

DR. KINCSES ÁRON – DR. NAGY ZOLTÁN – DR. TÓTH GÉZA

Európa térszerkezete különböző matematikai modellek tükrében*, II. rész

A gravitációs és potenciálmodellek általános jellemzői

A gravitációs és potenciálmodellek alkalmazása a tértudományokban a társadalmi térkapcsolatok és a térbeli egymásra hatások vizsgálatában igen gyakori. Használják vonzáskörzetek meghatározására, áramlások vizsgálatára. Mind a gravitációs, mind pedig a potenciálmodellben az emberek térbeli csoportjainak viselkedésére bizonyos formailogikai hasonlóságok, statisztikai jellegű összefüggések alapján kísérlik meg a fizikai törvényszerűségek alkalmazását (lásd többek között Isard 1999, Rich 1980).

Ennek megfelelően a modellekben az a közös, hogy a lehetséges interakció nagysága két település, térség stb. között fordítottan arányos a közöttük levő távolsággal. A másik hasonlóság szerint a vizsgált területeken bármely személy bárki mással azonos nagyságú kölcsönhatást generál. Ebből következően a két terület közötti interakció nagysága egyenesen arányos a vizsgálati egységek „tömegeivel”.

A tér és a tömegek kapcsolata, a potenciál szétválasztása

A térszerkezeti vizsgálatok egyik legáltalánosabban használt módszer a potenciálmodell. A potenciálmodellek általános alakja a következő (1. képlet):

$$A_i = \sum_j D_j \cdot F(c_{ij}) \quad (1)$$

ahol A_i az i terület elérhetősége, D_j az i -ből elérhető j terület tömege, c_{ij} i és j területek közötti távolság, $F(c_{ij})$ ellenállási tényező (függvény).

A potenciálmodelleken belül a Hansen-féle modell (Hansen 1959) még meglehetősen szorosan ragaszkodott a gravitációs összefüggésekhez, ami megnyilvánul abban is, hogy a képlet nevezőjében szereplő távolság a modell fizikai analógiáját követve mindenképpen négyzetes (lásd Calvo–Pueyo Campos–Jover Yuste 1993) (2. képlet).

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

A konstans megválasztása a szakirodalomban több helyen is megjelenik, magunk részéről jelen vizsgálatban megmaradtunk a 1-es hatványkitevőnél.

Potenciálvizsgálatainkban már a vizsgálati teret úgy igyekszünk megválasztani, hogy lehetőleg valamivel nagyobb legyen a szűken vett vizsgálati területtől, így a vizsgálati területen kívül eső, azaz külső potenciál fogalma viszonylag ritkán jelenik meg. A helyfüggő elérhetőségi potenciált így a saját és a belső összegéből számítjuk (3. képlet).

* A tanulmány a TÁMOP-4.2.1.B10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

$$\sum A_i = SA_i + BA_i \quad (3)$$

ahol $\sum A_i$ az i térség összes potenciálja, SA_i saját, BA_i belső potenciál. Van olyan megközelítés is, amely a vizsgálati területen kívüli, úgynevezett külső potenciált is figyelembe veszi, mi viszont azzal, hogy a lehető legtöbb területi egységet figyelembe vettük, úgy véljük az alapvető viszonyok modellezhetők.

Egy adott pontban tehát a potenciál értékét a belső potenciál és a saját potenciál határozza meg.

A potenciálmodellek általunk az alábbiakban alkalmazott és ajánlott részekre bontásával a bevezetőben részletezett térszerkezeti modellek struktúráinak magyarázataihoz juthatunk.

A társadalmi tömegek gravitációs terét ilyen formán úgy képzeljük el, hogy adott egy tetszőleges felosztása a térnek (települési, kistérségi struktúra stb.), majd ezen felosztáson megadott tömegeloszlás (akár, mint kvantumok vagy zsetonok, az adott területi struktúrához „kiosztott” tömegek).

A potenciálmodellek geometriájának topológiájából megállapíthatjuk, hogy bármilyen modellt is használunk, közös bennük, hogy egyszerre méri a térbeli struktúráknak, a térfelosztásnak, egy-egy tértartomány elhelyezkedésének és a tömegek nagyságeloszlásának a hatásait (4. képlet). A tértartomány elhelyezkedését alapvetően a földrajzi helyzet határozza meg. Azaz egy adott potenciálérték esetén nem állapítható meg, hogy az a kedvező/kedvezőtlen (települési, térségi) struktúra, helyzet vagy a tömeg nagyságok elhelyezkedésének, a térségnagyságnak, vagy pedig a saját tömeg hatásának a következménye-e. Ennek kapcsán a következőkben célunk ezeknek a hatásoknak a szétválasztása, a részek arányainak a teljes potenciálértékekhez képesti leírása, a területi különbségek bemutatása.

A tér tetszőleges pontjában csak a tér felosztásától származó potenciál hatása alatt azt az értéket értjük, amely akkor állna elő, ha minden lehatárolt területegységben ugyanakkorák lennének a tömegek (5. képlet). A tömegeloszlás hatás a tér tetszőleges pontjában a belső potenciálnak és a térstruktúra potenciálnak az adott pontban vett értékkülönbsége (6. képlet). Analóg módon értelmezhetőek a térségnagyság (7. képlet) és saját tömeg (8. képlet) hatások a saját potenciálok esetén is.

$$\sum A_i = BA_i + SA_i = U_i^{\text{tömegeloszlás}} + U_i^{\text{térstruktúra}} + U_i^{\text{saját-tömeg}} + U_i^{\text{térségnagyság}} \quad (4),$$

$$U_i^{\text{térstruktúra}} = \sum_j \frac{\left(\frac{\sum_{k=1}^n m_k}{n} \right)}{f(d_{ij})} \quad (5),$$

$$U_i^{\text{tömegeloszlás}} = BA_i - U_i^{\text{térstruktúra}} \quad (6),$$

$$U_i^{\text{térségnagyság}} = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n} \right)}{f(d_{ii})} \quad (7),$$

