

DR. KINCSES ÁRON – DR. TÓTH GÉZA

Potenciálmodellek geometriája*

Bevezetés

Célunk újragondolni és rendszerezni az elérhetőségi potenciálmodelleket, valamint megvizsgálni, milyen feltételek mellett, mit mérnek, mely tulajdonságokkal rendelkeznek a gravitációs térrel való analógia okán, milyen jellegzetességeket „örökölnek”.

Kérdés, hogy minek van potenciálja, mit jelent egy adott potenciálérték, miért ezzel jellemezzük a társadalmi teret? Mire lehet következtetni egy-egy potenciálmodellből? Ez utóbbi kérdés megválaszolására forgalmi adatokkal vetettük össze a modellek által előrejelzett értékeket.

A potenciálok egyszerre mérik egy-egy tértartománynak a többi térséghez viszonyított elhelyezkedését és az adott térfelosztás tömegnagyság-eloszlásának hatásait. Jelen tanulmányban kísérletet teszünk e hatások kiszűrésére, a potenciál részekre bontására.

A tér a geometriában és a fizikában, a gravitáció

Geometriai modellek

Háromféle, elviekben eltérő geometriai vizsgálati módszert lehet megkülönböztetni a matematikában: az axiomatikus, a csoportelméleti és a differenciál-geometriait.

A geometria axiomatikus felépítése az objektumhalmaz (például euklidészi térben számpárok vagy pontok) kijelölésével kezdődik. Ebben a halmazban definiálják az alap-elemeket, majd az alaprelációkat (például az illeszkedést). Ezután megadják azon általános állításokat, amelyek segítségével bevezetik az adott rendszert. Ezek az axiómák. Ha az axiómák igazak az objektumhalmazban, akkor azt az objektumhalmazt a geometriai rendszerrel megadott geometria egy modelljének nevezik. Így egy modellkiépítés során az axiómákat, bármilyen furcsa, igazolni szükséges. Ezzel a momentummal kapcsolható össze a modell és a „valóság”.

A geometriai tér a fizikában

A modellalkotás, a tér modellekkel történő leírása nem csupán a geometria, a matematika sajátja. A fizikában is jogosan felmerülő kérdés, hogy milyen geometriai összefüggések alkalmazhatók a fizikai jelenségek leírására.

Bolyai János szerint „*az nehézkedés törvényre is szoros öszveköttetésben, folytatásban tetszik (mutatkozik) az űr termetével, valójával (alkatával), miljségével*”. Ez annak felis-

* A tanulmány az MTA RTB Kutatásmódszertani Albizottsága 2010. szeptember 28-i, „Térparaméteres elemzési módszerek” című ülésén elhangzott előadás szerkesztett változata.

merését jelenti, hogy a fizikai gravitációs erőter (gravitációs mező) és a geometriai térszerkezet között belső összefüggésnek kell lennie (Oláh-Gál 2008).

Elméletének kifejtésénél Einstein a tér nem-euklidészi koncepciójára támaszkodott, és annak Bolyai után több mint két évtizeddel B. Riemann által továbbfejlesztett felfogását és szimbolikáját használta fel. Einstein egyik munkatársa, L. Infeld a következőket írja: „A gravitációs tér geometriai térként való felfogása a fizika történetében valaha is bekövetkezett egyik legnagyobb és legforradalmibb eredmény. Egy világ tömegek nélkül, elektronok és elektromágneses tér nélkül üres világ, hamis elképzelés. De ha megjelennek a tömegek, töltött részecskék és az elektromágneses tér, akkor megjelenik a gravitációs tér is. Ha megjelenik a gravitációs tér, akkor meggömbül a világunk. Geometriája a Riemann-féle geometria és nem az eukleideszi” (Gábos 2004).

Gravitációs erő, erőter, térerősség, potenciál

Az általános tömegvonzás törvénye vagy a Newton-féle gravitációs törvény (1686) szerint bármely két pontszerű test kölcsönösen vonzza egymást olyan erővel, amelynek nagysága a testek tömegének szorzatával egyenesen és a távolságnak négyzetével fordítva arányos:

$F = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$, ahol a γ arányossági tényező, a gravitációs állandó (helytől, időtől független).

Ha a 2-es tömegponttól az 1-hez húzott rádiuszvektort $\vec{r}$ -rel jelöljük, akkor az 1-ből 2 felé mutató egységvektor $-\vec{r}/r$, és így az 1-es tömegpontra a 2 részéről gyakorolt gravitációs erő:

$$\vec{F}_{1,2} = -\gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}.$$

A képletben előforduló negatív előjel azt fejezi ki, hogy i test vonzza j-t (Budó 1970).

Általánosan, bármely testtől vagy testek bármely rendszerétől származó gravitációs térnél az m tömegű testre ható erő az m-mel arányos: $\vec{F} = m\vec{K}$.

A gravitációs teret jellemző $\vec{K}$ vektormennyiséget, amely – a dimenziótól eltekintve – az egységnyi tömegű testre ható erőt jelenti, (gravitációs) térerősségnek nevezzük. A térerősség általában a helytől, esetleg a t időtől is függ: $K = K(x, y, z, t)$.

Az erőter alapvető jelentőségű fogalma Faraday-tól származik (1840 körül), aki az egymástól távoli testek között és légüres térben is fellépő elektromos és mágneses erőhatásokkal kapcsolatban az addig elfogadott „távolbahatás” eszméjét a közelhatás vagy térhatás elvével helyettesítette. Eszerint a különálló testek közötti erőhatásokat mindig a tér közvetíti: az A helyen levő test által a B helyen levő testre gyakorolt erő közvetlen oka az, hogy az A helyen levő test által keltett térerősség a B helyen zérustól különbözik.

Egy erőteret teljesen meghatározhatunk, ha a $\vec{K}$ térerősséget irány és nagyság szerint a szóban forgó tartomány minden pontjában meg tudjuk adni. Sok erőter azonban, köztük a gravitációs tér is, jóval egyszerűbben is jellemezhető, három helyett egyetlen skaláris függvénnyel, az úgynevezett potenciállal. A potenciál hasonló kapcsolatban van a tér-

erősséggel, mint a munka, illetve a potenciális energia az erővel. Így a gravitációs tér valamely P pontjában a potenciál értéke:

$$U_P = - \int_0^P K_s ds,$$

azaz dimenziótól eltekintve egyenlő azzal a munkával, amelyet a gravitációs erők ellenében végzünk, míg az egységnyi tömegű testet az O „nullponttól” (tetszőleges úton) a P pontba visszük (Budó1970).

