

ELÉRHETŐSÉGI MODELLEK¹

(Accessibility Models)

TÓTH GÉZA – KINCSES ÁRON

Kulcsszavak:

elérhetőség közúti közlekedés statisztikai modellek

A hazai és nemzetközi szakirodalomban az elmúlt években meglehetősen sok igen értékes munka jelent meg az elérhetőség témakörében. Az egyes szerzők viszont az elérhetőség fogalmán mást és mást értenek, s ennek megfelelően vizsgálataikban is eltérő modelleket alkalmaznak. A tanulmány első felében az elérhetőségi modellekkel kapcsolatos fogalmakat mutatjuk be, majd az egyes modellek ismertetésére kerül sor. Végül a modelleket hasonlítjuk össze statisztikai módszerekkel, s felhívjuk a figyelmet alkalmazásuk sajátosságaira.

Az elérhetőség fogalma

Az elérhetőség a közlekedési rendszer „fő terméke”. Jelentősége, hogy megmutatja egy-egy térség helyzeti előnyét, illetve hátrányát más térségekhez viszonyítva. Az elérhetőségi indikátorok a háztartások és a gazdasági társaságok számára a közlekedési hálózatok létezését, illetve az általuk biztosított előnyt számszerűsítik (Schürmann–Spiekermann–Wegener 1997). Linneker és Spence (1991; 1992) szerint az elérhetőség fogalma magában foglalja azon lehetőségeket, melyek az egyik térségben elhelyezkedő egyén vagy vállalkozás számára megszerezhetők, amennyiben egy olyan másik térségbe utazik, ahol a számára fontos tevékenységet végezheti. Más megfogalmazások szerint az elérhetőség: „a területi interakció jellegét mutatja”, „tevékenységekhez, illetve készletekhez való kapcsolódás lehetősége”, illetve „egy csomópont vonzereje, figyelembe véve más csomópontok tömegét és elérésének költségét a hálózaton” (Bruinsma–Rietveld 1998). Az elérhetőség további meghatározását lásd Martellato–Nijkamp (1998), Vickerman (1998) és Reggiani (1998).

Egyszerűbb elérhetőségi modellek

A legegyszerűbb elérhetőségi mutatók szerint egy térség/lokálitás akkor tekinthető elérhetőnek, ha kapcsolódik más térségekhez közúton, vasúton, légi, illetve vízi úton (Bruinsma–Rietveld 1998). Az elérhetőség viszont nem csupán ilyen bináris formulával mérhető (vagyis 1, ha csatlakozik és 0, ha nem). Olyan vizsgálat is elképzelhető, amikor az egyes térségek elérhetőségét aszerint számszerűsítjük, hogy hány különböző útvonal, illetve közlekedési mód csatlakozik hozzá. Annak ellenére, hogy ez egy meglehetősen egyszerű mutatóleírás, az ilyen mutatók alkalmazása meglehetősen nehézkes.

Léteznek továbbá olyan mutatók, amelyek a felhasználók oldaláról mutatják be a hálózatok által nyújtott szolgáltatás szintjét, tekintet nélkül a szolgáltatás módjára. Ilyen elérhetőségi mutatók többek között: az autópályák hossza összesen, ugyanez területre/népességre vetítve; a vasútvonalak hossza; vasútállomások száma; legközelebbi autópálya-felhajtótól/gyorsvasúti pályaudvartól/árutermináltól/légikikötőtől stb. mért távolság (pl. Lutter–Pütz–Spangenberg 1992; 1993; Lutter–Pütz–Schliebe 1992). Ezek a mutatók hasznos információkat tartalmazhatnak a vizsgálati területről, de nem veszik figyelembe, hogy sok esetben a vizsgálati terület elérhetőségi viszonyait rajta kívülálló elérhető célpontok is befolyásolják.

Összetett elérési modellek

Az ennél komplexebb elérhetőségi mutatók különbséget tesznek az adott területen és az azon kívül elhelyezkedő célok között. E mutatók mindig magukban foglalják a területi ellenállási tényezőt, melynek az a szerepe, hogy bemutassa, mennyire könnyű, illetve nehéz elérni az adott célterületeket/térségeket, illetve mekkora „erőfeszítést” (idő, költség stb.) követel a távolság leküzdése. Ezt a tényezőt a mutatókban az utazási idő, utazási költség, illetve kényelem számszerűsítésével helyettesítik. A területi ellenállási tényező függvényében az egyes elérési mutatók használhatók csupán a térbeli elhelyezkedés hatásának, vagy mind a területi elhelyezkedés, mind pedig a térbeli interakció lehetőségének, mértékének vizsgálatára. Az első esetben az ellenállási tényezőt a légvonalbeli távolság, míg a másodikban a hálózaton két pont között mért utazási idő/költség stb. jelenti.

Mint majd látható lesz, meglehetősen sok, különböző típusú, eltérő megközelítésű elérhetőségi indikátor létezik a szakirodalomban. Ezzel szemben viszonylag kevés az ezeket összehasonlító, illetve rendszerező munka. A következőkben erre igyekszünk kísérletet tenni.

Az egyes kutatásokban alkalmazott elérhetőségi modelleknek, illetve mutatóknak vannak bizonyos meghatározó ismérvei, dimenziói, melyek ismerete nélkül az adott vizsgálat eredménye nem értelmezhető megfelelően. Ennek megfelelően az elérhetőség dimenziói a következők (Wegener *et al.* 2000; 2002) (1. táblázat):

1. TÁBLÁZAT
Az elérhetőség dimenziói
(Dimensions of Accessibility)

Dimenzió	Megjegyzések
Forrás	Az elérhetőségi mutatókat különböző népességi csoportok nézőpontjából számíthatjuk (pl. társadalmi vagy korcsoportok, különböző típusú utazók, illetve különböző gazdasági szereplők).
Cél	Az elérhetőségi mutatók egy vizsgálati terület valamely lokalitását számszerűsíthetik aszerint, hogy milyen célok, tevékenységek, illetve más előnyök (népesség, gazdasági tevékenység, egyetemek vagy idegenforgalmi látványosság) érhetők ott el. Ez az elérni kívánt célt számszerűsítő „tömeg” tényező (összetevő) lehet derékszögű (valamennyi aktivitás egy bizonyos méreten belül), lineáris vagy nem lineáris.
Ellenállás	A területi ellenállási tényezővel fejezzük ki a két pont között létező leküzdendő távolságot (légvonalbeli vagy hálózaton mért távolság, utazási idő, utazási költség, utazási kényelem/kényelmetlenség, megbízhatóság vagy biztonság). Az alkalmazott ellenállási tényező lehet lineáris (átlagos ellenállás), derékszögű (valamennyi elérni kívánt cél adott ellenállási tényezőn belül), vagy nem lineáris (pl. exponenciális).
Korlátozások	Két térség közötti útvonalak használatakor sok esetben bizonyos szabályok (pl. sebességhatárok, az út lejtése, az egy vezető által maximálisan levezethető idő) vagy kapacitásbeli korlátok (jármű nagyság, zsúfoltság) állítanak elénk korlátozásokat.
Határok	A területi ellenállási tényező mellett figyelembe kell venni az olyan nem területi vonatkozású határokat, melyeket le kell küzdeni az utazás során (pl. politikai, gazdasági, jogi, kulturális vagy nyelvi határok).
Közlekedési mód	Figyelembe vehető külön és együttesen is a személy-, illetve a teher- szállítás.
Modalitás	Az elérhetőségi mutatók számíthatók közútra, vasútra, vízi, illetve légi közlekedésre egyaránt. A multimodális elérhetőségi mutatók eltérő közlekedési módú elérhetőségi indikátorokat kombinálnak. Az intermodális elérhetőségi mutatók az egyes utak több módon való megtételét is magukban foglalják.
Területi szint	Az elérhetőségi mutatók különböző területi szinteken számíthatók (pl. település, kistérség, megye, régió, ország, kontinens). Az egyes vizsgálatokban eltérő adatigény merül fel mind az elérni kívánt cél, mind pedig az elérést biztosító hálózati infrastruktúra vonatkozásában.
Esélyegyenlőség	Az elérhetőségi mutatókat sok esetben egy-egy térség specifikus társadalmi csoportjai olyan irányú vizsgálata céljából számítják, hogy az elérhetőségi helyzet mennyiben befolyásolja a szegény-gazdag, központi-periférikus, városi-vidéki, stb. térségek közötti különbségeket.
Dinamika	Az elérhetőségi mutatók számíthatók egy, illetve több időpontra is. Ez utóbbi esetben vizsgálható, hogy a közlekedési beruházások mennyiben szolgálták egy-egy térség felzárkózását, illetve leszakadását az elérhetőség tekintetében.

Forrás: Wegener-Eskelinnen-Fürst-Schürmann-Spiekermann (2000; 2002) alapján saját szerkesztés.

Forrás

Az elérhetőségi mutatókat több területi szinten, például régiók, városok vagy korridorok szintjén számítjuk. Pusztán jelentéstani szempontból egy térség akkor tekinthető elérhetőnek, ha egy másikról könnyen megközelíthető. Ennek ellenére a gyakorlatban azt a területet hívjuk jól elérhetőnek, melyről sok vonzó célpont rövid időn belül elérhető. Ebből a nézőpontból tehát ez a terület tekinthető az utazás kiindulópontjának, míg a számára elérhetőségi szempontból érdekes területek a célpontok.

Mindkét vonatkozásban az elérhetőség fogalma szoros kapcsolatban van a mozgással, melyet természetesen alapvetően befolyásol az, hogy ki hajtja végre. Különböző szereplők, úgymint az üzleti úton levők, turisták, ingázók más-más célpontban érdekeltek, valamint eltérő utazási preferenciával, illetve anyagi lehetőséggel rendelkeznek. A vállalkozások között is eltérő célpreferenciával rendelkeznek a beszállítók, a vásárlók, vagy más cégek, illetve más és más közlekedési szolgáltatást igényelnek aszerint, hogy milyen típusú árut szállítanak. Ezt a *különböző csoportot nevezzük az utazás forrásának*.

A *különböző szereplők eltérő igényeinek* modellezésére célszerű más-más elérhetőségi mutatókat számítani.

Cél

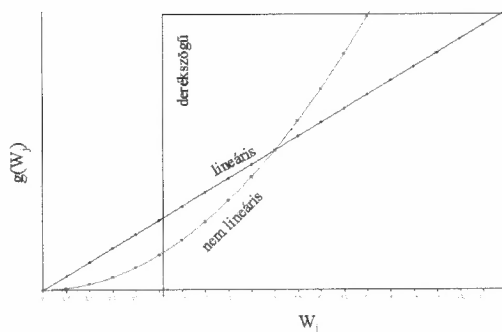
A *különböző szereplőket eltérő célterületek* vonzzák. Az üzleti úton levők a partnereiket nagy valószínűséggel a nagyvárosokban, illetve az agglomerációkban találják meg. A turistákat elsősorban a legfontosabb idegenforgalmi attrakciók érdeklik, mint például a tengerparti üdülőhelyek, a hegyvidékek vagy a történelmi városok. Az ingázók leginkább a munkalehetőségekben érdekeltek. A fogyasztó-orientált cégek elsősorban igyekeznek minél könnyebben elérni vásárlóikat, míg mások beszállítják termékeiket, illetve szolgáltatásaikat más vállalkozásoknak.

Az elérhetőségi mutatókat így a gazdasági tevékenységek, népesség és az idegenforgalmi attrakciók eltérő célterületeinek figyelembevételével kell számítani. Az elérhetőségi modellekben a „tömegtényező” kiválasztása a célok elérésének potenciális hasznát jelenti, más szóval az a haszon, melyet az egyén elérhet egy vagy több lokalitás felkeresésével. A megfelelő tömeg megválasztása így döntő az elérhetőség meghatározása szempontjából. A nagyléptékű (megyei, regionális vagy annál magasabb szintű) elérhetőségi kutatásokban gyakran a népességet használják. További lehetőséget jelent a GDP, a foglalkoztatottak száma, a vállalkozások nettó árbevétele stb.

Az 1. ábrán a tömegtényező lehetséges típusait mutatjuk be. Az ábrán látható, hogy az elérhető célterületek „tömegének” (W_j) növekedésével az alkalmazott függvény $g(W_j)$ lehet lineáris, exponenciális és derékszögű. Ez utóbbi esetében a derékszög azt jelenti, hogy csak egy meghatározott tömegben felül vesszük figyelembe az elérhető célokat, az alatt nem.

1. ÁBRA

A tömeghányozó lehetséges típusai (Possible Types of the Mass Factor)



Forrás: Schürmann–Spiekermann–Wegener (1997).

Ellenállás

Az egyszerűbb elérhetőségi mutatók pusztán az egy térségen belüli közlekedési infrastruktúrát vették figyelembe. Míg ezek a mutatók értékes információkat tartalmaznak magáról a térségről, nem veszik figyelembe, hogy a vizsgálati térségtől távollévő célok befolyásolják azt, így az eredmények a vizsgálat szempontjából félrevezetőek lehetnek.