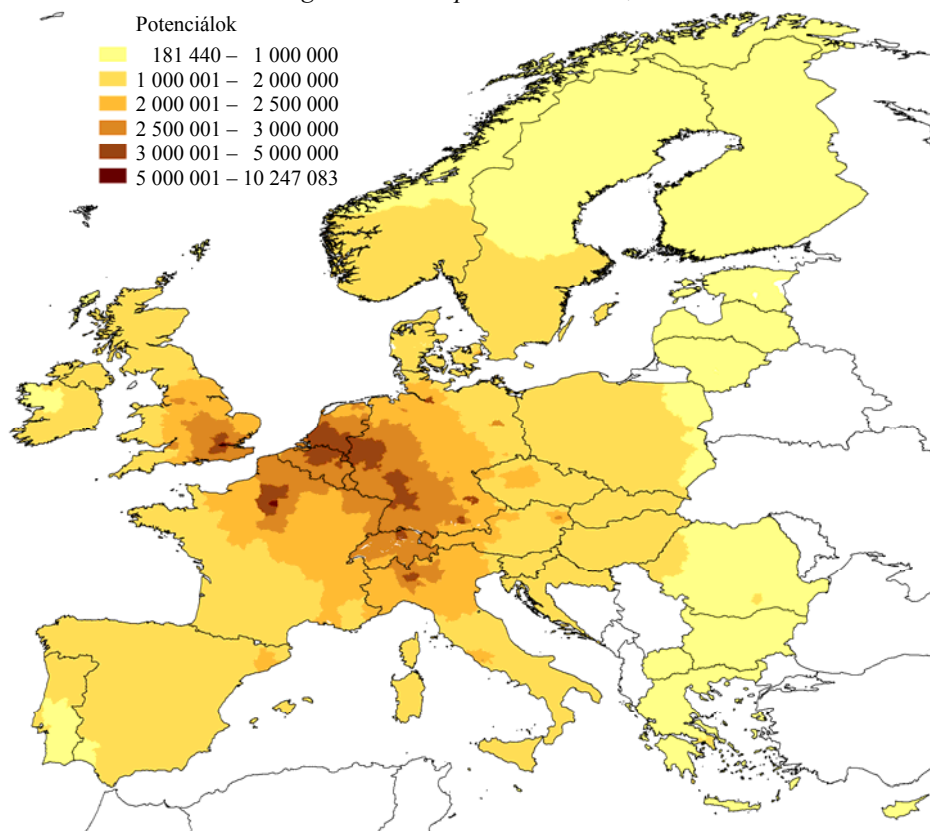
$$U_i^{\text{saját-tömeg}} = SA_i - U_i^{\text{térsegnagyság}} \quad (8).$$

A potenciálvizsgálat eredményei

A potenciálvizsgálataink szerint a legkedvezőbb helyzetű régió (összpotenciál tekintetében) az Európai Unión belül Párizs, amit Inner-London és Hauts-de-Seine követ (1. ábra). Általában megállapítható, hogy a legkedvezőbb helyzetben Franciaország központi régiói, Dél-Anglia, Hollandia, illetve Belgium, Svájc, valamint Észak-Olaszország régiói vannak. A jelzett magterülettől a perifériák felé a potenciál fokozatosan csökken. A legalacsonyabb potenciálértékeket a norvég Finnmark, a finn Lappi és Ciprus esetében láthatjuk. Eredményeink bizonyos mértékben igazolják a kék banán térszerkezeti modellt (Brunet 1989), illetve annak kibővítését (Kuzmann 1992).

1. ábra

A regionális GDP potenciálértékei, 2008

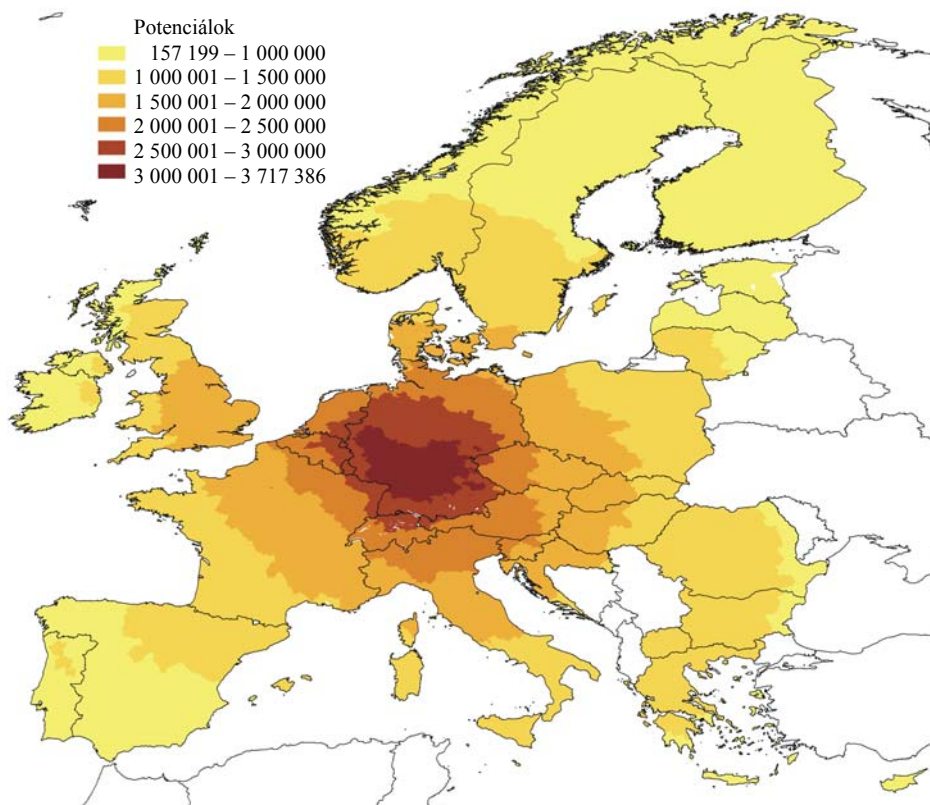


Tekintsük át a potenciál összetevőinek hatásait is. A potenciálon belül a térstruktúra hatása a centrum–periféria viszonyokat tükrözi, vagyis a középponttól távolodva a hatás fokozatosan csökken (2. ábra). A térstruktúra hatása minden esetben pozitív, vagyis az