Az elérhetőségi potenciálmodellek

Potenciálmodell a regionális elemzésekben

A térbeli egymásra hatások regionális elemzési eszközei a potenciálmodellek, melyek megmutatják egy-egy térség helyzeti előnyét más térségekhez viszonyítva, az általuk biztosított előnyt számszerűsítve (Schürmann–Spiekermann–Wegener 1997). Más megfogalmazások szerint az elérhetőség „a területi interakció jellegét mutatja”, illetve „egy csomópont vonzereje, figyelembe véve más csomópontok tömegét és elérésének költségét a hálózaton” (Bruinsma–Rietveld 1998). Az elérhetőségnek nincs általánosan elfogadott definíciója, az empirikus vizsgálatokban különböző, eltérő módszertani háttérű mutatókat használnak (például Ingram 1971, Morris–Dumble–Wigan 1978, Handy–Niemeier 1997). Az elérhetőségi vizsgálatok fő feladata, hogy megfelelő mérőeszközt biztosítsanak egyrészt minden forrás, illetve célpont elérhetőségének értékeléséhez, másrészt megmagyarázzák az elérhetőségben mérhető különbségeket (Chapelon 1997).

Mind a gravitációs, mind a potenciálmodell azon alapul, hogy az emberek térbeli csoportjainak viselkedését bizonyos törvények határozzák meg, és ezek a törvények azonosak a fizikusok által a molekulák csoportjainak viselkedését meghatározó törvényekkel. Az emberi lények természetesen nem olyanok, mint a molekulák, de az emberek és a testek viselkedése hasonló módon gravitációs törvénynek alávetett. Ezen analógia alapján az emberek viselkedésének a fizikai törvényeken alapuló vizsgálatát „társadalmi fizikaként” is említik (Carrothers 1956). Tehát a modellekben az a közös, hogy a lehetséges interakció nagysága két település, térség stb. között fordítottan arányos a közöttük levő távolság nagyságával. A másik hasonlóság pedig az, hogy a vizsgált településeken bármely személy azonos nagyságú interakciót generál, mint bárki más. Vagyis a két terület közötti interakció nagysága egyenesen arányos a vizsgálati egységek tömegeivel.

Az elérhetőségi szakirodalom alapvetően három csoportba osztja a mutatókat. Vanak infrastruktúrán, tevékenységen és hasznosságon alapuló modellek. Az elérhetőségi potenciálmodellek a tevékenységeken alapuló csoportba tartoznak (bővebben lásd Tóth–Kincses 2007). E tanulmányban a gravitációs analógián alapuló potenciálmodelleket vizsgáljuk részletesebben. Ezekben az esetekben – a newtoni tömegvonzás törvényéhez hasonlóan – a társadalmi térben létező tömegek (népesség, gazdasági volumen) közötti egymásra hatást általában a tömeggel egyenesen arányos és a közöttük lévő távolság hatványával fordítottan arányos érték függvényével jellemzik (az ilyen modelleket például a vonzáskörzetek vizsgálataiban alkalmazzák).

Ha adott i, j két térbeli pont, amelyekhez P_i, P_j tömeg tartozik, s távolságuk d_{ij} , akkor a közöttük lévő kölcsönhatás erősségére (G) a következő hipotézis adható:

$$G = c \cdot \frac{P_i \cdot P_j}{f(d_{ij}^k)}, \text{ ahol } c \text{ és } k \text{ konstansok.}$$

Ezzel az összefüggéssel felosztható a tér, amelynek minden pontjáról eldönthető, hogy két közeli tömegpont közül melyik hat rá nagyobb intenzitással.

A kapcsolatok, egymásra hatások, miként a fizikai viszonyrendszerekben, a társadalomban sem korlátozódnak pont- (tömeg)párookra, minden pontra több más pont is hatást gyakorol. A tömegpontok maguk körül teret generálnak, erőteret hozva létre. A társadalmi teret – a gravitációs (elektromos, mágneses) tér analógiájára – potenciálmodellekkel próbálják közelíteni. A társadalmi tér egy adott pontjában a potenciál általános alakja:

$$T_i = \sum \frac{P_j}{f(d_{ij})},$$

ahol P_j a vizsgált tér j -edik pontjához rendelt aktív tömeg, d_{ij} az i -edik és a j -edik pont távolsága.

A potenciálmodellek néhány sajátossága

A vizsgálati terület megválasztása

Úgy tekinthetjük, hogy a Föld minden pontja hatással van a rajta kívüli összes többi pont potenciáljára. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy a számítások során minden terület egység adatát figyelembe venné a kutató, azonban tudatában kell lenni, hogy a kiválasztás hatással van a potenciálfelület alakjára (Lukermann és Porter 1960, Houston 1969). További lényeges kritérium, hogy a vizsgálati terület viszonylag zárt társadalmi-gazdasági rendszert alkosson.

Területbeosztás

A potenciálvizsgálatok szempontjából is fontos kérdés a területbeosztás. A probléma alapja elsősorban az, hogy a statisztikai vizsgálatok során nem az egyének szintjén végezzük el a számításokat, hanem az egyének csoportjainak jellemzőit alkalmazzuk valamilyen adminisztratív vagy statisztikai csoportosítás alapján. Az adatok előállításának nehézsége korlátozza a szintek kiválasztását is. Ha az adatok rendelkezésre állnak, érdemes eltérő számú és méretű területi egységeken is elvégezni a számításokat, hiszen a módosítható területi egységek problémája ebben a vonatkozásban is releváns vizsgálati szempontot jelent (Dusek 2004). A kisebb területi egységek alkalmazásával részletesebb, míg a nagyobb egységeknél simítottabb potenciálfelületet kaphatunk.

Tömegtényező

Az egyes térségek interakciós képessége elsősorban társadalmi-gazdasági tevékenységük nagyságától függ. Annak érdekében, hogy a potenciál megfelelően ki tudja mutatni a különböző térségek kapcsolatlétesítő képességét, a tömegtényezőnek megalapozottan számszerűsítienie kell az adott tevékenység szintjét. Ennek kiválasztása az egyes munkákban más és más. A leggyakrabban alkalmazott megközelítésben a vizsgálati tömeg

tekintetében a népességet használják, vagy súlyozatlanul, vagy pedig valamilyen társadalmi-gazdasági tényező (például képzettség, jövedelem) szerint súlyozva. Vannak olyan vizsgálatok, amelyekben a népességet a kiskereskedelmi értékesítések nagyságával vagy a népesség jövedelmével helyettesítik. A modellekben tömegben szinte bármilyen társadalmi teret leíró extenzív mennyiség érthető. A tömeg-tényező alkalmazása körül a viták egyre inkább háttérbe szorultak, mivel a legtöbb ilyen tényező között szoros a korreláció, s így választásuk viszonylag kis hatással van a kiszámított potenciálra. Sokkal fontosabb lehet a távolsági tényező megválasztása, alkalmazása (Houston 1969).