Az összetettebb elérhetőségi mutatók különbséget tesznek a térségen belüli és az azon kívüli elérni kívánt célok között, s figyelembe veszik azt is, hogy az utóbbiak távolabb helyezkednek el. A két pont közt leküzdendő távolságot *területi ellenállási tényezőnek* nevezzük.

A területi ellenállási tényezőt a távolság vagy az idő, vagy a pénz, vagy e két utóbbi kombinációjaként (általános szállítási költség) számítják, továbbá figyelembe vehetik még a kapacitást, forgalmat, kényelmet vagy a biztonságot. Két különböző megközelítés létezik:

Légvonalbeli távolság: Amennyiben nem közlekedési hálózatokat vizsgálunk, akkor a légvonalbeli távolságok tekinthetők ellenállási tényezőnek az egyes területek között. A forrás és a célterületek ebben a vonatkozásban pontobjektumok, melyek sok esetben a térségek súlypontját/középpontját jelentik, így e pontok között vizsgáljuk a távolságot is. Ilyen esetben az utazási idő, utazási költség, kapacitás, kényelem, megbízhatóság vagy biztonság nem értelmezhető.

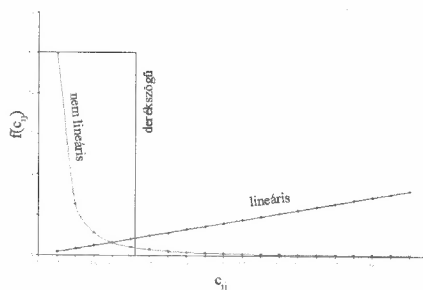
Hálózati ellenállási tényező: Amennyiben egy vagy több közlekedési hálózatot veszünk figyelembe, ebben az esetben a két terület között – a hálózaton mért – legrövidebb idejű/távolságú, vagy legkisebb költségű útvonal adatát tekintjük ellen-

állási tényezőnek. Ebben az esetben a távolság mellett az utazási idő, utazási költség, kapacitás, zsúfoltság, kényelem, megbízhatóság vagy a biztonság is vizsgálható. A forrás és a célterületek jelen esetben is pontobjektumok, melyek egymáshoz a legközelebbi csomópontokon keresztül, a közlekedési útvonalakon keresztül kapcsolódnak össze.

A 2. ábrán az ellenállási tényező lehetséges típusait mutatjuk be. Az ábrán látható, hogy a távolság (c_{ij}) növekedésével az alkalmazott függvény $f(c_{ij})$ lehet lineáris, exponenciális és derékszögű. Ez utóbbi esetében a derékszög azt jelenti, hogy csak egy meghatározott távolságon belül vesszük figyelembe az útvonalakat, míg azon túl nem.

2. ÁBRA

*Az ellenállási tényező lehetséges típusai
(Possible Types of the Resistance Factor)*



Forrás: Schürmann–Spiekermann–Wegener (1997).

Korlátozások

A térségek közötti útvonalak használatakor bizonyos *közlekedési szabályok* (sebességhatárok, az utak lejtése, maximális vezetési idő) vagy a *kapacitási korlátok* (jármű nagysága, forgalom/zsúfoltság) jelenthetnek akadályt.

Az elérhetőség számításánál viszonylag egyszerűen figyelembe lehet venni a szabályozási korlátozásokat. A sebességhatárok közvetlenül átkonvertálhatók utazási időkké. A sofőrök maximális vezetési ideje felfogható egy olyan határként, mely idő után a sofőröknek pihenőidőt kell beiktatniuk, s így az utazási idő nő.

A kapacitási korlátok figyelembe vétele jóval nehezebb, mivel tekintettel kell lenni az útvonal kapacitására és/vagy a hálózat áramlási karakterisztikájára. Bizonyos útvonalak korlátozása egyes járműtípusok vonatkozásában (pl. svájci transzalpin utakon a 40 tonnás kamionok, vagy a magyar nyári hétvégi kamionstop) csak akkor lehetséges, ha a különböző járműtípusokat megkülönböztetjük az elérhetőségi modellben. A forgalmi viszonyok figyelembevételéhez szükség van egy teljes körű forgalmi ráter-

heléses modellre, mely a nemzetközi szakirodalomban igen ritka, a magyar szakirodalomban a TRANSMAN potenciál módszere sorolható ide (Monigl 2005).

Határok

A területi ellenállási tényező mellett vannak nem területi, például politikai, gazdasági, jogi, kulturális vagy nyelvi határok a térségek között, melyeket figyelembe lehet venni:

A *politikai határok* például a nemzeti határok, melyeken való átkelés során az útlevel-ellenőrzés, vámvizsgálat stb. miatt idővesztésig éri az utast. A schengeni határőrizet megkezdése óta jelentősen csökkent az ilyen jellegű idővesztés az EU belső határain. Ezzel szemben az EU-ba történő bevándorlás jóval korlátozottabbá vált.

A *gazdasági határok* olyan vámok, tarifák és más díjak, melyeket a különböző országok közötti áru és szolgáltatások cseréjére vetnek ki. A Maastrichti Szerződés következtében az EU-n belüli gazdasági határok jelentősen lecsökkentek.

A *jogi határok* olyan korlátozások, melyeket az áruk és az emberek országok közötti mozgása tárgyában vetnek ki, eltérő standardok, biztonsági szabályozások, foglalkoztatási korlátozások stb. formájában.

A *kulturális határok* olyan láthatatlan gátak, melyek megnehezítik a határ két oldalán élő emberek és az áruk mozgását az eltérő tradíciók, értékek, életstílusok és érzékenység miatt. Ilyen problémát jelentenek a nyelvi határok is.

Közlekedési mód

Az elérhetőségi mutatók döntő részét a *személyszállítás* vonatkozásában számítják. Ennek ellenére, ha a forrás és célterületek gazdasági tevékenységhez kapcsolódnak (cégek vagy foglalkoztatottak) akkor áruk és szolgáltatások tekintetében is alkalmazhatók.

Az *áruszállításhoz* leginkább kapcsolódó modellekben gyakran veszik figyelembe az intermodális terminálokat vagy kikötőket, vagy az olyan áruszállítási módokat, mint a belvízi hajózás. A szakirodalomban csak nagyon kevés specifikusan áruszállítási tanulmány készült.

Modalitás

A hálózat alapú elérhetőségi mutatók számíthatók *közútra, vasútra, belvízi hajóútra* vagy *légi közlekedésre*. Emellett megkülönböztetünk unimodális, multimodális és intermodális mutatókat.

Az *unimodális* mutatók csak egy közlekedési módot vesznek figyelembe.

A *multimodális* elérhetőségi mutatók két vagy több unimodális elérhetőségi mutatót összegeznek.

Az *intermodális* elérhetőségi mutatók az utazás során egyszerre több mód közötti váltás lehetőségét is figyelembe veszik.

Az elérhetőségi mutatókkal foglalkozó szakirodalomban az intermodális indikátorok meglehetősen ritkának számítanak.

Területi szint

Az elérhetőségi mutatók számításával kapcsolatban három aspektusra érdemes felhívni a figyelmet: a vizsgálati terület határait, a terület részletezettségére és a terület megválasztására.

A vizsgálati terület határai

Annak ellenére, hogy az elérhetőségi mutatók a más térségekben levő célpontokhoz való hozzáférést számszerűsítik, a teljes vizsgálati területnek igazodnia kell ahhoz is, hogy az elérhetőségi viszonyokat nem csupán a tér belső elérhetősége, hanem a külső célpontok is befolyásolják. Így lehetőség szerint *minél tágabb vizsgálati területet érdemes alkalmazni*, ahol az összes (a vizsgálat szempontjából releváns elérhető célterületet) figyelembe vesszük. Amennyiben valamilyen okból erre nincs lehetőségünk, akkor az eredmények bemutatásakor erre a tényre mindenképpen érdemes felhívni a figyelmet.

A vizsgálati terület részletezettsége

Az egyes térségekben fekvő forrás és a célpontok régiókat, városokat, korridorokat stb. reprezentálnak. Ezzel szemben az elérhetőségi indikátorokat csak pontokra számítják, melyeket vagy földrajzi koordinátaként vagy hálózati csomópontként határoznak meg. Ezért nem célszerű az elérhetőségi mutatókat terület-orientáltként vagy csomópontiként osztályozni. Valamennyi elérhetőségi mutató ugyanis csomóponti, s amennyiben az értékét térségre kívánjuk vonatkoztatni, szükség van egy kis általánosításra.

A leggyakoribb általánosítás az, amikor azt tételezzük fel, hogy a forrás és a *célterületek tevékenységei az adott térségek központjának egy csomóponti pontjába koncentrálódnak*. Ez az általánosítás elfogadható, amennyiben kisméretűek a vizsgálati területek, illetve ha a vizsgálat célja csak a városközpont elérhetőségének vizsgálata.

Ezzel szemben viszont vannak olyan vizsgálatok (pl. esélyegyenlőségi), ahol a hálózati csomópontok körül az elérhetőség csökkenésével foglalkoznak. Ha az *elérhetőséget folyamatos, háromdimenziós felületként vizsgáljuk* (Spiekermann–Wegener 1994; 1996; Schürmann–Spiekermann–Wegener 1997; Vickerman–Spiekermann–Wegener 1999; Tschopp–Fröhlich–Keller–Axhausen 2003), akkor a „nagysebességű” hálózati csomópontok jelentik a hegycsúcsokat, például a városközpontok gyorsvasúti pályaudvarai, míg az ezekről távolabb elhelyezkedő területek (hálózati csomópontok) a völgyek. Amennyiben fontos, hogy az elérhetőségi mutatók ne csupán a „hegyeket”, hanem a „völgyeket” is mutassák, területileg minél inkább részletesebb adatokra van szükség. A legáltalánosabban alkalmazott módja a minél részletesebb elérhetőségi

mutatók számításának a vizsgálati térségek számának növelése. Sajnos ez gyakran nem lehetséges az adathiány miatt, illetve bizonyos esetekben szembesülünk a változtatható területi egységek problematikájával (Dusek 2004).

Egy másik módja a részletesebb elérhetőségi mutatók számításának az, hogy a nagyobb térségek társadalmi-gazdasági mutatóit kisebb, azonos nagyságú raszter cellákra vagy pixelekre osztják térinformatikai rendszerek segítségével. Ezen pixelek adatait felhasználva lényegében folytonos elérhetőségi felületek számíthatók, melyek nem csupán a legkedvezőbb elérhetőségű „hegycsúcsokat”, hanem az ezzel szomszédos alacsony elérhetőségű „völgyeket” is képesek kimutatni. Ilyen típusú elemzések esetén ezeket a dezaggregálásokat nem csupán az alapadatok, hanem a pixelek közötti utazási idő, illetve költség tekintetében is el kell végezni.

A terület megválasztása

A vizsgálati terület megválasztásában az elemző eldöntheti, hogy az *elemzett területen belül mely térségeket veszi figyelembe és melyeket nem*. Több kutatásban a vizsgálati területen belül valamennyi elérhető célt figyelembe vesszük, lehetnek viszont olyan elemzések, ahol csak valamilyen elérhetőségi vagy más szempontból a célpontoknak csupán bizonyos körét vizsgáljuk.

Esélyegyenlőség

Az elérhetőségi mutatókat számos faktor határozza meg. Különbségeket láthatunk az egyes régiók elérhetőségi igényei tekintetében, részben köszönhetően annak a ténynek, hogy a munkaerő és a társadalmi rétegződés sok tekintetben alkalmazkodott az elérhetőség különbségeihez. Ezt mutatja az a tény is, hogy az elérhetőségi mutatók, melyek kulcsfontosságúak a magterületek számára, a periférikus régiókban már kevésbé meghatározóak. Ez megnehezíti a politikai döntéshozatalt, mivel sok esetben az elérhetőség fejlesztése különböző mértékben jelent prioritást a periférikus és a magterületek között. Bár az európai közlekedési politikában egyre nagyobb súlyt kapnak a periférikus régiók, mégis valószínűtlen, hogy elhelyezkedési hátrányukat valaha is teljesen kompenzálni tudja a közlekedési infrastruktúra. Annak vizsgálata tekintetében, hogy a „kedvező” elérhetőségi helyzetet mennyiben a jó földrajzi pozíció, illetve a kedvező elérhetőség okozza, célszerű összehasonlítani a légvonalban számított elérhetőségi mutatókat valamely hálózati elérhetőségi mutatóval (Tóth 2005).

Dinamika

Az elérhetőség nem statikus fogalom. Amennyiben légvonalbeli elérhetőségi mutatókat használunk, akkor vizsgálható a *mutatók különbsége* eltérő társadalmi-gazdasági változók alkalmazása esetén. A hálózati elérhetőség tekintetében mind a

társadalmi-gazdasági mutatók, mind pedig a *különböző közlekedési mód* vagy *közlekedési szolgáltatási szint* esetén felmerülő *különbségek* is vizsgálhatók.