minden esetben hozzájárul az összpotenciálhoz. A térstruktúra hatása a német Bamberg, Kreisfreie Stad, Bamberg, Landkreis és Regensburg, Kreisfreie Stadt régiók esetében volt a legmagasabb. A legalacsonyabb értékeket ezzel szemben a norvég Finnmark, Ciprus, illetve a finn Lappi vonatkozásában láthatjuk. A térszerkezet hatásának részesedése az összpotenciálból 71 és 176% között mozog (100% felett úgy lehet egy érték, hogy a fennmaradó tényezők rontanak az értéken). A 71%-os érték Bukarestet, a 176%-os érték a bajorországi Bamberg, Landkreis régiót jelenti. A térszerkezet hatása valamennyi régió számára a legfontosabb tényező az összpotenciálon belül. Ez az alakzat az ismert térszerkezeti modellek közül az Európai Pentagonra (ESDP 1999) hasonlít leginkább (2. ábra).

2. ábra

A térstruktúra szerepe a GDP regionális potenciálértékeiből

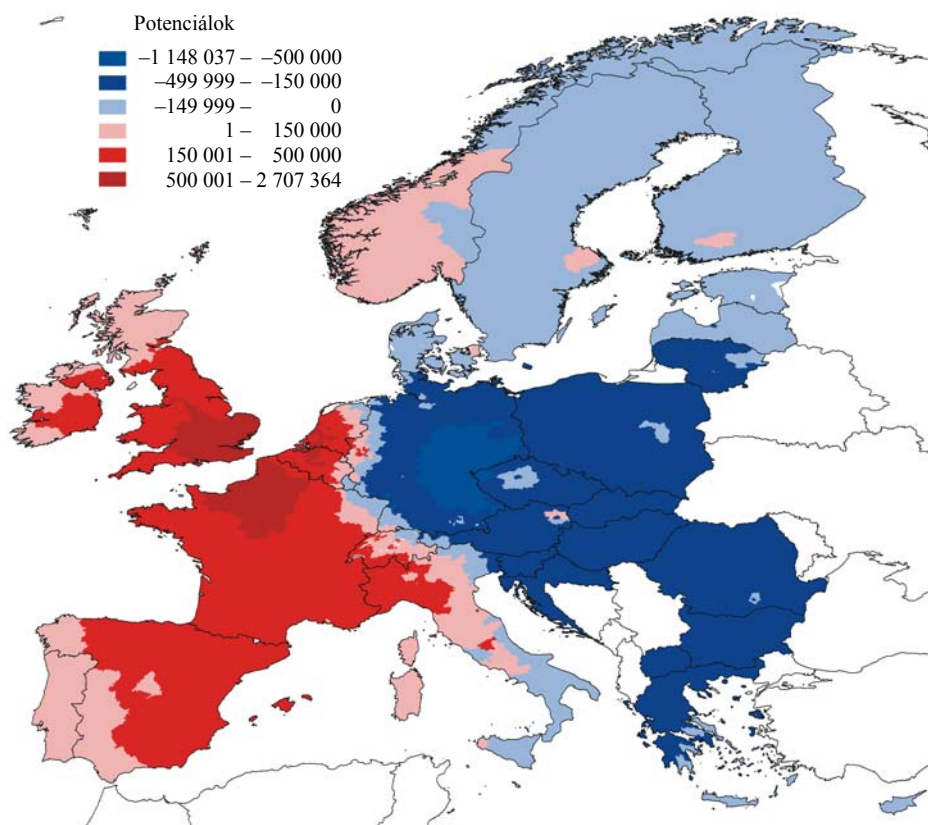


A tömegeloszlás vonatkozásában London és Párizs tágabb vonzáskörzete emelkedik ki (3. ábra). A tömegeloszlás hatása – az előző tényezőtől eltérő módon – negatívan, illetve pozitívan is hozzájárul az összpotenciálhoz. A 1378 vizsgált NUTS3 szintű régióból 833 esetén az előjel negatív, s csak a fennmaradó 545-ben pozitív. Pozitív érték elsősorban Nyugat-Európában látható, ebben a vonatkozásban Közép- és Délkelet-Európában csak igen kevés pozitív előjelű régió található, amelyek főleg a nagytömegű fővárosi régiók szomszédjai. Legrosszabb helyzetben azok az – elsősorban német – régiók van-

nak, amelyek önmagukban jelentős tömeget képviselnek, tőlük viszont az elérhető tömegek nagysága viszonylag alacsony. Ilyen régiók a bajor: Bamberg, Kreisfreie Stadt, Regensburg, Kreisfreie Stadt, Coburg, Kreisfreie Stadt. Ezzel szemben tömegeloszlás szempontjából a legkedvezőbb helyzetű régiók: Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne, Hauts-de-Seine (Franciaország, Ile de France). A tömegeloszlás hatásának részesedése az összpotenciálból -45 és 50% között mozog. Előbbi esetén a német régiók emelhetők ki, élükön Zwickau, Kreisfreie Stadt régióval (Németország, Szászország), míg utóbbi vonatkozásában Dél-Anglia, különösen a legjobb helyzetű Outer London–South. A tömegeloszlás hatása öt régió számára a legfontosabb tényező az összpotenciálon belül. Ezek a francia Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne, és az angol Inner London–East, Outer London–South és Outer London–West and North West.