Távolság

A távolsági tényező bevezetését a társadalom-földrajzi vizsgálatokban elsősorban az indokolja, hogy a térbeli elkülönülés gátolja a különböző térségek közötti együttműködést, amelyet ezért célszerű valamilyen módon számszerűsíteni. A modell legegyszerűbb alkalmazását természetesen a légvonalbeli távolságok használata jelenti. Elérhetőségi mutatók vonatkozásában viszont mindig valamilyen közlekedési módon való eljutás távolságát, költségét vagy idejét vesszük figyelembe. A két pont közt leküzdendő távolságot területi ellenállási tényezőnek nevezzük (Tóth–Kincses 2007).

A modellek az adott „tömegek” közötti távolságokat is különbözőképpen veszik figyelembe. Több olyan megközelítés ismert, amelyek a távolság reciprokát, illetve annak valamely hatványát alkalmazzák (lásd többek között Hansen 1959, Davidson 1977, Fortheringham 1982). Így előfordulnak négyzetes, exponenciális (Wilson 1971, Dalvi–Martin 1976, Martin–Dalvi 1976, Song 1996, Simma–Vritic–Axhausen 2001, Schürmann–Spiekermann–Wegener 1997), gaussi (Ingram 1971, Guy 1983), illetve loglogisztikus (Bewley–Fiebig 1988, Hilbers–Veroen 1993) ellenállási tényezőt alkalmazó modellek is. A távolságok különböző függvényekkel való közelítései mögött az a törekvés áll, hogy a legkedvezőbb illeszkedést ériék el a térstruktúrák vizsgálatakor. A még jobb közelítés érdekében ezeket a nem-lineáris ellenállásokat transzformálják is (például a Box–Cox transzformáció, amely a regresszió reziduáljait homoscedasztikussá¹ teszi, a normál eloszláshoz közelítve alakítja át (Box–Cox 1964)). Ezek a modellek ugyan gravitációs analógián alapulnak, de más a potenciál alakja, és a képletben lévő tényezők jelentése sem mindig azonos. A térerő és a potenciál között azonban meghatározott kapcsolat van:

$$\vec{K} = -\text{grad}U \Rightarrow \quad K_x = \frac{\partial U}{\partial x}; \quad K_y = \frac{\partial U}{\partial y}.$$

Tehát lehet más-más típusú potenciálokkal is dolgozni (mint a gravitációs analógia indukálta), de ez esetben mások az erőhatások is a tér forrásai között. Ezek a modellek abban különböznek egymástól, hogy a vonzóerők más-más adott távolságon belül maradnak egy előre adott küszöbérték felett. Azonban, hogy mennyire írják le a társadalmi tömegek közötti valós erőviszonyokat, az már más kérdés.

Általánosan annyi mondható, hogy ha az erőter centrális marad (azaz a tömegben kívül az erőhatások csak a távolságtól függenek), akkor a tér leírásához nem szükséges annak minden pontjában ismerni a térerősség nagyságát és irányát. Centrális erők esetén (az örvénymentességből következően) a teret egyetlen skalárfüggvénnyel, a potenciállal lehet

¹ Kétféltetés egyenlő variancia.

jellemezni. Ebben az esetben több forrás (tömeg) esetén sincs szükség vektorok összeadására, matematikailag skalárként összegezhetők az értékek.

Saját potenciál

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 (Frost–Spence 1995, Bruinsma–Rietveld 1998). 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.

Egy térség saját potenciáljának kiszámításakor azt tételezzük fel, hogy nem csupán az egyik területegységből a másikba történő szállítás jelenheti 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. Könnyen belátható, hogy Magyarországon ilyen esetben az agglomerációk, településegységek központi településeinek elérhetősége minden esetben alacsonyabb lenne, mint a nagyvárosi településegységek további települései esetén.

A saját potenciál kiszámításánál – más potenciálvizsgálatokhoz hasonlóan – figyelembe vesszük az adott térség területét (lehetőleg nem a közigazgatási, hanem a belterületet). A területet körnek véve kiszámítjuk a térséghez tartozó sugarat, amelyet 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.

A potenciál kiszámítása

A skalárként való összegzés a potenciál definíciójában lineáris szuperpozíciót feltételez a különböző tagok között. Az egyes hatások között nincs interakció, nem erősítik vagy gyengítik egymást, hanem külön-külön fejtik ki hatásukat a többtől függetlenül (nincsenek többtest-, csak kéttest-erők), majd ezek a független tagok összeadódnak. A nagyobb tömegek nem „nyomják el” más térségek vonzó hatását, attól függetlenek a képlet szerint. Ez nagyon fontos tulajdonság a fizikában, de nem biztos, hogy a társadalmi térnek is sajátja ez a karakterisztika.

A helyfüggő elérhetőségi potenciált a saját és a belső potenciál összegéből az alábbi képlet alapján számíthatjuk:

$$P_i = \sum_i A_i = SA_i + \sum_i BA_i ,$$

ahol $\sum A_i$ az i térség összes elérhetőségi potenciálja, SA_i saját, BA_i belső potenciál. Van olyan megközelítés is, amely a vizsgálati területen kívüli, úgynevezett külső potenciált is figyelembe veszi.

Az elérhetőségi vizsgálatoknál legtöbbször nem számítják ki a tér minden pontjában a potenciál értékét, hanem a városokra végzik el a számítást, s az így nyert adatokat

extrapolálják térinformatikai módszerekkel azon térségekre, amelyek központjai az adott városok (Baradaran–Ramjerdi 2001). Ez a megközelítés kissé idegen a fizikától, ahol a potenciál a tömegek által létrehozott teret jellemzi. Olyan függvény, amely a tér minden pontjához egy számot rendel hozzá. Tehát a potenciál a teret leíró pontbeli tulajdonság, nem a tömegeket (települések, kistérségek népességét, jövedelmét stb.) jellemzi.

A modellalkotás tesztje, a modell és a valós tér kapcsolata

A potenciálmodellek sajátosságainak leírásában a különböző objektumhalmazoknak (térbeli pontoknak), a tér forrásainak, tömegeinek, alapelemeinek (légvonalbeli, közúti távolsággal történő egyenes megadása), alaprelációinak eltérő megadásával más-más modellvázlat lehet felépíteni.