Az elérhetőség dinamikája továbbá *különböző időpontok* tekintetében is értelmezhető, például az egyes beruházások megvalósulása esetén fellépő elérhetőségi változás számszerűsítésekor. Így feltárható, hogy a tervezett beruházások mennyiben szolgálják az egyes régiók közötti társadalmi-gazdasági közeledést, illetve távolodást.

Fontos különbséget tenni az elérhetőségi mutatók között a nap, illetve az év különböző időszakában, amikor a szolgáltatás szintje a nap/év folyamán különbözik, vagy amikor a közlekedési zsúfoltság a meghatározó tényező. Ebből következően a *különböző napszakokra/időszakokra* célszerű külön elérhetőségi modellt készíteni.

Az elérhetőségi mutatók alapvető típusai

- I) Korlátokat alkalmazó modellek
- II) Valamennyi elérhető célt és útvonalat figyelembe vevő modellek

I) Korlátokat alkalmazó modellek

A korlátokat alkalmazó modellek csoportjába tartozik a napi elérhetőség és az utazási idő/költség mutató. E mutatók koncepcionálisan egyszerűbbek, mint a második csoportba tartozó modellek, viszont a GIS rendszerek elterjedése óta sokkal dominánsabbak azoknál (Lutter–Pütz–Schliebe 1992; Lutter–Pütz–Spangenberg 1992; Chatelus–Ulled 1995; Spiekermann–Wegener 1996; Vickerman–Spiekermann–Wegener 1999). Ennek az az oka, hogy e modellek igen könnyen adaptálhatók egy-egy tervezési feladat megoldásához, legyen az akár egy vállalkozás piaci területére, vagy egy szervezet szolgáltatási terére vonatkozó elemzés. Az e csoportba tartozó modelleknek válaszolniuk kell a következő három kérdés közül legalább az egyikre:

- Mekkora a forrástérségből a vizsgálati terület összes fő céltérségébe való utazás összköltsége?
- Mennyi ember érhető el egynapos utazással (mely egyes elemzésekben 1 óra, de más kutatásokban 3–5 órát jelent) a vizsgálati térség egy pontjáról?
- Egy n embert magában foglaló piac elérésének bármely forrásterületről mekkora lenne a költsége?

1) Napi elérhetőség

A napi elérhetőség mutató az egy adott forrásponttól meghatározott időn belül elérhető célok, tömegek összege. A meghatározott idő a legtöbb európai kutatásban 1 óra, de bizonyos elemzésekben más is lehet, például 3–5 óra (Chatelus–Ulled 1995). E mutató abból a megfontolásból készült, hogy az üzletemberek igényeinek leginkább megfelelő elérhetőségi mutatót állítsanak elő. Az ő szempontjuk ugyanis az, hogy szeretnének eljutni egy bizonyos városba, ott elintézni üzleti ügyeiket, majd ezután

este hazatérni otthonukba (Törnqvist 1970; Bonnafous 1987). A mutatót igen gyakran használják európai léptékű kutatásokban (lásd többek között Erlandsson–Törnqvist 1993; Schürmann–Spiekermann–Wegener 1997; Spiekermann–Neubauer 2002).

$$A_i = \sum_j W_j f(c_{ij}) \quad \text{ahol} \quad f(c_{ij}) = \begin{cases} 1, & \text{ha } c_{ij} \leq c_{\max} \\ 0, & \text{ha } c_{ij} > c_{\max} \end{cases}$$

Ahol A_i az i térség elérhetősége, W_j az elérni kívánt cél „tömege”, $f(c_{ij})$ elérési függvény, c_{ij} az eléréshez szükséges idő, c_{\max} az elemző által meghatározott időkorlát (a legtöbb esetben 60 perc).

2) Utazási idő/költség (első megközelítés)

A mutató azon a feltevésen alapul, hogy a vizsgálati területen lévő összes célpont közül nem valamennyi elérése fontos az adott elemzés szempontjából. Ezért megszabunk egy szintet (W_{\min}), melynél a vizsgálat során figyelembe vett elérni kívánt „tömegek” nagyobbak, illetve nagyobb vonzerővel rendelkeznek. A mutató így a kiválasztott tömegek elérésének összesített általános közlekedési költségét adja (Lutter–Pütz–Schliebe 1992; Lutter–Pütz–Spangenberg 1992; 1993). A legegyszerűbb esetben nem teszünk különbséget a nagyobb és a kisebb célpontok között, például a meghatározott szintnél nagyobb célterületek azonos súlyt (1-et) kapnak függetlenül a köztük levő méretbeli különbségektől, míg az e szintnél kisebb tömegű célterületek egységesen 0-át, vagyis az elérhetőség számításánál nem vesszük őket figyelembe. Meg kell, jegyeznünk viszont, hogy vannak olyan alkalmazások, ahol a célok nem 1-et kapnak, hanem méretük alapján kerülnek súlyozásra (a tömegétényező lineáris). Az ellenállási tényező mindig lineáris, melynek következtében nem veszi figyelembe azt a tényt, hogy egy távolabbi célterület elérésének valószínűsége kisebb, mint a közelebbié.

$$A_i = \sum_j g(W_j) c_{ij} \quad \text{ahol} \quad g(W_j) = \begin{cases} 1, & \text{ha } W_j \geq W_{\min} \\ 0, & \text{ha } W_j < W_{\min} \end{cases}$$

Ahol A_i az i térség elérhetősége, $g(W_j)$ függvény, W_j az elérni kívánt cél „tömege”, c_{ij} az eléréshez szükséges idő, W_{\min} az elemző által meghatározott tömegszint.

A mutatónak létezik egy továbbfejlesztett formája is. Ebben a könnyebb összehasonlíthatóság érdekében az összesített elérési költségeket elosztjuk a vizsgálat során figyelembe vett elérhető célterületek számával. Így a mutató már nem az összes, hanem az átlagos elérési költséget mutatja a figyelembe vett célterületekre vonatkozóan.

$$A_i = \frac{\sum_j g(W_j) c_{ij}}{\sum_j g(W_j)} \quad \text{ahol} \quad g(W_j) = \begin{cases} 1, & \text{ha } W_j \geq W_{\min} \\ 0, & \text{ha } W_j < W_{\min} \end{cases}$$

A korlátokat alkalmazó elérhetőségi modellek nagy előnye, hogy könnyű őket számítani, illetve értelmezni. Elterjedtségük alapvető oka, hogy specifikus, elsősorban tervezési célra nagyon könnyen alkalmazhatók.

E modellek egyik legfontosabb hátránya viszont, hogy nem veszik figyelembe a célterületek közötti minőségi különbségeket (napi elérhetőség), valamint a távolság növekedésével az elérhető célterületek elérési valószínűségének csökkenését (utazási költség). További problémát jelent az, – ami egyébként az előnye is –, hogy a korlátok (tömeg, illetve távolság) meghatározása elemzői feladat, így meglehetősen szubjektív. A korlátok meghatározása kutatási cél függvényében változhat, melyből következően akár azonos vizsgálati területre, azonos módszer alkalmazásával is eltérő eredményt kaphatunk. Ennek következtében az eredményeink csak az adott témában értelmezhetők, s nem összehasonlíthatók más elérhetőségi modell eredményeivel, vagy valamely társadalmi-gazdasági változóval.

II) Valamennyi elérhető célt és útvonalat figyelembe vevő modellek

Az ide tartozó modellek legfontosabb meghatározója, hogy – reagálván az utazni kívánó egyén utazási viselkedésének összetett voltára – már a vizsgálati terület minden elérhető célját és útvonalát figyelembe veszik. E modelleknek meglehetősen sok típusa létezik. A következőkben azokat kívánjuk bemutatni részletesebben, amelyek települési vagy annál magasabb szintű vizsgálatokban alkalmazhatók, s nem taglaljuk részletesen az ennél alacsonyabb területi szintekkel foglalkozó elérhetőségi mutatókat. Baradaran és Ramjerdi (2001) kutatási eredményeinek részbeni felhasználásával tehát az elérhetőségi modellek a következő csoportokba sorolhatók:

- 1) Lokalitási mutató (súlyozott elérhetőség)
- 2) Utazási költség (második megközelítés)
- 3) Gravitációs analógián alapuló modellek
- 3.1) Gravitációs analógián alapuló modellek az agglomerációs probléma figyelembevételével

1) Lokalitási mutató (súlyozott elérhetőség)

E mutató a vizsgálati terület összes elérhető célpontja között mutatja az átlagos súlyozott elérhetőséget, legtöbb esetben az időt.

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n (c_{ij} W_j)}{\sum_{j=1}^n W_j}$$

Ahol A_i az i térség elérhetősége, i az utazás forrása, j a célja; c_{ij} ellenállási tényező, legtöbb esetben utazási idő; W_j súlytényező („tömeg”).

Súlytényezőként használható a GDP, a népesség, a foglalkoztatottak száma stb. (Gutiérrez-González-Gómez 1996; Gutiérrez-Urbano 1996; Schürmann-Spieckermann-Wegener 1997). A súlyozott elérhetőségi mutató legnagyobb hátránya abban keresendő, hogy – a később tárgyalt gravitációs modellekkel ellentétben – nem tudja figyelembe venni azt a tény, hogy a távolság növekedésével az egyes célterületek fontossága, s így elérésének valószínűsége fokozatosan csökken. Bár a nemzetközi szakirodalomban a mutatót csak lineáris ellenállási tényezővel használják, a későbbiekben más ellenállási tényező alkalmazásával igyekszünk ezt a hiányosságot orvosolni. A mutató értéke minél nagyobb, annál rosszabb a vizsgált térség elérhetősége. (Ez a megállapítás csak a lineáris, illetve a négyzetes modellekre igaz, míg az exponenciális modellekre természetesen nem.)

A mutató legfőbb előnye egyszerűségéből fakad, mivel könnyű számítani és értelmezni. Mivel eredményként az ellenállási tényezőt, vagyis az utazási időt kapjuk meg (amennyiben az ellenállási tényező lineáris), meglehetősen gyakran használják egyes beruházások megvalósítási tanulmányaiban, ún. „vele” és „nélküle” típusú kutatásokban. A legfőbb hátránya, mint már korábban említettük az, hogy nem tesz különbséget a közeli és a távoli célpontok között.

2) Utazási költség (második megközelítés)

Az ebbe a csoportba tartozó mutatók azt vizsgálják, hogy bármely tevékenység, cél (az első megközelítéstől eltérően, a vizsgálati terület összes elérhető célját figyelembe véve) milyen könnyen érhető el egy megadott forrásból, adott közlekedési rendszerrel (Burns-Golob 1976). Ezeket a mutatókat elsősorban a közlekedési infrastruktúra állapotának vizsgálata területén használták (Guy 1977; Breheney 1978). Az ilyen típusú elérhetőségi mutatók közös szempontja, hogy a konfigurációjuk határozza meg őket, ahol a mutató egyszerűen a szállítási költség valamilyen helyettesítője (légvonalbeli távolság, utazási idő/költség stb.).

$$A_i = \sum_j \frac{1}{f(c_{ij})}$$

Ahol az A_i az i lokalitás elérhetőségi mutatója, $f(c_{ij})$ ellenállási függvény, c_{ij} az i és j lokalitások közötti utazási költség.

Az ilyen típusú mutatók legfőbb erénye, hogy könnyű értelmezni a modell egyszerűsége miatt. Kicsi adatigényűek, s a számítási módjuk is meglehetősen egyszerű. Legfőbb problémája viszont e modellnek, hogy nem veszi figyelembe a célterületek közötti minőségbeli különbségeket. Továbbá nem képes figyelembe venni az utazók közötti útidőbeli különbségeket, nagyon érzékeny a határterületek megválasztására (Bruinsma-Rietveld 1999), s végül nincs tekintettel az egyes utazók közötti eltérő viselkedési szempontokra, melyek a célterületek megválasztását befolyásolják (Hensher-Stopher 1978).

3) Gravitációs analógián alapuló modellek

Az utazók számára rendelkezésre álló összes elérhető célterület vizsgálata jelenti az első olyan kísérletet, amely már figyelembe veszi az utazókra jellemző viselkedési szempontokat. (Így tehát az utazó bármely elérhető célpontot választhatja, s a célpontok választásának valószínűsége valamilyen formában belekerül a modellbe.) Ilyen modellek a gravitációs analógián alapuló modellek, melyek kétségtelenül a leggyakrabban használatos elérhetőségi modellek (lásd többek között: *Dalvi–Martin* 1976; *Linneker–Spence* 1991; *Smith–Gibb* 1993; *Geertman–Ritsema Van Eck* 1995; *Bruinsma–Rietveld* 1998; *Brunton–Richardson* 1998; *Kwan* 1998; *Levinson* 1998).

