Marton L.: A NETWINFO programrendszer. Új Alaplap, 6., (13-14. o.) 1996.
2. Marton L. – Pusztai P.: NETWINFO kezelési kézikönyv. 2002.

3. Marton L.: A megújult NETWINFO úthálózat-tervező programrendszer. Közúti-és Mélyépítési Szemle 1. LIII. évfolyam (21-24 o.) 2003.
4. A magyar autópálya korridorok forgalom előrebecslései és díjbevételi prognózisai; .2008-2020. Bauconsult Mérnökiroda kft. / Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ. 2006.
5. Az elektronikus díjszedés előkészítését megalapozó forgalmi előrebecslések és díjbevételi prognózisok 2012-2021. Bauconsult Mérnökiroda Kft / KKK, 2009. október
6. Dr. Kálmán L.: Célforgalmi mátrixok számítása a továbbfejlesztett mátrixkiegyenlítő algoritmussal. Közlekedéstudományi Szemle, XXXVII/5.
7. Az országos közutak 2009. évre vonatkozó keresztmetszeti forgalma. MK NpZrt., Országos Közúti Adatbank Osztály, 2010.
8. Marton L. - Zaupper T.: K-adik utas algoritmusok. Matematikai és számítástechnikai módszerek a közlekedés tervezésében és irányításában, II. tudományos konferencia. KTMF , Győr, (26-32 o.) 1978.
9. Marton L.: A label setting algorithm for calculating shortest path trees in sparce networks. HEJA elektronikus folyóirat, 2003.
10. Dr. Kálmán L.: Második legrövidebb utak a továbbfejlesztett mátrixkiegyenlítő algoritmusban. KTMF Tudományos Közlemények, Győr, 1988.
11. Highway Capacity Manual. Transportation Research Board, Washington 2008.
12. A 2007-2013. EU költségvetési időszak ROP 4 és 5 számjegyű országos közutak felújítási feladatai kiemelt projektek végrehajtásához elérhetőségi indikátorok kidolgozása. Trafficon Kft. / MK NpZrt. 2008.
13. Szalkai, G. (2001): Elérhetőségi vizsgálatok Magyarországon. Falu, Város, Régió Vol. 8. No. 10. pp.5-13.
14. Szalkai, G.: (2006) Elérhetőségi és forgalmi változások az elmúlt évek gyorsforgalmi úthálózat-fejlesztéseinek következtében. Közúti és Mélyépítési Szemle Vol. 56. No. 11-12. pp. 18-24.
15. Espon (2003): Transport Services And Networks: Territorial Trends And Basic Supply Of Infrastructure For Territorial Cohesion. ESPON Project 1.2.1 Third interim report August 2003.http://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Projects/ESPON2006Projects/The_maticProjects/TransportTrends/3.ir_1.2.1-final.pdf