Eddig a különféle modellek felépítésével foglalkoztunk, kerülve azt a kérdést, hogy vajon (a geometriai interpretáción alapulva) az alapelemek és az alaprelációk megadásával létrejövő potenciálstruktúra mennyire valósan írja le a teret. Mennyire „szembesíthetők” a térbeli áramlások volumenei a modellek értékeivel, azaz az axiómák teljesülnek-e. Ugyanis csak ebben az esetben lehet a modellekből megállapított következtetéseket a valós társadalmi térre alkalmazni. Az axiómák itt a híd szerepét töltik be a való élet és a modellek között.

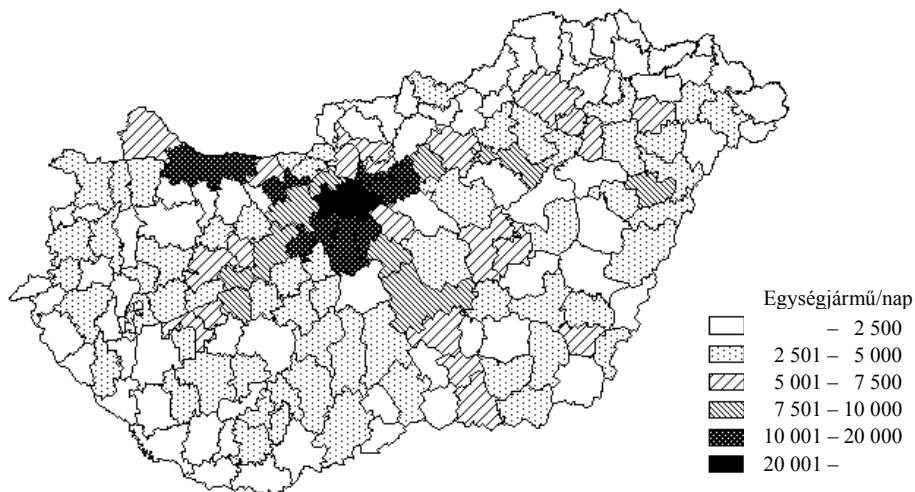
A Magyar Közút Nonprofit Zrt. adatai megmutatják az egy közútszakaszon áthaladó napi keresztmetszeti forgalom éves átlagát (ÁNF). Az országos közúti keresztmetszeti forgalomszámlálás – a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően – mintavételi eljárással történik. Ez a számlálási módszer lehetővé teszi, hogy a forgalom időbeli ingadozásának ismeretében valamely keresztmetszetben az átlagos napi forgalmat viszonylag kevés adatból (kis mintából, rövid ideig tartó számlálás eredményéből) megfelelő pontossággal és megbízhatósággal lehessen meghatározni.

Az országos keresztmetszeti számlálások lényege, hogy nagyszámú állomáson mintavételszerűen, az egész évre elosztva, 5 különböző alkalommal (6 és 18 óra közötti időtartamú) számlálásokat hajtanak végre. Ezek értékeiből (g_x) átlagszámítással, a forgalom törvényszerűségeit hordozó napszaki (a_x), napi (b_i) és havi (c_i) tényezővel szorozva kaphatók meg a teljes évre számított átlagos napi forgalom legmegbízhatóbb ($p=95$ valószínűségi) területi értékei:

$$\text{ÁNF} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n g_x * a_x * b_i * c_i,$$

ahol n a számlált napok száma, g_x az x órás számlálás alatt megfigyelt forgalom, a_x a napszaktényező (valamely meghatározott napszakban számlált forgalom viszonya a 24 órás forgalomhoz), b_i a napi tényező (a hét egyes napjaihoz tartozó szorzószám, amely a napi forgalmat a havi átlagértékre módosítja), c_i a havi tényező (az év egyes hónapjaihoz tartozó szorzószám a havi átlagforgalom évi átlagforgalommá alakításához).

1. ábra

Teljes évre számított átlagos napi forgalom (ÁNF), 2008

A 2004-es és a 2008-as forgalmi (áramlási) adatokat tizenkét különböző potenciálmodellel vetettük össze. Tömegetényezőként a jövedelmeket és a lakónépességet alkalmaztuk. Ezek a lineáris (c_1), négyzetes (c_2), „e-ad”-os (c_3) és „e-ad”-os Box-Cox (c_4), Gauss-i (c_5), illetve loglogisztikus (c_6) ellenállási tényezőt alkalmazó modellek (a potenciálmodellek részletei: Tóth–Kincses 2007).

1. táblázat

A vizsgálat dimenziói

Dimenzió	Megjegyzés
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 kistérség népességével és jövedelmével számszerűsítjük. Ez az elérni kívánt célt számszerűsítő „tömeg” tényező (összetevő) az alkalmazott modellekben szerepel módosítás nélkül.
Ellenállás	A területi ellenállási tényező jelen esetben a kistérségek központjai közötti, közúton mérhető elméleti elérhetőségi időket jelenti, percben. Az alkalmazott ellenállási tényező lehet lineáris, négyzetes, exponenciális, box-cox, Gauss-i, illetve loglogisztikus.
Korlátozások	Két kistérség közötti útvonalak használatakor az adott szakaszon az út típusának megfelelő maximális sebesség jelenti a korlátot.
Határok	A vizsgálati terület meghatározásakor hazánk határait vettük figyelembe. Bár kétségtelen tény, hogy a hazai potenciálokra hazánkon kívüli elérhető célpontok is hatással vannak, de mivel megfelelő részletzettségű úthálózati térkép csak Magyarországról állt rendelkezésünkre, így a külső hatásoktól el kellett tekintünk.
Közlekedési mód	A vizsgálat során nem különböztettük meg a személy-, illetve teherszállítás szempontjait.
Területi szint	Kutatásunk alapvető területi szintje a kistérségi szint, a LAU 1.
Dinamika	A kutatásban a 2004. és 2008. január 1-jei népességet, jövedelmet és közúthálózatot vettük figyelembe.

A vizsgálatba bevont modellek a következő potenciálok voltak (a számításokat az agglomerációs hatást figyelembe vevő modellekkel is elvégeztük, hasonló eredményt érve el):

$$\begin{aligned}
 C_1 &= \frac{p_i}{c_{ii}} + \sum_j \frac{p_j}{c_{ij}} & C_2 &= \frac{p_i}{c_{ii}^2} + \sum_j \frac{p_j}{c_{ij}^2} \\
 C_3 &= \frac{p_i}{e^{\beta C_{ii}}} + \sum_j \frac{p_j}{e^{\beta C_{ij}}} & C_4 &= \frac{p_i}{e^{\beta \left(\frac{c_{ij}^{\lambda-1}}{\lambda} \right)}} + \sum_j \frac{p_j}{e^{\beta \left(\frac{c_{ij}^{\lambda-1}}{\lambda} \right)}} \\
 C_5 &= \frac{p_i}{\frac{-c_{ii}^2}{w * e^u}} + \sum_j \frac{p_j}{\frac{-c_{ij}^2}{w * e^u}} & C_6 &= \frac{p_i}{1 + e^{a+b \ln c_{ii}}} + \sum_j \frac{p_j}{1 + e^{a+b \ln c_{ij}}} ,
 \end{aligned}$$

ahol c_{ij} az i és j kistérségek közötti útvonal megtételéhez szükséges időt, míg p_i az i kistérség megfelelő társadalmi tömegét jelöli, a , b és w pedig az adott térstruktúrára jellemző konstansok.