A téma legkorábbi előzményének a Hansen-féle gravitációs modell (*Hansen* 1959) tekinthető. Hansen azt állította, hogy az elérhetőség „az interakciós lehetőség potenciálja”, illetve „a népesség távolságon átnyúló kapcsolatrendszerének általánosítása”. Az elérhető célok elérési potenciáljának koncepciója szoros kapcsolatban van a tömegek gravitációs modellen alapuló interakciójával.

$$A_i = \sum_j \frac{W_j}{f(c_{ij}; \beta)}$$

Ahol A_i az i térség elérhetősége, W_j az utazók által elérhető „tömeg”, függetlenül attól, hogy azt ténylegesen el kívánja-e érni, vagy sem; $f(c_{ij}; \beta)$ az ellenállási tényező (az ellenállási tényező ilyen általános felírása arra utal, hogy a β lehet mind hatvány, mind szorzótényező is, melyet az elemző dönt el); c_{ij} az i és j pontok közötti utazási költséget kifejező változó, β állandó szám.

A gravitációs analógián alapuló modellek közül a Hansen-féle modell még meglehetősen szorosan ragaszkodott a gravitációs összefüggésekhez, mely megnyilvánul abban is, hogy a képletben szereplő konstans a modell fizikai levezetéséből következően mindenképpen négyzet (lásd *Calvo–Pueyo Campos–Jover Yuste* 1993).

$$A_i = \sum_j \frac{W_j}{c_{ij}^2}$$

A konstans megválasztása a szakirodalomban több helyen is megjelenik, és sok kutató nem ragaszkodott munkájában a jelzett négyzetes hatványkitevőhöz. Kimutatták, amennyiben a konstans mértéke nagyobb, mint 1, akkor azzal az elemző nagyobb súlyt ad a kisebb távolságoknak. Vannak viszont olyan vizsgálatok, ahol olyan infrastrukturális rendszereket modelleznek (intercity vonatok), melyek inkább közepes távolságokon fejtik ki előnyüket, így ilyen esetben a konstans értéke 1 (*Capineri* 1996; *Martín–Gutiérrez–Roman* 1999).

Az ilyen típusú modellek előnyei közé sorolható a könnyű érthetőség, illetve számíthatóság. Azon mutatók közül, melyek azzal, hogy valamennyi potenciálisan felmerülő elérhető célt figyelembe vesznek, s így reflektálnak az utazók viselkedési aspektusára, ezeknek a legkisebb az adatigénye. Fontos pozitívumként emelhető ki az a tény, hogy az ilyen mutatók képesek az egyes elérhető lokalitások közötti kü-

lönbségtételre is. E modellek negatívuma viszont, hogy igen érzékenyek a határterületek megválasztására, s nem képesek azon utazókat kezelni, akiknek több utazási preferenciája van. Viszonylag nehéz az eredmények nagyságának, az egyes térségek közötti különbségeknek az értelmezése is (dimenziós probléma).

3.1) Gravitációs analógián alapuló modellek az agglomerációs probléma figyelembevételével

Az elérhetőségi vizsgálatokban sok esetben felmerül a gazdaság, illetve a népesség agglomerálódási folyamatainak figyelembe vétele. Egy-egy agglomerációs térség elérésekor az utazás potenciális haszna ugyanis nem csupán a térség központja „tömegével” arányos, hanem azt megnöveli az agglomeráció további településeinek tömege is. Az agglomerációs hatások figyelembe vétele meglehetősen összetett kérdés. Az egyik lehetséges alternatíva ebben a vonatkozásban a változatlan terület-nagyságú (állandó sugarú) területi mozgóátlag alkalmazása (Dusek 2001). Az elérhetőségi kutatásokban természetesen nem a módszer alapvető felhasználásához hasonlóan légvonalbeli, hanem hálózaton mért távolságokkal alkalmazzuk a területi mozgóátlagot. Ennek a módszernek a használatával az elérni kívánt tömegeket igyekszünk módosítani, mellyel az agglomerációs hatásokat próbáljuk számszerűsíteni. A képlet számlálójába a napi elérhetőség mutató képlete kerül, míg nevezőjébe a meghatározott távolságon belül elhelyezkedő célpontok darabszáma.

$$W^* = \frac{\sum_j W_j f(c_{ij})}{f(c_{ij})} \quad \text{ahol} \quad f(c_{ij}) = \begin{cases} 1, & \text{ha } c_{ij} \leq c_{\max} \\ 0, & \text{ha } c_{ij} > c_{\max} \end{cases}$$

Ahol A_i az i térség elérhetősége, W^* módosított „tömeg”, az agglomerációs hatás figyelembevételével; W_j az elérni kívánt cél, $f(c_{ij})$ elérési függvény, c_{ij} az eléréshez szükséges idő, c_{\max} az elemző által meghatározott időkorlát, a legtöbb esetben 60 perc. Kulcskérdés a sugár c_{\max} meghatározása, nem lehet sem túl nagy, sem túl kicsi, mivel ekkor a tömegeket alul, illetve túlbecsülhetjük!

Az ellenállási tényező megválasztása

Mint az a korábbiakban már látható volt, az elérhetőségi vizsgálatokban az ellenállási tényező több formája is megjelenik. A korlátokat alkalmazó modellek esetében csak meghatározott távolságon, időn vagy költségen belül elérhető célpontokat veszünk figyelembe, vagy pedig lineáris ellenállási tényezőt használunk. A valamennyi elérhető célt és útvonalat vizsgáló modellek között már jelentős különbségeket láthatunk az ellenállási tényező megválasztásában. A leghétköznapiabb megoldásnak a lineáris ellenállási tényezőt alkalmazó modellek tekinthetők, ekkor ugyanis az elérési időn, költségen semmiféle matematikai módosítást sem végzünk. A gravitációs modellek vonatkozásában már tárgyaltuk az ellenállási tényezők különbségeit. Mint már akkor is jeleztük, a gravitációs analógiához szorosan ragaszkodó modellekben – a modell fizikai levezetéséből következően – mindig a távol-

ság, idő, költség négyzetét alkalmazzuk. Ez azonban egyáltalán nem köbevésett szabály az elérési mutatóknál, így a gravitációs analógián alapuló modelleknel előfordulnak más hatványértékek is. Szerepük ez esetben nem más, mint az, hogy a különböző távolságra fekvő elérhető célpontok elérésének valószínűségét számszerűsítsék a modellben.

Lényegében ennek a célnak a pontosítása érdekében használják a kutatók az *exponenciális ellenállási tényezőt* alkalmazó modelleket (Schürmann–Spiekermann–Wegener 1997; Simma–Vritic–Axhausen 2001).

Egyes kutatók az elérési mátrix elemeit idő/költség intervallumokba sorolták (Simma–Axhausen 2003), s azt figyelték meg, hogy a gyakoriságok és az átlag-idő/költség közötti kapcsolat leginkább egy exponenciális regressziós függvénnyel írható le. E modellek tehát abból a feltételezésből indulnak ki, hogy a vizsgálati területen belül a távolság/idő/költség növekedésével az egyes célpontok felkeresésének valószínűsége exponenciálisan csökken. Ez alapján a legcélszerűbb kitevő:

$$e^{-\beta c_{ij}}$$

ahol c_{ij} i és j pontok közötti utazási költség (idő), β konstans.

A β a vizsgált térelrendeződés állandója, amelyet minden egyes új térstruktúra vizsgálatakor meg kell határozni! Ennek az az oka, hogy különböző területi szintek, illetve eltérő célponti kör vizsgálatakor a gyakoriságok és az átlagidők/költség közötti kapcsolat mindig más és más (tehát más függvénygörbével írható le). A trend minden esetben exponenciális, csupán a görbe paraméterei változnak. Ennek a konstansnak pedig éppen az a jelentősége, hogy kapcsolatot teremtsen az egyedi térrészek potenciál-hozzájárulása és az egész tér között. (A konstans meghatározását lásd később.)

Az exponenciális regressziós kutatásokban, bizonyos térstruktúrák vizsgálatakor, célszerű még kedvezőbb illeszkedést elérni, hogy az egyes célterületek elérésének valószínűségét még pontosabban tudjuk meghatározni. Ennek érdekében érdemes használni az exponenciális ellenállási tényezőkben a Boks–Cox transzformációt, mely a regresszió reziduáljait egységesíti (homoszkedasztikussá teszi), a normál eloszláshoz közelítve alakítja (Box–Cox 1964).

Az ε_i hibákról nemcsak azt szokták feltételezni, hogy várható értékük 0, hanem azt is, hogy szórásuk megegyezik. Ez az úgynevezett *homoszkedasztikus* eset. Ha ugyanis a mérési hibák x változó mentén változnak (*heteroszkedasztikus* eset), a fellépő nagy eltérések (azok négyzetei) aránytalanul eltorzítják a szélsőértékek helyét, ezzel a paraméterek értékét, így pedig a regressziós vagy más modellek eredményei nem konzisztensek a valósággal.

Amikor a homoszkedasztikus feltétel teljesül, a regressziós egyenes, vagy hipersík minden pontján azonos szórású reziduálisok találhatók.

$$\text{var}(\varepsilon_i) = \sigma^2 \quad \forall \quad i \in N^+ \text{-re.}$$

A Boks–Cox transzformáció az értékeket megváltoztatja, de a köztük lévő sorrendet nem. (A transzformáció gyakorlati felhasználását lásd később.)

Saját potenciál

A potenciálmodellekkel kapcsolatos szakirodalom már régóta foglalkozik a saját potenciál fogalmával (lásd többek között Frost–Spence 1995; Bruinsma–Rietveld 1998). Ennek jelentősége, hogy a vizsgált térben a helyfüggő potenciál mértéke a tér adott pontjában nem csupán attól függ, hogy tőle milyen távolságra, mekkora tömegek helyezkednek el, hanem attól is, hogy az adott pont mekkora erőteret képes maga körül gerjeszteni. Az ilyen potenciálvizsgálatokban ezért megkülönböztetjük a saját, a belső és a külső potenciált (Nemes Nagy 1998; 2005). Ez utóbbi két tényező megkülönböztetése a szorosan vett vizsgálati terület és az azt kívülről befolyásoló tér erejének megkülönböztetéséből fakad. A potenciált tehát e három tényező összegzéséből számítjuk.

Az elérhetőségi vizsgálatokban is fontos e ténynek a figyelembe vétele. Egy térség saját potenciáljának kiszámításakor ugyanis azt tételezzük fel, hogy nem csupán az egyik területegységből a másikba történő szállítás jelentheti az elérhetőséget javító tényezőt, hanem az egyes térségeken/településeken belüli is. Vagyis megállapíthatjuk, hogy egy-egy terméket/szolgáltatást nem szükséges másik térségbe szállítani, ha azt az adott térségen belül is értékesíthetjük. A saját potenciál szerepének figyelmen kívül hagyása félrevezető eredményt hozhat például települési szintű vizsgálat esetén. Könnyen belátható, hogy magyarországi vonatkozásban ilyen esetben az agglomerációk, településegységek központi településeinek elérhetősége minden esetben alacsonyabb lenne, mint a nagyvárosi településegységek további településeie.

A saját potenciál kiszámításánál – más potenciálvizsgálatokhoz hasonlóan – figyelembe vesszük az adott térség területét (lehetőleg nem a közigazgatási, hanem a belterületet). A területet körnek tekintve kiszámítjuk az egyes térséghez tartozó sugarat, melyet arányosnak tekintünk az egyes településeken belüli közúti távolságokkal, így azt saját távolságnak is nevezzük. A légvonalbeli távolsággal operáló modellekben ezt a távolságot használjuk, míg a hálózati távolságot alkalmazókban ezt a távolságot valamilyen átlagsebesség/költség stb. segítségével átszámítjuk, s behelyettesítjük a képletbe. Elérhetőségi vizsgálatokban már a vizsgálati teret is úgy igyekszünk megválasztani, hogy lehetőleg valamivel nagyobb legyen a szűken vett vizsgálati területtől, így a külső potenciál fogalma viszonylag ritkán jelenik meg. A helyfüggő elérhetőségi potenciált így a saját és a belső összegéből számítjuk.

$$\sum A_i = SA_i + BA_i$$

Ahol $\sum A_i$ az i térség összes elérhetőségi potenciálja, SA_i saját, BA_i belső potenciál. Van olyan megközelítés is, mely a vizsgálati területen kívüli, úgynevezett külső potenciált is figyelembe veszi, mi viszont, mint arra korábban már utaltunk, a szűkebben vett vizsgálati területhez még további, távolabbi elérhető célokat is figyelembe veszünk, így ez a probléma nem lép fel.