3. ábra

A tömegeloszlás szerepe a GDP regionális potenciálértékeiből

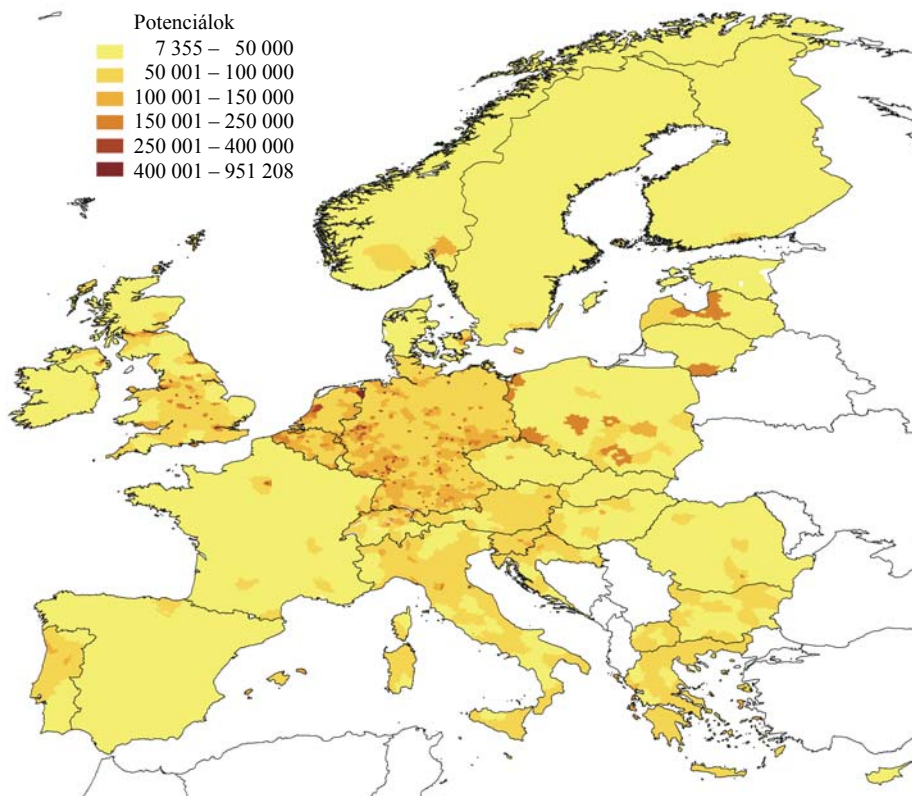


A következő két tényező (a területnagyság és az adott régió saját tömege) a potenciálmodell saját potenciál részét képezi. Az első esetben a területnagysággal foglalkozunk (4. ábra). Mivel a saját potenciál számítása során az adott régió területét vesszük figyelembe, ennek a tényezőnek az értéke az egyes régiók területének mértékében változik a

nagysága. A területnagyság előjele minden esetben pozitív, s mértéke annál nagyobb, minél kisebb egy-egy régió területe. A tényező nagyságának alakulása elsősorban a városiasodottságra utal, hiszen a kisebb területű régiók a legtöbb esetben nagyvárosok. Ebből következően a területnagyság tényező maximális értékét – a spanyol Ceuta és Melilla régiókat figyelmen kívül hagyva – a bajorországi Rosenheim, Kreisfreie Stadt, míg minimálisát az északi svéd Norrbotten régió esetében éri el. A területnagyság 0,8 és 94% közötti nagyságrendben határozza meg az összpotenciált. Kiemelhető, hogy a területnagyság tényező részesedése az összpotenciálból közel 900 régió vonatkozásában nem éri el a 5%-ot sem.

4. ábra

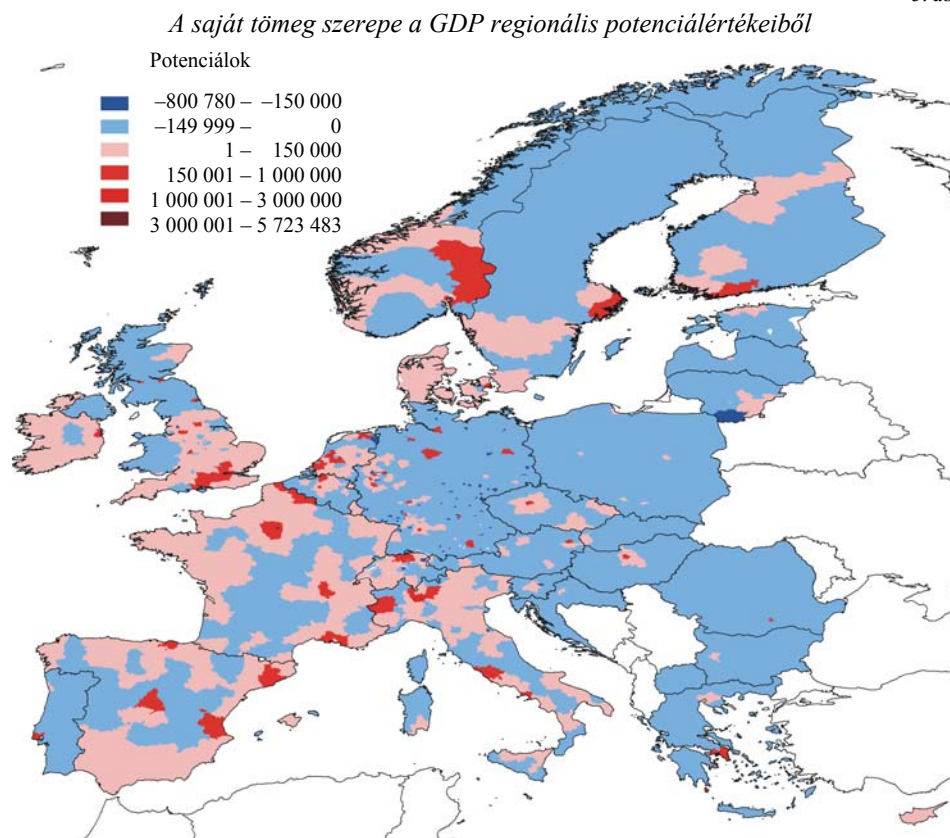
A területnagyság szerepe a GDP regionális potenciálértékeiből