A potenciálmodellek illeszkedésének táblázatában a jövedelemmel és a népességgel számolt modellek eredményeit mutatjuk be 2004-es és 2008-as adatokon. Kimutatható, hogy a jövedelmi adatokkal némileg jobb illeszkedést lehet elérni, mint a népességgel, igaz a különbség nem jelentős. A kistérségi vizsgálataink alapján a legjobb elérhetőségi potenciálmodellnek a loglogisztikus ellenállási tényezőt alkalmazó modelleket tekinthetjük (C_6). Megjegyzendő viszont, hogy más területbeosztás alkalmazása esetén már nem biztos, hogy ezt az eredményt kaptuk volna.

2. táblázat

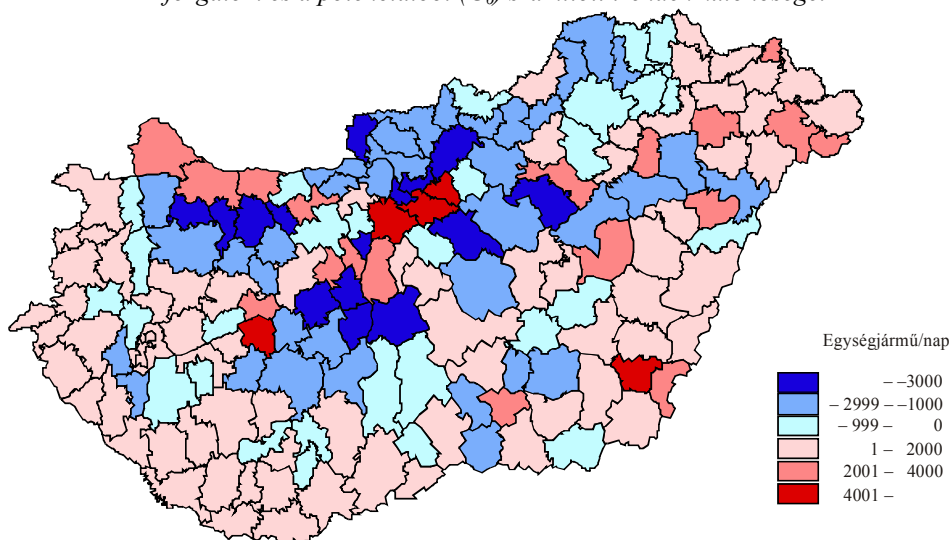
A gravitációs analógián alapuló modellek illeszkedése a forgalmi adatokhoz (R^2)

Megnevezés	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
Népesség, 2004	0,43	0,26	0,55	0,52	0,19	0,63
Jövedelem, 2004	0,42	0,24	0,56	0,53	0,18	0,73
Népesség, 2008	0,45	0,45	0,56	0,52	0,13	0,69
Jövedelem, 2008	0,46	0,45	0,58	0,55	0,11	0,72

A regressziós értékek – kevés kivételtől eltekintve – közepesen erős kapcsolatot mutatnak. A modellek magyarázóereje között nincsenek nagy különbségek. Azt lehet látni, hogy a potenciálmodellekből levont következtetésekkel óvatosan kell bánni, hiszen a társadalmi tér és a közöttük lévő viszony adott esetben ehhez nem elég erős. A továbbiakban reziduálok segítségével a legjobban illeszkedő modell esetén megvizsgáltuk, területileg hol vannak jelentős eltérések a potenciáltér és az áramlások között.

2. ábra

A forgalom és a potenciálból (C_6) számított trendek különbségei



Azt tapasztalhatjuk, hogy az ország kézzel jelzett részén a forgalom a modellből várt értéknél alacsonyabb, a főváros térségében, a nagyvárosok közelében, a határhoz és a Balatonhoz közel pedig nagyobb a volumen, mint a potenciálból várni lehetne. Ami logikus is, hiszen ezek kiemelt célterületek lehetnek, ami egyetlen modellbe se lett beépítve.

Így a potenciálmodellek javításainak ezek lehetnek a következő lépései annak érdekében, hogy a modellek minél inkább modellekké váljanak matematikai értelemben is, a belőlük levont következtetések az egész társadalmi térre érvényesek lehessenek.

A tér és a tömegek kapcsolata, a potenciál szétválasztása

Az elérhetőségi potenciál geometriájának topológiája megmutatta, hogy bármilyen modelleket is használjunk, közös bennük, hogy egyszerre méri a térbeli struktúráknak, a térfelosztásnak, egy-egy tértartomány elhelyezkedésének és a tömegek nagyságeloszlásának hatásait. A tértartomány elhelyezkedését alapvetően a földrajzi helyzet határozza meg, amelyet némileg módosít az elérhetőség (közlekedési módtól függően). Azaz egy adott potenciálérték esetén nem állapítható meg, hogy az a kedvező/kedvezőtlen (települési, térségi) struktúra, helyzet vagy a tömegnagyságok elhelyezkedésének, a térségnagyságnak, vagy pedig a saját tömeg hatásának a következménye-e. E fejezet során célunk ezeknek a hatásoknak a szétválasztása, a részek arányainak a teljes potenciálértékekhez viszonyított leírása, a területi különbségek bemutatása.

A társadalmi tömegek gravitációs terét ilyenformán úgy képzeljük el, hogy adott a térnek egy tetszőleges felosztása (települési, kistérségi struktúra stb.), majd ezen felosztáson egy tömegeloszlás (akár kvantumok vagy zsetonok az adott területi struktúrához „kiosztott” tömegek). Egy adott pontban a potenciál értékét ennek a két hatásnak (belső potenciál), illetve a saját tömeg és saját térségnagyság hatásának összege (saját potenciál) határozza meg.