Európai elérhetőségi vizsgálatok

A következőkben a fentebb bemutatott modelleket ismertetjük európai léptékű vizsgálatokon keresztül. Munkánk során az elérni kívánt cél tömegét mindig az adott térség népességével számszerűsítjük. Vizsgálatunk dimenzióit a 2. táblázat mutatja:

2. TÁBLÁZAT

A vizsgálat dimenziói

(Dimensions of the Analysis)

<i>Dimenzió</i>	<i>Megjegyzések</i>
Forrás	Vizsgálatunkban az elérhetőséget valamennyi ember szemszögéből számítjuk, illetve értelmezzük, s nem különböztetjük meg az egyes társadalmi csoportokat, valamint a különböző utazók eltérő utazási céljait.
Cél	Az elérni kívánt célt az adott területegység népességével számszerűsítjük. Ez az elérni kívánt célt számszerűsítő „tömeg” tényező (összetevő) az alkalmazott modellekben lehet derékszögű (valamennyi aktivitás egy bizonyos méreten belül) vagy lineáris.
Ellenállás	A területi ellenállási tényező jelen esetben a térségek adminisztrációs központjai közötti, közúton mérhető elméleti elérhetőségi időket jelenti, percben. Az alkalmazott ellenállási tényező lehet lineáris (átlagos ellenállás), derékszögű (valamennyi elérni kívánt cél adott ellenállási tényezőn belül) vagy nem lineáris (pl. exponenciális).
Korlátozások	Két térség közötti útvonalak használatakor az adott szakaszon az út típusának megfelelő maximális sebesség jelenti a korlátot.
Határok	A vizsgálati terület meghatározásakor a földrajzi értelemben vett teljes Európát vettük figyelembe úgy, hogy az sok esetben már átnyúlt Ázsiába (pl. Törökország régiói esetében).
Közlekedési mód	A vizsgálat során nem különböztettük meg a személy-, illetve teherszállítás eltérő szempontjait.
Modalitás	Vizsgálatunkban unimodális elérhetőséget számítottunk közútra vonatkozóan. A kontinenshez tartozó szigetek esetén a kompjakaratok útideje helyettesítette a közúti elérési időket.
Területi szint	Kutatásunk alapvető területi szintje NUTS 3, mely területi statisztikai szint mind az EU25, mind a csatlakozásra váró, valamint az EFTA országok vonatkozásában is rendelkezésre áll. Kelet-Európában az oblast, illetve az ennek megfelelő tagköztársasági, autonóm területi szint volt a legalsóbb olyan egység, melyről adattal rendelkezünk, ezért került be a NUTS 3-nál valamivel nagyobb közigazgatási egység a kutatásba.
Esélyegyenlőség	Kutatásunk alapvető célja az európai szintű elérhetőségi centrum-periféria különbségek modellezése, s az ebből következő különbségek vizsgálata.
Dinamika	A kutatásban a 2004. január 1-jei népességet és közúthálózatot vettük figyelembe.

Forrás: Saját szerkesztés.

Korlátokat alkalmazó modellek

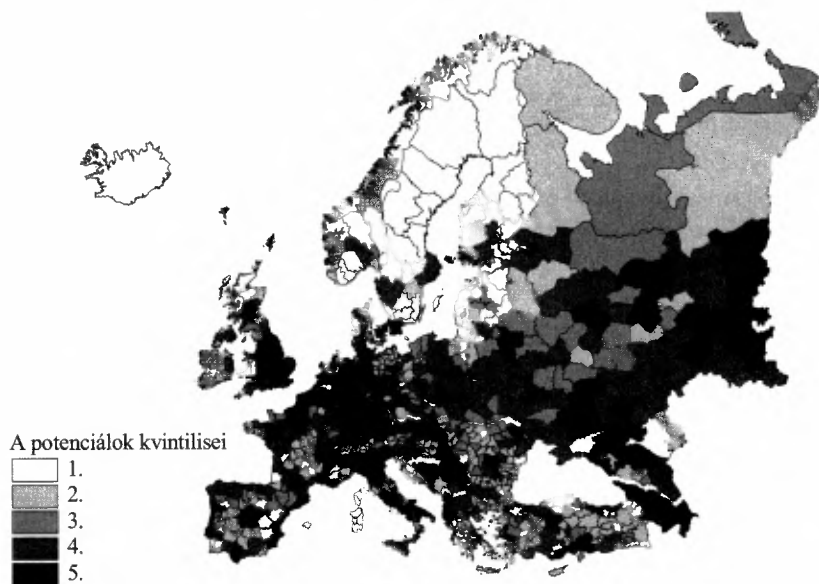
Napi elérhetőség

$$A_i = \sum_j W_j f(c_{ij}) \quad \text{ahol} \quad f(c_{ij}) = \begin{cases} 1, & \text{ha } c_{ij} \leq c_{\max} \\ 0, & \text{ha } c_{ij} > c_{\max} \end{cases}$$

Ahol A_i az i térség elérhetősége, W_j az elérni kívánt cél „tömege”, $f(c_{ij})$ elérési függvény, c_{ij} az eléréshez szükséges idő, c_{\max} 60 perc (1. ábra).

1. ÁBRA

*Elérhetőségi térkép a napi elérhetőség modell alkalmazásával
(Accessibility Map by Applying the Daily Accessibility Model)*



Forrás: Saját szerkesztés.

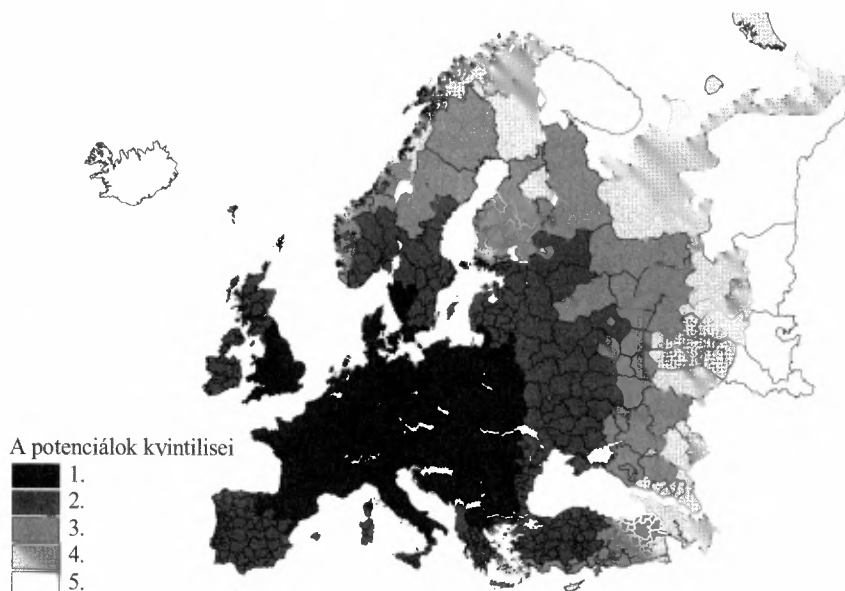
Utazási költség (első megközelítés)

$$A_i = \sum_j g(W_j) c_{ij} \quad \text{ahol} \quad g(W_j) = \begin{cases} 1, & \text{ha } W_j \geq W_{\min} \\ 0, & \text{ha } W_j < W_{\min} \end{cases}$$

Ahol A_i az i térség elérhetősége, $g(W_j)$ függvény, W_j az elérni kívánt cél „tömege”, c_{ij} az eléréshez szükséges idő, W_{\min} 200 000 fő (2. ábra).

2. ÁBRA

*Elérhetőségi térkép az utazási költség modell alkalmazásával
(Accessibility Map by Applying the Travel Cost Model)*



Forrás: Saját szerkesztés.

Valamennyi elérhető célt és útvonalat figyelembe vevő modellek

A korlátokat alkalmazó modellek egyik legfőbb hiányossága, hogy specifikus voltak miatt más modellekkel eredményeik nem összehasonlíthatók. Ez a probléma nem áll fenn a valamennyi elérhető célt és útvonalat figyelembe vevő modellek esetében, így a továbbiakban ezt az összehasonlítást igyekeztünk vizsgálatunkban megvalósítani. Vizsgálatunkban a korábbiakban bemutatott modelleken keresztül elemezzük az európai elérhetőségi viszonyokat, jelesen:

- a) Lokálitási mutató (súlyozott elérhetőség)
- b) Utazási költség (második megközelítés)
- c) Gravitációs analógián alapuló modellek
- d) Gravitációs analógián alapuló modellek az agglomerációs probléma figyelembevételével.

A következő négy típusnál az egyes konkrét mutatók között alapvető különbséget jelenthet az ellenállási tényező különbözősége. A továbbiakban így mind a négy típusnál alkalmazzuk:

- 1) a lineáris ellenállási tényezőt,

- 2) a négyzetes ellenállási tényezőt,
- 3) az exponenciális ellenállási tényezőt,
- 4) az exponenciális ellenállási tényezőt, Bokszy–Cox transzformáció alkalmazásával.

Eszerint a vizsgálatban figyelembe vett további elérhetőségi mutatók a következők (a bemutatott mutatók jelölése azonos a korábban bemutatottakkal, így azokat külön nem ismertetjük):

A) Lokalitási mutató (súlyozott elérhetőség)

$$a_1 = c_{ii} + \frac{\sum_{j=1}^n (c_{ij} W_j)}{\sum_{j=1}^n W_j}$$

$$a_2 = c_{ii}^2 + \frac{\sum_{j=1}^n (c_{ij}^2 W_j)}{\sum_{j=1}^n W_j}$$

$$a_3 = e^{-\beta c_{ii}} + \frac{\sum_{j=1}^n (e^{-\beta c_{ij}} W_j)}{\sum_{j=1}^n W_j}$$

$$a_4 = e^{-\beta \left(\frac{c_{ii}^{\lambda}-1}{\lambda} \right)} + \frac{\sum_{j=1}^n (e^{-\beta \left(\frac{c_{ij}^{\lambda}-1}{\lambda} \right)} W_j)}{\sum_{j=1}^n W_j}$$

B) Utazási költség (második megközelítés)

$$b_1 = \frac{1}{c_{ii}} + \sum_j \frac{1}{c_{ij}}$$

$$b_2 = \frac{1}{c_{ii}^2} + \sum_j \frac{1}{c_{ij}^2}$$

$$b_3 = \frac{1}{e^{\beta c_{ii}}} + \sum_j \frac{1}{e^{\beta c_{ij}}}$$

$$b_4 = \frac{1}{e^{\beta \left(\frac{c_{ii}^{\lambda} - 1}{\lambda} \right)}} + \sum_j \frac{1}{e^{\beta \left(\frac{c_{ij}^{\lambda} - 1}{\lambda} \right)}}$$

C) Gravitációs analógián alapuló modellek

$$c_1 = \frac{W_i}{c_{ii}} + \sum_j \frac{W_j}{c_{ij}}$$

$$c_2 = \frac{W_i}{c_{ii}^2} + \sum_j \frac{W_j}{c_{ij}^2}$$

$$c_3 = \frac{W_i}{e^{\beta c_{ii}}} + \sum_j \frac{W_j}{e^{\beta c_{ij}}}$$

$$c_4 = \frac{W_i}{e^{\beta \left(\frac{c_{ii}^{\lambda} - 1}{\lambda} \right)}} + \sum_j \frac{W_j}{e^{\beta \left(\frac{c_{ij}^{\lambda} - 1}{\lambda} \right)}}$$

D) Gravitációs analógián alapuló modellek – az agglomerációs hatás figyelembevételével

$$d_1 = \frac{W_i^*}{c_{ii}} + \sum_j \frac{W_j^*}{c_{ij}}$$

$$d_2 = \frac{W_i^*}{c_{ii}^2} + \sum_j \frac{W_j^*}{c_{ij}^2}$$

$$d_3 = \frac{W_i^*}{e^{\beta c_{ii}}} + \sum_j \frac{W_j^*}{e^{\beta c_{ij}}}$$

$$d_i = \frac{W_i}{e^{\beta \left(\frac{c_{ii}-1}{\lambda} \right)}} + \sum_j \frac{W_j}{e^{\beta \left(\frac{c_{ij}-1}{\lambda} \right)}}$$

Konstansok meghatározása exponenciális modellekben

A helyfüggő potenciál értéke a tér egy j pontjában, illetve egy j tértartományban:

$$A_i = W_i \cdot e^{-\beta \cdot c_{ii}} + \sum_{j \neq i} W_j \cdot e^{-\beta \cdot c_{ij}} = \frac{W_i}{e^{\beta \cdot c_{ii}}} + \sum_{j \neq i} \frac{W_j}{e^{\beta \cdot c_{ij}}}.$$

Ahol A_i az i térség elérhetősége, a W_i és W_j a megfelelő területi szinthez tartozó elérhető „tömegek”, jelen esetben népességek, c_{ij} pedig i és j területi egység közötti, közúton mért távolság megtételéhez szükséges idő, percben. A β a vizsgált térelrendeződés állandója, amelyet – mint korábban jeleztük – minden egyes új térstruktúra vizsgálatakor meg kell határozni.

Érdemes megjegyezni, hogy a potenciál ilyenformán történő definíciója lineáris szuperpozíciót feltételez a különböző tagok között, azaz az egyes hatások között nincsen interakció, nem erősítik, gyengítik egymást, hanem egyszerűen összeadódnak. Analógiákat keresve ilyen a gravitációs, elektromos vagy a mágneses tér is, de például a hűrelmélethez ismert interferenciatagokkal ez a definíció nem számol.