Végül az utolsó tényező, az adott régió saját tömege (5. ábra). Ennek előjele szintén lehet negatív és pozitív is, a módszerből következően az átlagosnál népesebb régiók pozitív, míg annál ritkábban lakottak negatív előjelet kaptak. A saját tömeg tényező részesedése –78 és 55% között mozog az összpotenciálból. A negatívak közül kiemelhetjük – az Ibériai-félszigeten kívüli régiók mellett – a délitván Alytaus apskritis, a német Stralsund, Kreisfreie Stadt (Mecklenburg-Vorpommern) és a máltai Gozo and Comino/Ghawdex u

Kemmuna régiókat, míg a pozitívaknál Attiki, Inner London–West, valamint Párizs említhető meg.

5. ábra



Összefoglalva elmondható, hogy a potenciálmodellek részekre osztásával a különféle térszerkezeti modellek szintetizálhatók. Egymás mellett, egymást kiegészítve szemléltetik a tér valós szerkezetét. A potenciálmodellek általunk bemutatott részekre bontásával egységesíthetők a bemutatott térszerkezeti elgondolások, amelyek modellünk szerint egyszerre vannak jelen a térben. A zónákra, centrumokra osztást a térstruktúra és a tömegeloszlás vizsgálatai mutatják, míg a policentrikus képhez a területmagnyság és a saját tömeg kapcsolható.

A gravitációs modell alkalmazása a térszerkezet vizsgálatára

A potenciálmodellek ismertetett szétválasztása után a térszerkezet vizsgálatának egy másik megközelítése a gravitációs modellek alkalmazása, amelyek az erők alkalmazásán is alapulhatnak. Az általunk itt bemutatott megközelítéssel egy-egy területegységhez vonzási irányokat rendelhetünk hozzá. Ez a módszer kiegészíti, pontosítja a potenciálmodellek által kirajzolt térszerkezet képét.

Az általános tömegvonzás törvénye, a Newton-féle gravitációs törvény kimondja (1686): bármely két pontszerű test kölcsönösen vonzza egymást olyan erővel, amelynek nagysága a testek tömegének (itt súlyos és nem tehetetlen tömegekről van szó) szorzatával egyenesen és a távolságnak négyzetével fordítva arányos (Budó 1970) (9. képlet):

$$F = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (9)$$

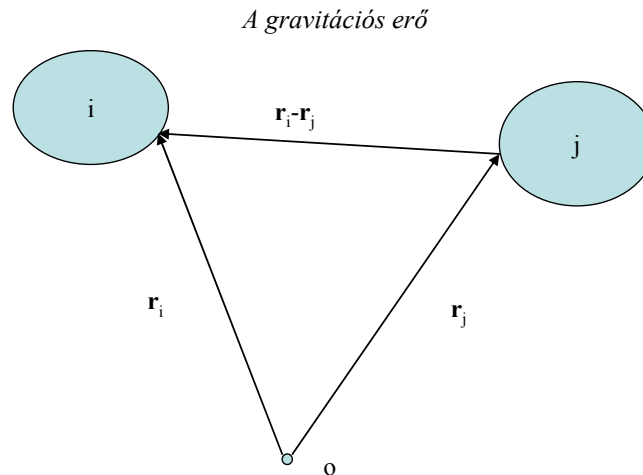
a γ arányossági tényező a gravitációs állandó (helytől, időtől független).

Ha a 2-es tömegponttól az 1-hez húzott radiusvektort r -rel jelöljük, akkor az 1-ből 2 felé mutató egységvektor $-\mathbf{r}/r$, és így az 1-es tömegpontra a 2 részéről gyakorolt gravitációs erő: (10. képlet)

$$\vec{F}_{1,2} = -\gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r} \quad (10)$$

Egy gravitációs erőter meghatározott, ha a térerősséget (K) irány és nagyság szerint a szóban forgó tartomány minden pontjában meg lehet adni. Ehhez, mivel K vektormennyiség, minden pontban három (síkban kettő) adatot kell ismerni például a térerősség K_x , K_y , K_z derékszögű komponenseit, mint a hely függvényeit. Sok erőter azonban, így a gravitációs tér is jóval egyszerűbben is jellemezhető három helyett egyetlen skaláris függvénnyel, az úgynevezett potenciállal (6. ábra).

6. ábra



Az i-re a j által ható erő: $\vec{F}_{ij} = -\gamma \cdot \frac{m_i \cdot m_j}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_i - \vec{r}_j}{r}$

A potenciál hasonló kapcsolatban van a térerősséggel, mint a munka, illetve a potenciális energia az erővel.

Ezt kihasználva, a gravitációs modell legtöbb társadalomtudományi alkalmazásában a teret elsősorban egyetlen skalárfüggvénnyel (lásd például potenciálmódel) igyekeztek leírni (Kincses–Tóth 2011), míg a gravitációs törvényben alapvetően a teret jellemző vektorok játszanak szerepet. Ennek elsődleges oka, hogy a számokkal történő aritmetikai

műveletek könnyebben kezelhetők, mint a vektorokkal történő számítások. Talán úgy is fogalmazhatnánk, hogy a potenciálokkal való munka esetén a probléma megoldása egyben a számítási problémák megkerülése is.