A tér tetszőleges pontjában csak a tér felosztásától származó potenciál hatásán azt az értéket értjük, amely akkor állna elő, ha minden lehatárolt terület egységben ugyanakkorák lennének a tömegek. A tömegeloszlás-hatás a tér tetszőleges pontjában a belső potenciálnak és a térstruktúra-potenciálnak az adott pontban vett értékkülönbsége. Analóg módon értelmezhetők a térségnagyság- és saját tömeg-hatások a saját potenciálok esetén is:

$$U_i^{\text{teljes}} = U_i^{\text{tömegeloszlás}} + U_i^{\text{térstruktúra}} + U_i^{\text{sajáttömeg}} + U_i^{\text{térségnagyság}}, \text{ ahol}$$

$$U_i^{\text{térstruktúra}} = \sum_j \frac{\sum_{k=1}^n m_k}{f(d_{ij})},$$

$$U_i^{\text{tömegeloszlás}} = U_i^{\text{belső}} - U_i^{\text{térstruktúra}},$$

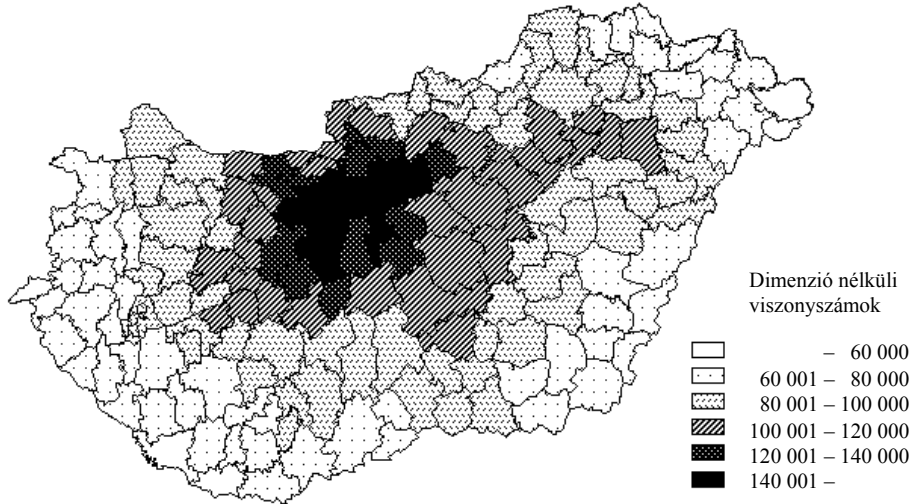
$$U_i^{\text{térségnagyság}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{f(d_{ii})},$$

$$U_i^{\text{sajáttömeg}} = U_i^{\text{saját}} - U_i^{\text{térségnagyság}}.$$

A következő példában Magyarország lakónépességének kistérségi adatai (2008. január 1.) képezték a számítások kiindulópontját. A fenti potenciál részekre osztását a lineáris ellenállási tényezőt alkalmazó modellen végeztük el közúti távolságokkal. A Magyarországon túli tömegek hatásait, illetve a belföldi tömegek határokon átnyúló effektusát itt sem vettük figyelembe.

3. ábra

A lakónépesség kistérségi elérhetőségi potenciálértékei



A potenciál szétválasztásának legfontosabb eredménye, hogy az összpotenciál legnagyobb mértékben a térfelosztástól függ. Ez – mint már említettük – egyrészt a térségek topográfiai helyzetétől, másrészt az azt módosító elérhetőségtől függ, aminek köszönhetően a térfelosztás szerepének képe nem koncentrikusan növekszik a határokhöz közeledve, hanem némileg eltorzult. A térfelosztás aránya az összpotenciálból 55% és 119%

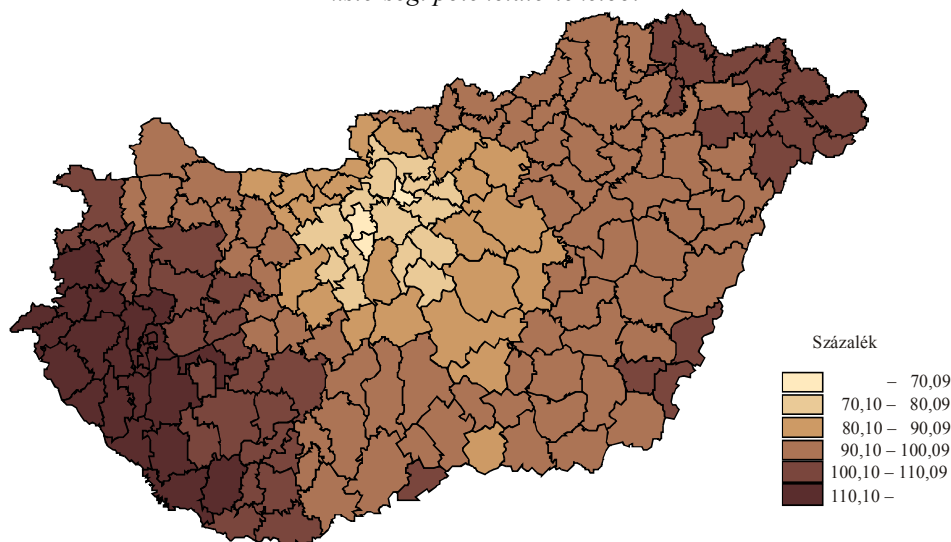
között mozog. Azzal, hogy a határ menti területek országos mértékben alacsony összpotenciálját elsősorban ez a tényező határozza meg, elmondhatjuk, hogy e kistérségek már pusztán az elhelyezkedésük folytán is hátrányos helyzetben vannak, amit sem elérhetőségi változás, sem tömegeloszlási vagy saját tömegbeli módosulás nemigen tud ellensúlyozni. A helyzeti előnyök főleg az ország középső részén éreztetik hatásukat.

A tömegeloszlással kapcsolatban már egészen más a helyzet. Vannak olyan térségek, ahonnan az adott térség összpotenciáljához képest az átlagosnál kisebb tömegek érhetők el. Ez azt jelenti, hogy ezeknek a kistérségeknek a strukturális elhelyezkedéséből nagyobb potenciálérték adódna, viszont a tömegek számukra kedvezőtlen eloszlása okoz negatív hatást. Ilyenek a Magyarország délnyugati határa mentén tömbszerűen elhelyezkedő kisméretű kistérségek vagy Budapest, amelynek összpotenciálját közel 7%-kal rontja az elérhető tömegek eloszlása. A tömegeloszlás hatása országosan 43% és –21% között változik. Lényegében Budapesten az agglomeráció kistérségeitől a tömegeloszlás szerepe fokozatosan csökken. Érdekes megfigyelni azt, hogy a regionális központok közül egyedül a Győri kistérségben pozitív a tömegeloszlás szerepe, vagyis az innen elérhető tömegek nagysága igen jelentős. A többi regionális központ viszont elsősorban a saját tömege miatt emelkedik ki a potenciáltérből, s ezek további fejlődését jelentősen hátráltatja, hogy tőlük viszonylag kis tömegek érhetők el.