A potenciál képletében szereplő első tag a saját potenciál, míg a többi a belső potenciál hozzájárulása az összpotenciálhoz. Ez a képlet a szokásos település, kistérség, megye, régió területi szinteken is értelmezhető.

Vizsgáljuk meg a konkrét európai regionális vizsgálatok felhasználásával a fenti képlet szerkezetét, és határozzuk meg a β konstans értékét!

Az 1528 európai térség esetén tekintsük az összes szóba jöhető régió-párhoz tartozó elérési időket! Adatainkat egy 1528*1528-as mátrixban helyezhetjük el. Az elérési idő (perc) tekintetében kapott adatainkat sorba rendezhetjük. Soroljuk az értékeinket intervallumokba, törekedve arra, hogy egy-egy intervallumba ne jusson nagyon kevés előfordulás, és ne legyen kevés intervallum sem, mely megakadályozná az értékek eloszlásának vizsgálatát. Esetünkben 50 intervallumba soroltuk egyenlő osztályközökkel az elérési időinket. Megjegyzendő, hogy az intervallumok számának megválasztása bizonyos keretek között közel független a belőle nyerhető eredményektől.

Tekintsünk egy idő-intervallumokat tartalmazó Φ halmazt, mely az összes európai régió közötti idő-párokat tartalmazza percekben:

$$\forall \chi \in \Phi : \chi \in (0; 6895).$$

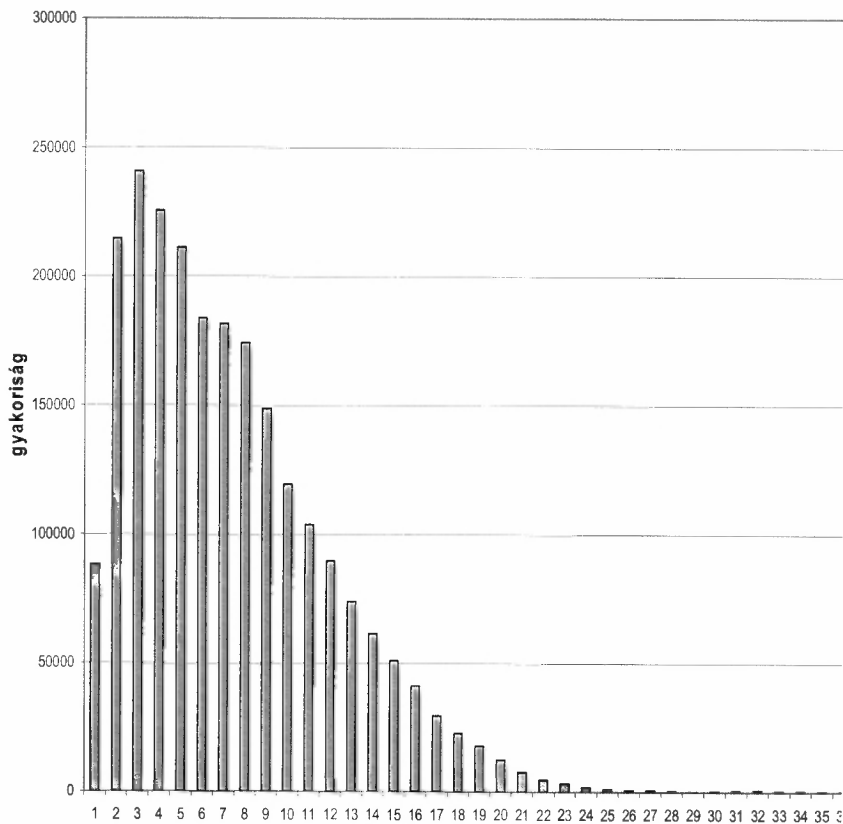
Osszuk fel az intervallumunkat 50 egyenlő részre.

Az i -edik intervallum az $(i * 137,9; (i + 1) * 137,9)$ időket tartalmazza, ahol $i=1, 2, \dots, 50$.

Nézzük meg, hogy egy-egy intervallumba mennyi elemünk kerül a Φ halmazból!

3. ÁBRA

Elérhetőségi idő – gyakoriságok
(Time of Accessibility – Frequencies)



Forrás: Saját szerkesztés.

Függvényszerű kapcsolatot keresünk az idő-intervallumok gyakorisága, és az átlagidők között (3. ábra). A polinomiális megközelítés lenne első látásra a kézenfekvő választás, azonban az eredményeink interpretálása nehézségekbe ütközne, valamint a nemzetközi szakirodalom is az exponenciális csökkenést emeli ki az ilyen vizsgálatoknál. Megjegyzendő, hogy a két megközelítés között mindössze 2% eltérést lehet tapasztalni jelen esetben. Tehát az intervallumok gyakorisága és átlagideje között exponenciális kapcsolatot keresünk:

$$v_l \approx e^{-\bar{c}_l} \quad l=1,2,\dots,50$$

Így:

$$v_l = e^{-\beta \bar{c}_l} \quad l=1,2,\dots,50$$

Ahol a β konstans teremti meg az egzakt összefüggést az átlagidők és gyakoriságok között. Így minden egyes hasonló vizsgálat során ellenőrizni kell a fenti exponenciális kapcsolat meglétét, és ki kell számolni a konkrét kapcsolatot teremtő konstans értékét is.

A fenti képlet egy regressziós kapcsolatra utal, és éppen azt a β -t keressük, amely összességében a legjobban megközelíti az egyenletet.

Az egyenletet átrendezve:

$$\ln v_l = -\beta \bar{c}_l \text{ összefüggést kapjuk.}$$

A gyakoriság logaritmus naturalis-át az átlagidők függvényében ábrázolva (a gyakoriságokat benormálva) lineáris regresszióval dönthetünk β értékéről. Vizsgálatunkban megköveteljük azt a normálási kritériumot, hogy az illesztett egyenesünk átmenjen az origón, azaz a nulla átlagidőhöz tartozó normált gyakoriság 1 legyen. Számításainkból $\beta=0,002$, 93,4%-os megbízhatósággal.

Az eddigieket összefoglalva azt találtuk, hogy a potenciál definíciójában szereplő tagok két tényezőből állnak, a tömegből és az ellenállási tényezőből, amely egy olyan súlytényező, mely arányos az adott interakció valószínűségével. Kimutattuk a súlytényező exponenciális csökkenését az átlagidők növekedésével, ami a képletben szerepel. Meghatároztuk a β konstans értékét, mely egyrészt az adott téreloszlás jellemzője, másrészt kapcsolatot teremt az egyedi térrészek potenciál-hozzájárulása és az egész tér között.

A fent leírt módszert tekintsük az első, közelítő megoldásnak. Az ismertett metódus során ugyanis nem vettük figyelembe a csoportokra bontások után létrejövő statisztikai hibákat. Ugyanis a különböző régió-párokat jellemző időtényezők csoportokba sorolása esetén csak a csoportok közötti külső szórásokkal, különbségekkel foglalkoztunk. Tekintsük a következőket:

Legyen c_{ij} (nem i és j terület közötti idő!) az i -edik sokaságból (intervallumból) származó j -edik érték ($i=1, 2, 3, \dots, 50; j=1, 2, \dots, p_i$).

Ekkor Φ tetszőleges halmazeleme felírható az alábbi alakban:

$$c_{ij} = \bar{c}_i + e_{ij}$$

Ahol \bar{c}_i az i -edik csoport átlaga, azaz:

$$\bar{c}_i = \frac{1}{p_i} \sum_{j=1}^{p_i} c_{ij}, \quad e_{ij}\text{-k pedig a csoportokhoz tartozó reziduumok vagy hibák.}$$

Nézzük meg a teljes négyzetösszegeket:

$$Q_{teljes}^2 = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{p_i} (c_{ij} - \bar{c}_{..})^2 = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{p_i} (c_{ij} - \bar{c}_{i.} + \bar{c}_{i.} - \bar{c}_{..})^2 = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{p_i} (c_{ij} - \bar{c}_{i.})^2 + \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{p_i} (\bar{c}_{i.} - \bar{c}_{..})^2 + 2 \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{p_i} (c_{ij} - \bar{c}_{i.})(\bar{c}_{i.} - \bar{c}_{..})$$

Kihasználva, hogy

$$2 \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{p_i} (c_{ij} - \bar{c}_{i.})(\bar{c}_{i.} - \bar{c}_{..}) = 0$$

ugyanis

$$\sum_{j=1}^{p_i} (c_{ij} - \bar{c}_{i.}) = \sum_{j=1}^{p_i} c_{ij} - p_i \bar{c}_{i.} = 0$$

Tehát :

$$Q_{teljes}^2 = Q_{belső}^2 + Q_{külső}^2$$

Ahol

$$Q_{belső}^2 = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{p_i} (c_{ij} - \bar{c}_{i.})^2; \quad Q_{külső}^2 = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{p_i} (\bar{c}_{i.} - \bar{c}_{..})^2, \text{ illetve } \bar{c}_{..} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{p_i} c_{ij}$$

Ez a szórására is teljesül:

$$\sigma_{teljes}^2 = \sigma_{belső}^2 + \sigma_{külső}^2, \text{ ahol}$$

$\sigma_{belső}^2$ a kialakított csoportokon belüli szórások négyzete,

$\sigma_{külső}^2$ a csoportok közötti, külső szórások négyzete.

Tehát a jelenség leírása, ahogy az első részben tettük, a külső szórásokkal és a csoportok közötti változókkal csak akkor pontos, ha a fentebb bevezetett $c_{ij} = \bar{c}_{i.} + e_{ij}$ összefüggésben szereplő e_{ij} -kre teljesül, hogy:

- 1) várható értékük minden csoportra zérus,
- 2) a csoportokra nézve egyforma nagyságúak, azaz homoszkedasztikusak.

Ha e kritériumok nem teljesülnek, akkor a valóságos kép helyett csak az általunk kijelölt csoportok tulajdonságaira szorítkozunk, azaz nem a valóságról alkotunk képet, nem azt elemezzük. Azt találjuk, hogy a reziduumok általában nagyok, és csak közelítőleg teljesül a fenti két feltétel. Nem vétettünk olyan nagy hibát az első módszer használatával sem, de létezik olyan statisztikai eljárás, amely ezt kiküszöböli. Nevezetesen a Box-Cox transzformáció, mely a reziduumok véletlenszerű elhelyezkedését biztosítja. Az említett eljárással a meghatározott téreloszláshoz tartozó, leginkább a fenti két feltételt teljesítő adatokhoz juthatunk.

A Box–Cox transzformációnak kétféle alakja ismert:

$$1) \quad c_{ij}^{\text{transzformált}} = \begin{cases} \frac{c_{ij}^{\lambda} - 1}{\lambda}, \lambda \neq 0 \\ \ln(c_{ij}), \lambda = 0 \end{cases}$$

$$2) \quad c_{ij}^{\text{transzformált}} = c_{ij}^{\lambda}$$

Lényegében a $\lambda > 0$ megkötéssel elérhetjük mindkét esetben, hogy a transzformációnk reláció-invariáns legyen, azaz ez a transzformáció az értékeket megváltoztatja, de a közöttük lévő sorrendet nem. Mindkét definíció ugyanarra az eredményre vezet. Válasszuk az utóbbit. Tehát keressük azt a λ értéket, melyre a leginkább teljesül az adott vizsgálat során a különbségek véletlenszerű eloszlása. Vizsgálatainkban a SAS 8.2-es verziószámú szoftvere volt segítségünkre, ezen belül is a transreg procedúrája. Ez a program az összes szóba jöhető λ értékre 0,25-ös osztályközökkel kiszámolja a transzformált időket, és az ezekhez tartozó loglikelihood függvényt. A maximum likelihood becslés lényegében egy pontbecslés, ahol azokat a paramétereket tekintjük becslésnek, amelyekre a megfigyelésvektor együttes eloszlásfüggvénye maximális. A loglikelihood függvény:

$$\log L(c_{ij}, f_k, \lambda) = F(c_{ij}, \lambda) \cdot F(f_k, \lambda)$$

A maximum likelihood becslés előnye, hogy aszimptotikusan hatásos, illetve amennyiben nem adható meg zárt alakban a maximum likelihood becslés, úgy az numerikus maximalizálással felderíthető (esetünkben is ez a helyzet). A maximális függvényértékhez tartozó λ :

$$\underline{\lambda=0,835}$$

Megkaptuk azt a transzformációs állandót, amellyel az elérési időinket transzformálva a csoportok reziduumaik leginkább függetlenek lesznek.

Azt találjuk, hogy a reziduumok értékei lecsökkentek, értékük függetlenebb a gyakoriságok nagyságától. A korrigált empirikus szórásnégyzet értéke 39,45 percről 11,26-ra, a variancia pedig 1556,3-ról 126,9 percre csökkent. Összességében az mondható el, hogy az így transzformált időkkal elvégzett csoportképzésekből ki nyert információk pontosabbak lesznek.