Noha a potenciálmodellek sok esetben megfelelően jellemzik a térségek koncentrációs gócpontjait, a tér szerkezetét, arról nem tudnak semmi információt nyújtani, hogy egy-egy lehatárolt terület egységét a többi terület társadalmi attribútuma mely irányban és milyen erővel vonzza. Így a továbbiakban arra teszünk kísérletet, hogy a vektorok alkalmazásával kimutassuk, az egyes európai régiókat (NUTS1, 2 és 3) a valós földrajzi helyzetükhöz képest a gazdasági térben milyen irányba vonzza a többi régió. Ezzel a vizsgálattal bemutatatható, hogy melyek a legfontosabb vonzerőt képviselő centrumok, illetve törésvonalak, valamint térképen megjeleníthető, hogy milyen különbségek vannak az egyes régiók gravitációs irányultságában.

A hagyományos gravitációs modellben (Stewart 1948) az elemzők az i és j közötti „népességi erőt” (D_{ij}) igyekeznek kimutatni, ahol a W_i és a W_j települések (térségek) népesség száma, D_{ij} az i és j közötti távolság, g tapasztalati állandó (11. képlet).

$$D_{ij} = g \cdot \left(\frac{W_i \cdot W_j}{d_{ij}^2} \right) \quad (11)$$

A jelzett képletet általánosítva a következő összefüggéshez jutunk (12–13. képlet):

$$D_{ij} = \left| \bar{D}_{ij} \right| = \frac{W_i \cdot W_j}{d_{ij}^c} \quad (12), (13)$$

$$\bar{D}_{ij} = -\frac{W_i \cdot W_j}{d_{ij}^{c+1}} \cdot \bar{d}_{ij}$$

ahol W_{ij} a figyelembe vett tömegeket, D_{ij} a köztük levő távolságot jelenti, c konstans, mely a területközi kapcsolatok intenzitásának változása a távolság függvényében. A kitevő növekedésével a területközi kapcsolatok intenzitása távolságérzékenyebb lesz, ezzel párhuzamosan a tömegek jelentősége fokozatosan csökken (lásd Dusek 2003).

A képlet fenti bővítésével nemcsak a két térség közötti erő nagyságát, hanem annak irányát is megkaphatjuk.

A számítások során érdemes a vektorokat x és y komponensekre bontani, ezeket külön-külön összegezni. E hatás nagyságának (az erők függőleges és vízszintes összetevőinek) kiszámításához szükségesek a következő képletek (14–15. képlet), amit a (13) kéletről kapjunk:

$$D_{ij}^x = -\frac{W_i \cdot W_j}{d_{ij}^{c+1}} \cdot (x_i - x_j) \quad (14)$$

$$D_{ij}^y = -\frac{W_i \cdot W_j}{d_{ij}^{c+1}} \cdot (y_i - y_j) \quad (15)$$

x_i, x_j, y_i, y_j az i és j térségek koordinátáit jelölik.

Amennyiben viszont a számítást valamennyi vizsgálatba bevont terület egységre elvégezzük, azzal megkapjuk, hogy azok hatása pontosan milyen irányban, mekkora erővel hat az adott terület egységre (16. képlet):

$$D_{ij}^x = -\sum_{j=1}^n \frac{W_i \cdot W_j}{d_{ij}^{c+1}} \cdot (x_i - x_j) \quad (16)$$

$$D_{ij}^y = -\sum_{j=1}^n \frac{W_i \cdot W_j}{d_{ij}^{c+1}} \cdot (y_i - y_j)$$

Ennek ismeretében minden területi egységre a többi által ható erő nagysága és iránya meghatározható. A térségekhez hozzárendelt vektor iránya a többi területi egység vonzási irányát határozza meg, míg a vektor hossza az erőhatás nagyságával lesz arányos. A térképezhetőség, szemléletesség érdekében a megkapott erőket velük arányos elmozdulásokká transzformáljuk a következő módon (17–18. képlet):

$$X_i^{\text{mod}} = X_i + \left(D_{ij}^x \cdot \frac{X^{\text{max}}}{X^{\text{min}}} \cdot k \cdot \frac{1}{\frac{D_{ij}^{\text{max}}}{D_{ij}^{\text{min}}}} \right) \quad (17)$$

$$Y_i^{\text{mod}} = Y_i + \left(D_{ij}^y \cdot \frac{Y^{\text{max}}}{Y^{\text{min}}} \cdot k \cdot \frac{1}{\frac{D_{ij}^{\text{max}}}{D_{ij}^{\text{min}}}} \right) \quad (18)$$

Az X_i^{mod} és az Y_i^{mod} a gravitációs erő által módosított új pontok koordinátái, x és y az eredeti pontthalmaz koordinátái, ezek szélső értékei x^{max} , y^{max} , x^{min} , y^{min} , a D_{ij} az x és y tengelyek menti erők, k konstans, jelen esetben 0,5.

A kapott pontthalmazt ezután célszerű összevetni a kiindulási pontthalmazzal. Az összevetés természetesen történhet pusztán térképi ábrázolással, de az ilyen nagyszámú pont mellett nem kecsegtethet igazán jó eredménnyel. Sokkal kedvezőbb viszont a két-dimenziós regresszió alkalmazása (1. táblázat). A módszer kidolgozása Waldo Tobler nevéhez fűződik, aki az 1960-as és 1970-es évekbeli előzményeket követően 1994-ben publikálta az eljárást ismertető tanulmányát (Tobler, 1961, 1965, 1978, 1994). Az eljárás felhasználására számos példa létezik, melyek nem szükségképpen földrajzi indítatásúak (Kare–Samal–Marx 2010, Symington–Charlton–Brunsdon 2002, Nakaya 2010).