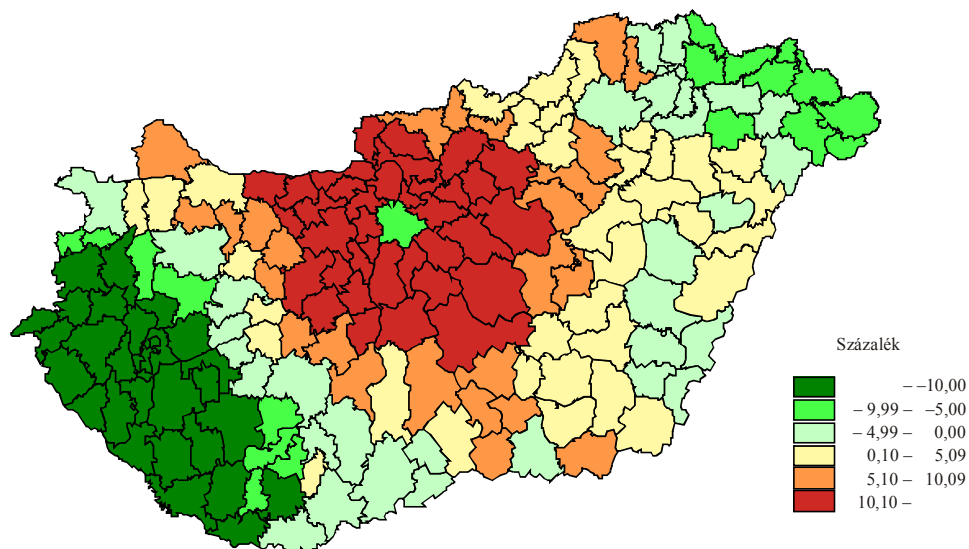
A térségek saját potenciálján belül az összpotenciál nagyságához mérten a legkevésbé fontos tényező az adott térség területének nagysága. Részesedése a teljes potenciálból 1% és 6% között szóródik. A saját tömeg szerepe 45 esetben pozitív az adott kistérség összpotenciálja szempontjából, míg a többi vonatkozásában negatív. A saját tömegek részaránya a kistérségek összpotenciáljából 34% és –4% között van. A legpozitívabb részesedést Budapesten és a fontosabb nagyvárosokban láthatjuk, míg a negatívokat a kis népességű, döntően határ menti kistérségeknél.

4. ábra

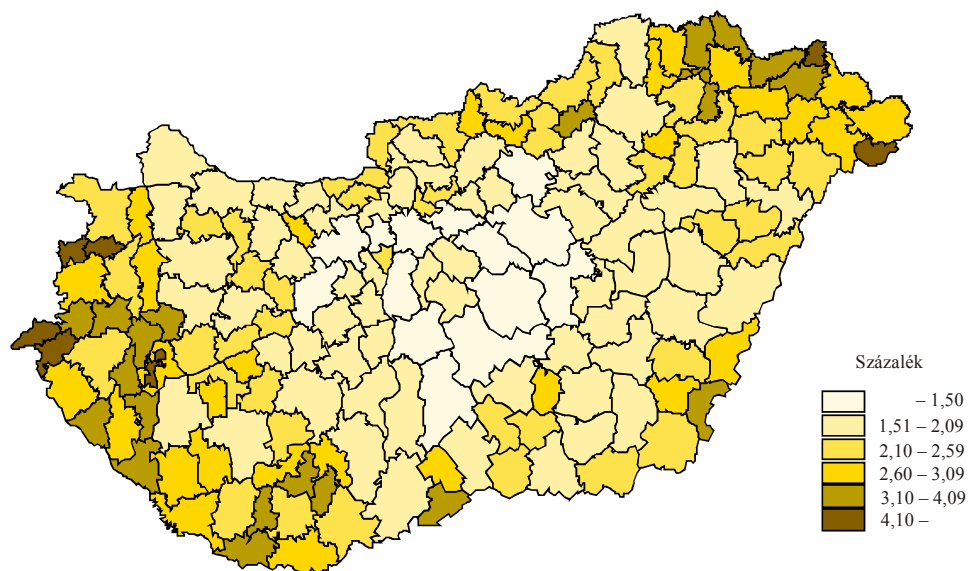
A térfelosztás szerepének aránya a lakónépesség elérhetőségének kistérségi potenciálértékeiből



5. ábra

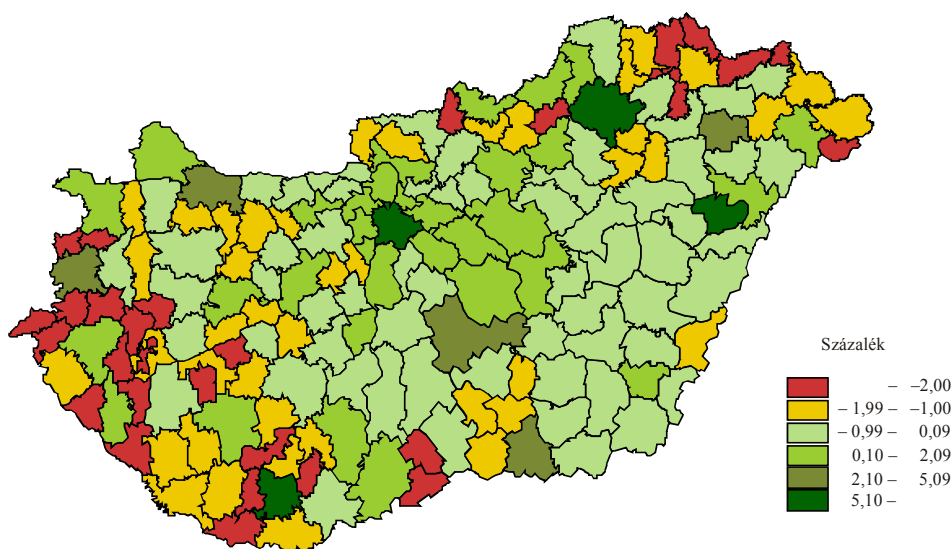
A tömegeloszlás aránya a lakónépesség elérhetőségének kistérségi potenciálértékeiből

6. ábra

A térségnagyság szerepének aránya a lakónépesség elérhetőségének kistérségi potenciálértékeiből

7. ábra

*A térségek saját tömegének aránya a lakónépesség elérhetőségének
kistérségi potenciálértékeiből*



Összefoglalás

Az elérhetőségi potenciálmodellek geometriájának tárgyalásával, valamint a gravitációs analógiák segítségével a modellek alkalmazását, alkalmazhatóságát igyekeztünk röviden ismertetni. Célunk volt bemutatni, hogy mire lehet következtetni egy-egy potenciálmodellből. A kérdés megválaszolására forgalmi adatokkal vetettük össze a modellek értékeit. Azt találtuk, hogy a regressziós értékek közepesen erős kapcsolatot mutatnak. A modellek magyarázóereje között nincsenek nagy különbségek. Megállapítottuk, hogy a potenciálmodellekből levont következtetésekkel óvatosan kell bánni, hiszen a társadalmi tér és a modellek között lévő viszony adott esetben ehhez nem elég erős.