A transzformált változóink esetén az 50 intervallum határait is hasonlóképpen transzformálva ugyanolyan exponenciális görbét kapunk. Újra meghatározzuk cso-

portjaink átlagidejét, és regresszióval döntünk α értékéről az első rész alapján. Amiből:

$\beta=0,008$ (természetesen a transzformált idő-párokra vonatkozóan).

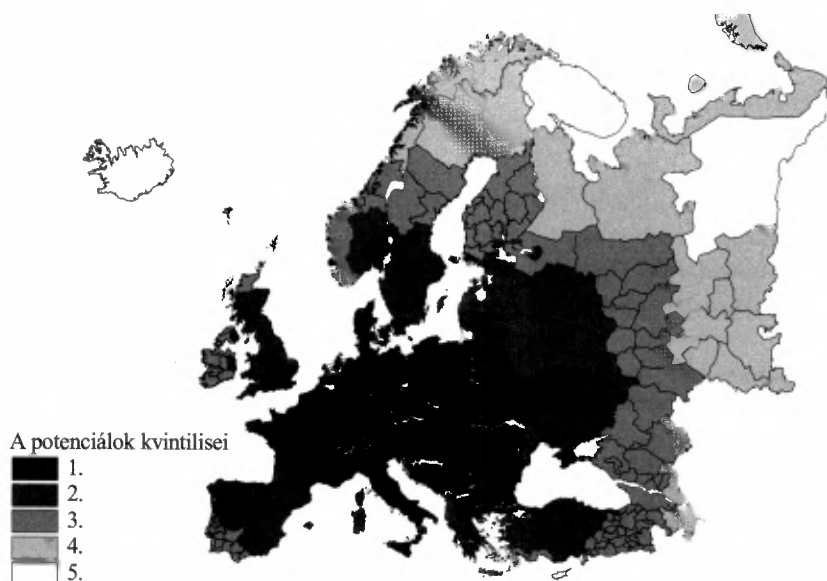
Így elmondhatjuk, hogy a vizsgálatunkban szereplő β konstans meg tudjuk határozni. Ezt minden egyes vizsgálat, téreloszlás esetén meg kell tennünk. Első közelítésben azt találtuk, hogy $\beta=0,002$, míg mélyebb vizsgálatokkal megállapítást nyert, hogy $\lambda=0,835$ -ös hatvánnyal végrehajtott transzformáció segítségével értékeink biztonságosabb elemzést tesznek lehetővé. Ebben az esetben $\beta=0,008$.

Az elérhetőségi mutatók összehasonlítása

Az egyes mutatók legegyszerűbb összehasonlítása a térképi megjelenítés és az eredmények képi összehasonlítása. Terjedelmi okokból a következőkben csak a többitől jelentősen eltérő mutatók területi eloszlását mutatjuk be. A jobb vizuális összehasonlítás érdekében valamennyi térképnél azonos volt a kategorizálási szempont: minden esetben a szórás terjedelmét osztottuk öt egyenlő részre (4-7. ábra).

4. ÁBRA

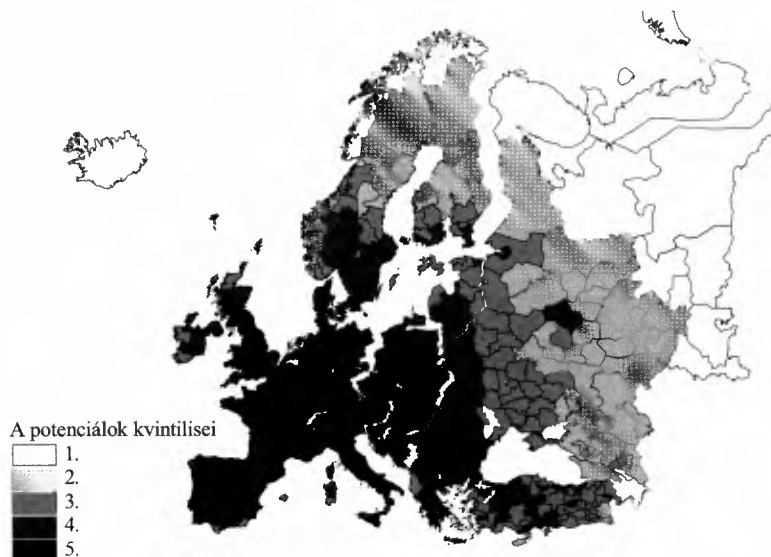
Elérhetőségi térkép az a_1 modell alkalmazásával
(Accessibility Map by Applying the a_1 Model)



Forrás: Saját szerkesztés.

5. ÁBRA

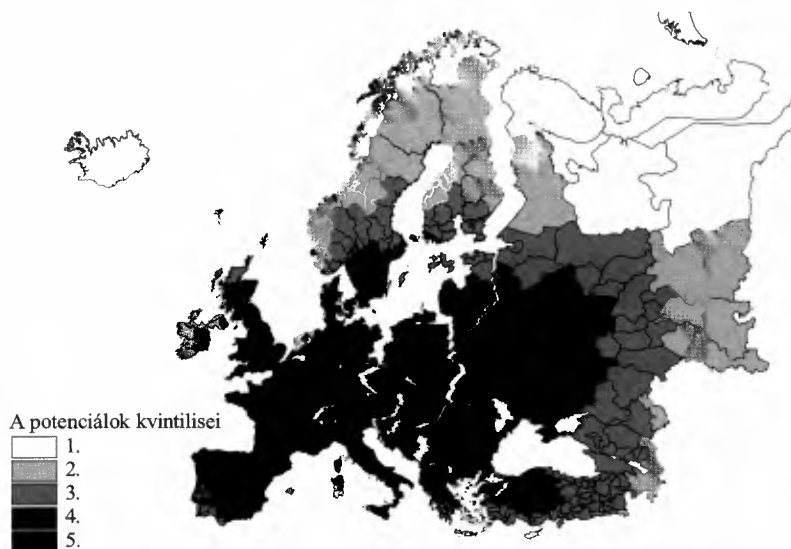
Elérhetőségi térkép a b_2 modell alkalmazásával
(Accessibility Map by Applying the b_2 Model)



Forrás: Saját szerkesztés.

6. ÁBRA

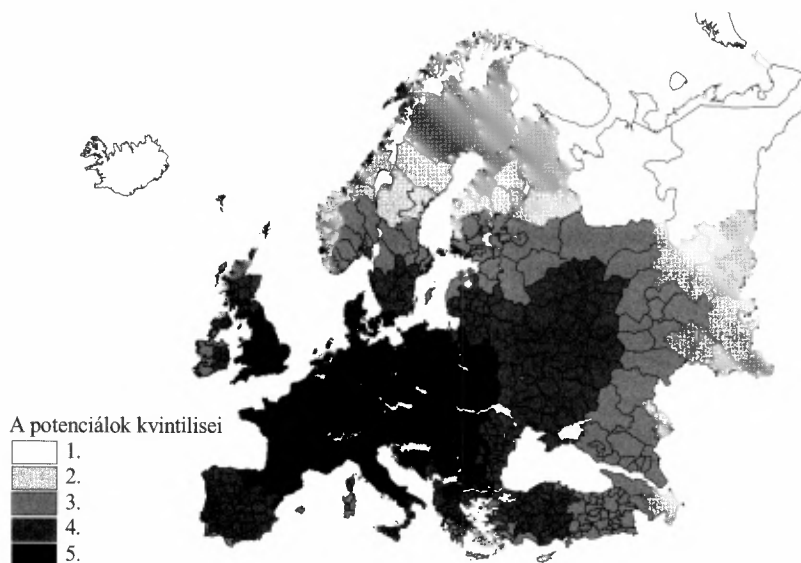
Elérhetőségi térkép a c_3 modell alkalmazásával
(Accessibility Map by Applying the c_3 Model)



Forrás: Saját szerkesztés.

7. ÁBRA

Elérhetőségi térkép a d_4 modell alkalmazásával
(Accessibility Map by Applying the d_4 Model)



Forrás: Saját szerkesztés.

Az egyes mutatók összehasonlítása érdekében korrelációs vizsgálatot, klaszterelemzést, illetve hasonlósági index számítást végeztünk. Kétféle megközelítése lehet ugyanis az adatsorok összehasonlításának: statikai és dinamikai. A statikai vizsgálat arra koncentrál, hogy a 16-féle módszer szerint felvett értékek mennyire hasonlítanak egymásra, milyen messze helyezkednek el egymástól (klaszteranalízis). A dinamikai összehasonlítás (korrelációs vizsgálat, hasonlósági index) pedig azt mutatja meg, hogy az ütemekben van-e hasonlóság. Azaz, ha egy adott régión az egyik modell kisebb értéket vesz fel, ugyanezt teszi-e a másik modell is.

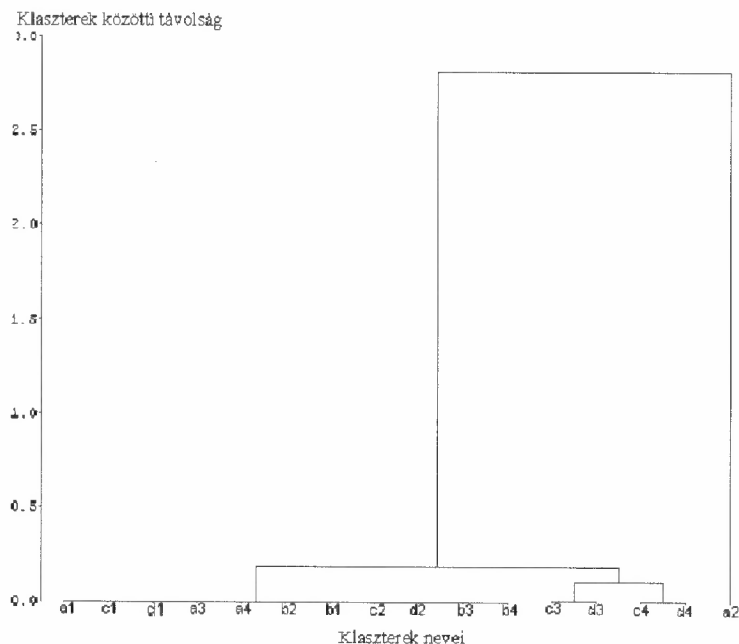
Az eredményeink értékelésével kapcsolatban meg kell jegyeznünk, hogy azt nagyban korlátozza az a tény, hogy csak egy évre álltak adatok a rendelkezésünkre. Sok tekintetben más eredményt kaphattunk volna hosszabb idősor vizsgálatakor.

Korrelációs vizsgálataink legfontosabb eredményei a következők (3. táblázat):

- az a_1 és az a_2 csak egymással korrelál pozitívan, az összes többi mutatóval el-
lentétes előjelű a kapcsolat;
- az egyes modelleken belül (vagyis az a -k az a -kal, b -k a b -kel stb.) az első,
vagyis a súlyozott elérhetőség mutatói korrelálnak legszorosabban egymással;
- a modelleken belül az egyes mutatók közül a négyes típusúak, vagyis a Box–
Cox transzformációs, exponenciális ellenállási tényezőt alkalmazó mutatók
hasonlítanak legjobban egymásra, míg a legkevésbé a kettes, vagyis a négyze-
tes ellenállási tényezőt használók.

A mutatók korrelációs mátrixa
(Correlation Matrix of the Indicators)

8. ÁBRA A klaszterelemzés eredménye (The Result of the Cluster Analysis)



Forrás: Saját számítás.

A modellek további összehasonlítására hasonlósági indexet alkalmaztunk. Az adatsorokat az összehasonlíthatóság érdekében a számítás előtt 0 és 100 közé konvertáltuk át. Az eredmény 0 és 1 közötti érték lesz. A mutató értéke annál inkább hasonlít egymásra, minél kisebb a két adatsor.

$$I = \frac{1}{L} \sum_{i \in L} \left[\frac{|\hat{A}_i - A_i|}{(\hat{A}_i + A_i)} \right] \quad \hat{A}_i \neq 0 \text{ és } A_i \neq 0$$

Ahol I hasonlósági index, L a figyelembe vett területegységek száma, \hat{A}_i és A_i az összehasonlítandó adatsorok.

A számítás legfőbb eredménye az, hogy a legnagyobb hasonlóság nem az egyes modelleken belül, hanem a különböző modellek azonos ellenállási tényezőjű mutatóinál figyelhető meg (4. táblázat).