Ahol x és y a független alakzat koordinátái, a és b a függő alakzat koordinátái, a' és b' a független alakzat függő alakzatbeli koordinátái. α_1 a vízszintes eltolás, míg α_2 a függőleges eltolás. β_1 és β_2 a skálakülönbség (Φ) és az elforgatás szöge (Θ) meghatározására szolgál.

SST: teljes eltérésnégyzet-összeg, SSR: a regresszió által megmagyarázott eltérésnégyzet-összeg, SSE: a regresszió által nem magyarázott (reziduális) eltérésnégyzet-összeg. A kétdimenziós regresszió háttéréről lásd bővebben Dusek (2011) tanulmányának 14–15. oldalát.

1. táblázat

A kétdimenziós euklidészi regresszió egyenletei

1. A regresszió egyenlete	$\begin{pmatrix} A' \\ B' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \beta_1 & -\beta_2 \\ \beta_2 & \beta_1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix}$
2. Skála-különbség	$\Phi = \sqrt{\beta_1^2 + \beta_2^2}$
3. Elforgatás	$\Theta = \tan^{-1}\left(\frac{\beta_2}{\beta_1}\right)$
4. β_1 kiszámítása	$\beta_1 = \frac{\sum (a_i - \bar{a}) * (x_i - \bar{x}) + \sum (b_i - \bar{b}) * (y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2 + \sum (y_i - \bar{y})^2}$
5. β_2 kiszámítása	$\beta_2 = \frac{\sum (b_i - \bar{b}) * (x_i - \bar{x}) - \sum (a_i - \bar{a}) * (y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2 + \sum (y_i - \bar{y})^2}$
6. Vízszintes eltolás	$\alpha_1 = \bar{a} - \beta_1 * \bar{x} + \beta_2 * \bar{y}$
7. Függőleges eltolás	$\alpha_2 = \bar{b} - \beta_2 * \bar{x} - \beta_1 * \bar{y}$
8. Korreláció a hibatagok alapján	$r = \sqrt{1 - \frac{\sum [(a_i - a'_i)^2 + (b_i - b'_i)^2]}{\sum [(a_i - \bar{a})^2 + (b_i - \bar{b})^2]}}$
9. Eltérésnégyzet-összeg felbontása	$\sum [(a_i - \bar{a})^2 + (b_i - \bar{b})^2] = \sum [(a'_i - \bar{a})^2 + (b'_i - \bar{b})^2] + \sum [(a_i - a'_i)^2 + (b_i - b'_i)^2]$ SST=SSR+SSE
10. A' kiszámítása	$A' = \alpha_1 + \beta_1(X) - \beta_2(Y)$
11. B' kiszámítása	$B' = \alpha_2 + \beta_2(X) + \beta_1(Y)$

Forrás: Tobler (1994) és Friedman–Kohler (2003) alapján Dusek 2011, 14. o.

A kétdimenziós regresszió térképi alkalmazásához jól használható a Darcy nevű program (<http://www.spatial-modelling.info/Darcy-2-module-decomparaison>).

A függő alakzat koordináta-rendszerére illesztett négyzetrács és annak interpolált módosított helyzete tovább általánosítja a regresszióban részt vevő pontokból kapott információkat.

A 7. ábrán levő nyilak az elmozdulások irányát, a gridszínezés pedig a torzulás jellegét mutatja. A meleg színek az eltávolodást, vagyis az ellentétes irányú elmozdulásokat jelenti, melyeket a legfontosabb gravitációs törésvonalnak tekinthetünk.

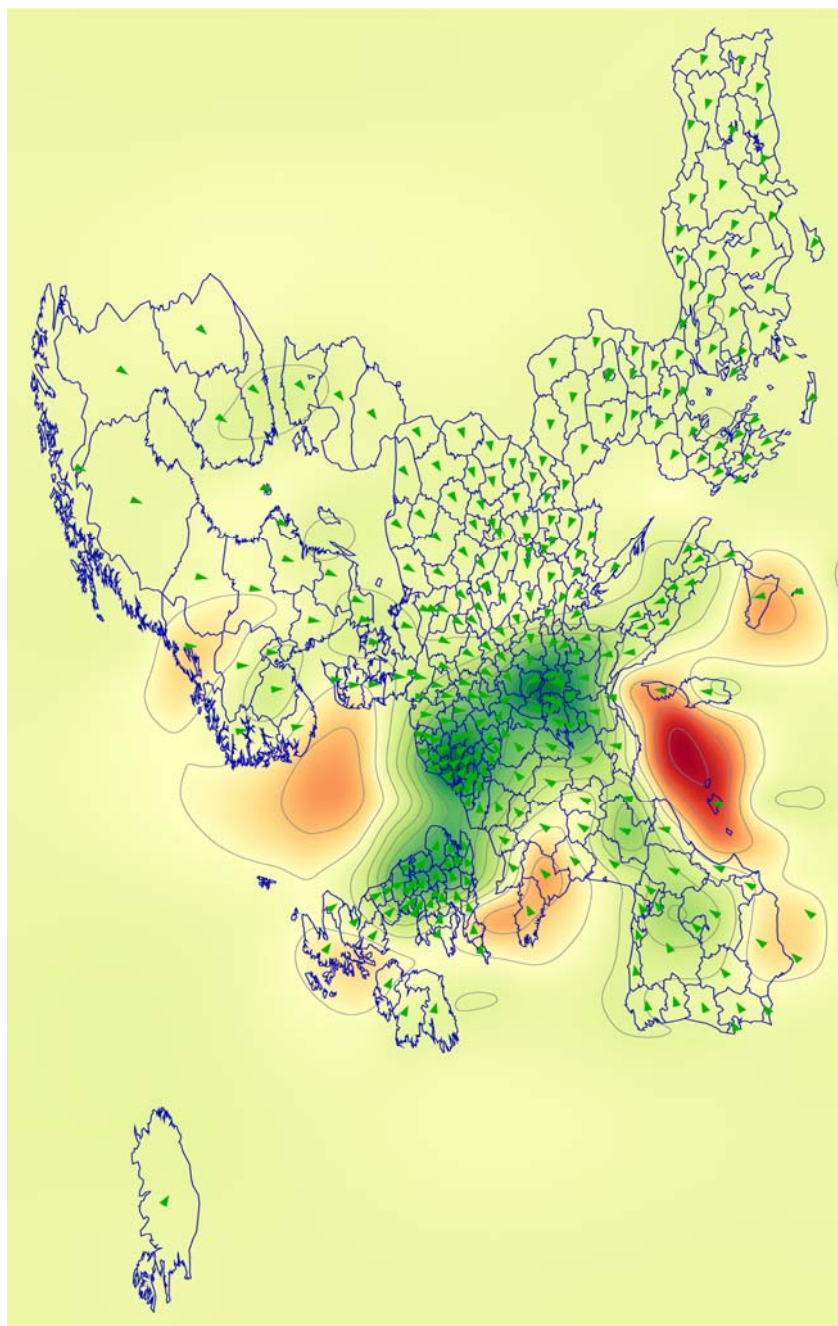
A zöld színnel, illetve annak árnyalataival jelzett terület ennek éppen az ellenkezőjét, a koncentrálódást, vagyis az azonos irányú (összetartó) elmozdulásokat jelenti, amiket a legfontosabb gravitációs csomópontoknak tekinthetjük.