A potenciálmodellek analízise szerint egy adott potenciálérték esetén nem állapítható meg, hogy az a kedvező/kedvezőtlen (települési, térségi) struktúra, helyzet vagy a tömegnagyságok elhelyezkedésének, a térségnagyságnak vagy pedig a sajáttömeg hatásának a következménye-e. Így a tanulmányban részletezett matematikai módszerrel igyekeztünk a potenciálok e hatásait szétválasztani. Megállapítottuk, hogy az összpotenciál legnagyobb mértékben a térfelosztástól függ, de fontos befolyásoló tényező lehet a tömegeloszlás hatása, valamint a saját tömeghatás is.

IRODALOM

- Baradaran, S. – Ramjerdi, F. (2001): Performance of accessibility measures in Europe. In: Journal of Transportation and Statistics, September/December
- Bewley, R. – Fiebig, D. G. (1988): A flexible logistic growth model with applications to telecommunications. International Journal of Forecasting, 4.
- Box G. E. P. – Cox D. R. (1964): An Analysis of Transformations. In: Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), 2.

- Bruinsma, F. R. – Rietveld, P.* (1998): The Accessibility of European Cities: Theoretical Framework and Comparison of Approaches. In: *Environment and Planning A*, 30.
- Budó Ágoston* (1970): *Kísérleti Fizika I.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Carrothers, G. A. P.* (1956): An historical review of the gravity and potential concepts of human interaction. *Journal American Institute of Planners*, 22.
- Chapelon, L.* (1997): *Offre de transport et aménagement du territoire: évaluation spatio-temporelle des projets de modification de l'offre par modélisation multi-échelles des systèmes de transport.* Thèse de doctorat: Aménagement: Tours: Laboratoire du CESA
- Dalvi, M. Q. – Martin, K. M.* (1976): The measurement of accessibility: some preliminary result. *Transportation*, 5.
- Davidson, K. B.* (1977): Accessibility in transport/land-use modelling and assessment. *Environment and Planning A*, 9.
- Dusek Tamás* (2001): A területi mozgóatlagnak. *Területi Statisztika*, 3.
- Fortheringham, A. S.* (1982): A new set of spatial-interaction models: the theory of competing destinations. *Environment and Planning A*, 15.
- Frost, M. E. – Spence, N. A.* (1995): The rediscovery of accessibility and economic potential: the critical issue of self-potential. *Environment and Planning*, 27.
- Gábor Zoltán* (2004): A klasszikus gravitációelméletről. *Fizikai Szemle*, 12.
- Guy, C. M.* (1983): The assessment of access to local shopping opportunities: a comparison of accessibility measures. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 10.
- Handy, S. L. – Niemeier, D. A.* (1997): Measuring Accessibility: An Exploration of Issues and alternatives. *Environment and Planning A*, 29.
- Hansen, W. G.* (1959): How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, 2.
- Hilbers, H. D. – Veroen, E. J.* (1993): Het beoordelen van de bereikbaarheid van lokaties. Definiëring, maatstaven, toepassingen beleidsimplicaties. INRO-VVG, 09, TNO Inro, Delft
- Houston, C.* (1969): Market potential and potential transportation costs: an evaluation of the concepts and their surface patterns in the U.S.S.R.. *Canadian Geographer*, 13.
- Ingram, D. R.* (1971): The Concept of Accessibility: A Search for an Operational Form. *Regional Studies*, 5.
- Lukermann, F. – Porter, P. W.* (1960): Gravity and potential models in economic geography. *Annals, Association of American Geographers*, 50.
- Martin, K. M. – Dalvi, M. Q.* (1976): The comparison of accessibility by public and private transport. *Traffic Engineering and Control*
- Morris, J. M. – Dumble, P. L. – Wigan, M. R.* (1978): Accessibility Indicators for Transport Planning. In: *Transportation Research A*, 13.
- Nemes Nagy József* (1998): Tér a társadalomkutatásban – „Ember–Település–Régió”. Hilscher Rezső Szociálpolitikai Egyesület, Budapest
- Nemes Nagy József*: Regionális elemzési módszerek. Regionális Tudományi Tanulmányok, 11., ELTE, Budapest
- Oláh-Gál Róbert* (2008): Bolyai János egyik leghosszabb fizika tárgyú kéziratáról. *Fizikai Szemle*, 9.
- Schürmann, C. – Spiekermann, K. – Wegener, M.* (1997): Accessibility Indicators. *Berichte aus dem Institut für Raumplanung*, 39., Institute of Spatial Planning, University of Dortmund, Dortmund
- Simma, A. – M. Vrtic – K. W. Axhausen* (2001): Interactions of travel behaviour, accessibility and personal characteristics: The Case of Upper Austria. Presentation, European Transport Conference, September 2001, Cambridge
- Song, S.* (1996): Some Tests of Alternative Accessibility Measures: A Population Density Approach. *Land Economics*, 4.
- Tóth Géza – Kincses Áron* (2007): Elérhetőségi modellek. *Tér és Társadalom*, 3.
- Wilson, A. G.* (1971): A family of spatial interaction models, and associated developments. *Environment and Planning*, 1.

Kulcsszavak: regionális elemzési módszerek, potenciálmodell, térkapcsolatok.

Resume

With the help of description of the geometry of potential methods and the gravity models, we tried to briefly explain these model's application and applicability. Our aim was to show what may be concluded from a potential model. To answer this question, traffic data was compared to the predicted values by the models. We found that the values of the regression show a moderately strong relationship. We could determine that the conclusions drawn from the potential models should be treated with reserve.

From the potential models according to an analysis of the potential value it is not possible to determine the positive / negative (municipal, regional) structure, position or location of the mass of greatness, or the impact of its own weight in consequence of this. Thus, the mathematical method described in this study tried to separate the potentials. We found that the greatest degree of value of accessibility potential is dependent on spatial subdivision, but important factors are the effect of distribution of weight and the own mass as well.