4. TÁBLÁZAT
A mutatók hasonlósági indexének mátrixa
(Matrix of the Similarity Index of Indicators)

változókkal, igaz, van olyanra is példa, amikor a négyzetes ellenállási tényező kapcsolata valamivel szorosabb. Vizsgálatainkból mindenesetre megállapíthatjuk azt, hogy az elérhetőségi modellek használatakor nem a modell, hanem annak *ellenállási tényezője jelenti a kulcskérdést!*

Felvetődhet tehát a kérdés, hogy az egyes vizsgálatokban melyik a leginkább használatos modell, illetve ellenállási tényező. Mint az eddigiekből látható a válasz e kérdésre meglehetősen összetett, hiszen az függhet a vizsgálat típusától, illetve az adott vizsgálati területtől. *Célszerű minden vizsgálatnál az elérhetőségi idő gyakoriságokat megvizsgálni, s a vele legszorosabb kapcsolatban levő függvényt alkalmazni ellenállási tényezőként.*

5. TÁBLÁZAT

*Az elérhetőségi mutatók és néhány változó korrelációja
(Correlation between Accessibility Indicators and Some Variables)*

	a_1	a_2	a_3	a_4	b_1	b_2	b_3	b_4	c_1	c_2	c_3	c_4	d_1	d_2	d_3	d_4
1.	-0,01	0,10	0,29	0,38	0,41	0,47	0,33	0,36	0,39	0,50	0,22	0,29	0,39	0,47	0,23	0,30
2.	-0,03	0,07	0,29	0,37	0,38	0,42	0,31	0,34	0,39	0,52	0,22	0,29	0,38	0,47	0,23	0,30
3.	0,10	0,16	0,03	0,09	0,13	0,30	0,09	0,11	0,11	0,20	0,01	0,05	0,11	0,23	0,02	0,06
4.	0,15	0,22	0,04	0,12	0,11	0,18	0,06	0,09	0,12	0,22	-0,01	0,04	0,12	0,28	0,00	0,05
5.	-0,13	-0,20	-0,05	-0,12	-0,05	-0,11	-0,02	-0,03	-0,10	-0,17	0,01	-0,04	-0,11	-0,23	0,00	-0,04
6.	-0,43	-0,39	0,45	0,37	0,51	0,47	0,52	0,52	0,42	0,15	0,50	0,50	0,43	0,21	0,50	0,50

Forrás: Saját számítás.

Összegzés

A regionális tudomány és a közlekedéstervezés szakirodalmában – mint látható volt – meglehetősen gyakran előfordul az elérhetőség fogalma. E kutatások, illetve elemzések más és más koncepcióra épülnek, így különbözik a matematikai hátterük is. Munkánk megpróbálja rendszerezni, összegyűjteni, összehasonlítani ezeket az eltérő felfogásokat. Megalapozottan nem állíthatjuk azt, hogy egyik vagy másik megközelítés jobb, illetve rosszabb a másiknál. Lehetnek olyan kutatási helyzetek, ahol az egyes megközelítések helyesnek bizonyulnak, míg ugyanezek más kutatásokban már félrevezető eredménnyel szolgálhatnak. Így a kutató felelőssége, hogy a munkája során alkalmazott elérhetőségi koncepciót, illetve módszert minden esetben pontosan ismertesse, ezzel is segítve eredményei értékelését, hasznosítását.

Jegyzet

¹ Jelen tanulmány a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

Irodalom

- Baradaran, S.–Ramjerdi, F. (2001) Performance of Accessibility Measures in Europe. – *Journal of Transportation and Statistics*. Sept/Dec. 31–48. o.
- Bonnaïfous, A. (1987) The Regional Impact of the TGV. – *Transportation*. 14. 127–137. o.
- Box, G.E.P.–Cox, D.R. (1964) An analysis of transformations. – *Journal of Royal Statistical Society. Series B*. 26. 211–246. o.
- Breheney, M.J. (1978) The Measurement of Spatial Opportunity in Strategic Planning. – *Regional Studies*. 12. 463–479. o.
- Bruinsma, F.R.–Rietveld, P. (1998) The Accessibility of European Cities: Theoretical Framework and Comparison of Approaches. – *Environment and Planning A*. 30. 499–521. o.
- Bruinsma, F.R.–Rietveld, P. (1999) *Is Transport Infrastructure Effective: Transport Infrastructure and Accessibility Impacts on the Space Economy?* Springer Verlag, New York.
- Brunton, P.J.–Richardson, A.J. (1998) *A Cautionary Note on Zonal Aggregation and Accessibility*. Paper presented at the 77th Annual Meeting of Transportation Research Board. DC, Washington.
- Burns, L.D.–Golob, T. (1976) The Role of Accessibility in Basic Transportation Choice Behaviour. – *Transportation*. 5. 175–198. o.
- Calvo, P.–Pueyo Campos, A.–Jover Yuste, J.M. (1993) Potenciales demográficos de España. – *Atlas Nacional de España*. Tomo 14-b. Instituto Geográfico Nacional, Madrid.
- Capineri, C. (1996) *From Networks to Regional Development: Representations of Italian Regional Disparities*. Paper Presented at the Nectar Euroconference. 24–28 September. Mons, Belgium.
- Chatelus, G.–Ulled, A. (1995) *Union Territorial Strategies linked to the Trans-European Transportation Networks*. Final Report to DG VII. INRETS-DEST/MCRIT, Paris–Barcelona.
- Dalvi, M.Q.–Martin, K.M. (1976) The Measurement of Accessibility: Some Preliminary Results. – *Transportation*. 5. 17–42. o.
- Dusek, T. (2001) A területi mozgóátlag. – *Területi Statisztika*. 3. 215–229. o.
- Dusek, T. (2004) *A területi elemzések alapjai*. Regionális Tudományi Tanulmányok 10. ELTE TTK Regionális Földrajzi Tanszék, Budapest.
- Erlandsson, K.–Törnqvist, G. (1993) Europe in Transition. – Törnqvist, G. (ed.) *Sweden in the World. National atlas of Sweden*. Almqvist & Wiksell International, Stockholm. 148–155. o.
- Frost, M.E.–Spence, N.A. (1995) The rediscovery of accessibility and economic potential: the critical issue of self-potential. – *Environment and Planning*. 27. 1833–1848. o.
- Geertman, S.C.M.–Ritsema Van Eck, J.R. (1995) GIS and Models of Accessibility Potential: An Application in Planning. – *International Journal of Geographical Information Systems*. 9. 1. o.
- Gutiérrez, J.–González, R.–Gómez, G. (1996) The European High-Speed Train Network: Predicted Effects on Accessibility Patterns. – *Journal of Transport Geography*. 4. 227–238. o.
- Gutiérrez, J.–Urbano, P. (1996) Accessibility in the European Union: The Impact of the Trans-European Road Network. – *Journal of Transport Geography*. 4. 15–25. o.
- Guy, C.M. (1977) A Method of Examining and Evaluating the Impact of Major Retail Developments on Existing Shops and Their Users. – *Environment and Planning*. 9. 491–504. o.
- Hansen, W.G. (1959) How Accessibility Shapes Land-Use. – *Journal of the American Institute of Planners*. 25. 73–76. o.
- Hensher, D.–Stopher, P.R. (1978) *Behavioural Travel Modelling*. England: Croom Helm, London.
- Kwan, M.P. (1998) Space-Time and Integral Measures of Individual Accessibility: A Comparative Analysis Using a Point-based Framework. – *Geographical Analysis*. 30. 191–216. o.
- Levinson, D.M. (1998) Accessibility and the Journey to Work. – *Journal of Transport Geography*. 1. 11–21. o.
- Linneker, B.J.–Spence, N.A. (1991) An Accessibility Analysis of the Impact of the M25 London Orbital Motorway on Britain. – *Regional Studies*. 1. 31–47. o.
- Linneker, B.–Spence, N.A. (1992) Accessibility Measures Compared in an Analysis of the Impact of the M25 London Orbital Motorway on Britain. – *Environment and Planning A*. 24. 1137–1154. o.
- Lutter, H.–Pütz, T.–Schliebe, K. (1992) Erreichbarkeit und Raumordnung. – Ein Ansatz zur raumplanerischen Beurteilung von Verkehrsmassnahmen. – *Erreichbarkeit und Raumordnung. Materialien zur Raumentwicklung*. Heft 42. Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Bonn. 71–79. o.
- Lutter, H.–Pütz, T.–Spangenberg, M. (1992) *Accessibility and Peripherality of Community Regions: The Role of Road. Long-Distance Railways and Airport Networks*. Report to the European Commission. DG XVI. Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Bonn.

- Lutter, H.–Pütz, T.–Spangenberg, M. (1993) Lage und Erreichbarkeit der Regionen in der EG und der Einfluss der Fernverkehrssysteme. – *Forschungen zur Raumentwicklung*. Band 23. Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Bonn.
- Martellato, D.–Nijkamp, P. (1998) The Concept of Accessibility Revisited. – Reggiani, A. (ed.) *Accessibility, Trade and Locational Behaviour*. Ashgate, Aldershot.
- Martín, J.C.–Gutiérrez, J.–Román, C. (1999) *An Accessibility DEA Index to Measure the Impact of New Infrastructure Investment. The Case of the HST Corridor*. Madrid–Barcelona–French Border, Madrid.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (1993) *Plan Director de Infraestructuras 2000–2007*. Secretaría General de Planificación y Concertación Territorial, Madrid.
- Monigl J. (2005) Szempontok a közúthálózati fejlesztések területfejlesztési hatásainak értékeléséhez. (kézirat) www.transman.hu
- Nemes Nagy J. (1998) *A földrajzi helyzet szerepe a regionális tagoltságban*. – „Munkaerőpiac és regionalitás az átmenet időszakában” című konferencián elhangzott előadás. MTA Közgazdaságtudományi Kutatóközpont Közgazdaságtudományi Intézet, Budapest.
- Nemes Nagy J. (szerk.) (2005) *Regionális elemzési módszerek*. Regionális Tudományi Tanulmányok 11. ELTE Regionális Földrajzi Tanszék–MTA–ELTE Regionális Tudományi Kutatócsoport, Budapest.
- Reggiani, A. (ed.) (1998) *Accessibility, Trade and Locational Behaviour*. Ashgate, Aldershot.
- Schürmann, C.–Spiekermann, K.–Wegener, M. (1997) *Accessibility Indicators*. Berichte aus dem Institut für Raumplanung 39. IRPUD, Dortmund.
- Simma, A.–Axhausen, K.W. (2003) *Interactions between travel behaviour, accessibility and personal characteristics: The case of the Upper Austria Region*. Working Paper, Zürich.
- Simma, A.–Vritic, M.–Axhausen, K.W. (2001) *Interactions of travel behaviour, accessibility and personal characteristics: The Case of Upper Austria*. Presentation. European Transport Conference, September 2001. Cambridge.
- Smith, D.M.–Gibb, R.A. (1993) The Regional Impact of the Channel Tunnel. A Return to Potential Analysis. – *Geoforum*. 2. 183–192. o.
- Spiekermann, K.–Neubauer, J. (2002) *European Accessibility and Peripherality: Concepts, Models and Indicators*. Working Paper. 9. Nordregio, Stockholm.
- Spiekermann, K.–Wegener, M. (1994) The Shrinking Continent: New Time-Space Maps of Europe. – *Environment and Planning B: Planning and Design*. 21. 653–673. o.
- Spiekermann, K.–Wegener, M. (1996) Trans-European Networks and Unequal Accessibility in Europe. – *European Journal of Regional Development (EUREG)*. 4. 35–42. o.
- Tóth G. (2005) *Az autópályák szerepe a regionális folyamatokban*. KSH, Budapest.
- Törnqvist, G. (1970) *Contact Systems and Regional Development*. Lund Studies in Geography B. 35. C.W.K. Gleerup, Lund.
- Tschopp, M.–Fröhlich, P.–Keller, P.–Axhausen, K.W. (2003) *Accessibility, Spatial Organisation and Demography in Switzerland through 1920 to 2000: First Results*. 3rd Swiss Transport Research Conference. March 19–21. Monte Verità–Ascona.
- Vickerman, R. (1998) Accessibility, Peripherality and Spatial Development: The Question of Choice. – Reggiani, A. (ed.) *Accessibility, Trade and Locational Behaviour*. Ashgate, Aldershot.
- Vickerman, R.W.–Spiekermann, K.–Wegener, M. (1999) Accessibility and Economic Development in Europe. – *Regional Studies*. 1. 1–15. o.
- Wegener, M.–Eskelinen, H.–Fürst, F.–Schürmann, C.–Spiekermann, K. (2000) *Indicators of Geographical Position*. Final Report of the Working Group „Geographical Position” of the Study Programme on European Spatial Planning. IRPUD, Dortmund.
- Wegener, M.–Eskelinen, H.–Fürst, F.–Schürmann, C.–Spiekermann, K. (2002) *Criteria for the Spatial Differentiation of the EU Territory: Geographical Position*. Forschungen 102. 2. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn.

ACCESSIBILITY MODELS

GÉZA TÓTH – ÁRON KINCSES

In Hungarian and international literature quite many very valuable works were published in the domain of accessibility in the past few years. However, the concept of accessibility had many different meanings author by author, and accordingly authors applied many different models in their analyses. In the first half of the paper concepts related to accessibility models are described, followed by the presentation of each model. The method of calculating constants in the models is shown as a novelty in Hungarian and international literature. At last a European example is taken to compare models by statistical methods, and we draw the reader's attention to particularities of their application.