2. táblázat

Kétdimenziós regresszió a gravitációs tér és a földrajzi tér között

Szint	r	α_1	α_2	β_1	β_2	Φ	Θ	SST	SSR	SSE
NUTS1	0,91	0,19	0,69	0,99	0,00	0,99	0,00	20 430	19 849	582
NUTS2	0,97	0,04	0,15	1,00	0,00	1,00	0,00	54 121	53 484	638
NUTS3	0,99	0,13	-0,04	1,00	0,00	1,00	0,17	139 884	139 847	37

7. ábra

A gravitációs tér torzulásának irányai a földrajzi térhez képest az európai régiók (NUTS2) esetében

Vizsgálatainkat elvégeztük NUTS1, 2 és 3-as szinteken is. Az eredmények kétdimenziós regresszióval való összevetését az 2. táblázatban közöljük.

Mint az eredményekből is látható, minél alacsonyabb területi szinten vizsgálódunk a kiindulási szerkezethez képest, annál kisebb mértékű a gravitációs pontalakzat eltérése. Ezt bizonyítja a korreláció, valamint az eltérésnégyzet-összeg, illetve annak tényezői is. A különböző területi szinteken végzett elemzés a régiók közötti tömegkülönbségek miatt alapstruktúrájában bár sok tekintetben hasonló, de jellegében mégis különböző eredményeket mutat. Éppen ezért célszerűnek éreztük a térszerkezet különböző szintjeinek vizsgálatához a számítások elvégzését mindhárom területi szinten. Eredményeinket térképeztük, s róluk a következőket állapítottuk meg. A NUTS1 szinten végzett elemzés csak a legáltalánosabb térszerkezeti összefüggéseket tartalmazza, vagyis a más elemzésekben is megfigyelhető banán alakzatú centrumtértséget (lásd: kék banán). Ezek az általános összefüggések viszont nem elegendők a térszerkezet mélyebb elemzéséhez, ezért szükséges továbblépni a NUTS2 szintre. Ekkor, mint az a 7. ábrán is látható, egyértelműen kirajzolódnak a térbeli koncentrációk, amiket centrumtértségeknek tekinthetünk. Ezen struktúrákkal lentebb még bővebben foglalkozunk. Amennyiben a számításokat már NUTS3 szinten végezzük el, akkor a térbeliség egy „alsóbb” szintjét modellezhetjük. Itt már nem a legfontosabb makroszintű struktúrákat (az alapvető centrum–periféria viszonyokat), hanem a mezoszintű elemeket, vagyis a tér mélyebb összefüggéseit is feltérképezhetjük. E mélyebb összefüggéseket, elsősorban helyhiány miatt térképen már nem kívánjuk bemutatni, azokról a legfontosabb összefüggéseket alábbiakban szövegesen közöljük.

A NUTS2 szintű régiókkal végzett elemzés alapján az európai térben alapvetően 3, egymáshoz némileg kapcsolódó gravitációs csomópont rajzolódik ki. E három csomópont, vagyis magterület: 1. Baden-Württemberg és Ausztria nyugati, Svájc keleti részét magában foglaló, 2. a Benelux-államokat és Nordrhein-Westfalen nyugati részét lefedő, 3. az Anglia döntő részét tartalmazó térség. A vizsgálati terület régióira alapvetően e magterületek gyakorolnak vonzó hatást. A három gócponthoz két koncentrációs nyúlvány is csatlakozik. Az erősebb, s egyértelműen a jelentősebb a Svájc keleti részétől Dél-Franciaországon keresztül Madridig terjedő, míg az ennél némileg gyengébb ugyaninnen indul ki, s halad végig az Appennini-félszigeten.

A NUTS3 szintű elemzések alapján kirajzolódó térbeli struktúrák egyik legfontosabb jellemzője az, hogy bár az elemzés jellegéből nem következne az, hogy eredmények igazodjanak az államhatárokhoz, mégis azok jelentősége igen fontos (7. ábra).

Vizsgálataink alapján Európa országait 15, nagy vonalakban elkülönülő gravitációs területre oszthatjuk, amelyek a következők:

1. Egyesült Királyság és Írország,
2. Portugália,
3. Spanyolország és Franciaország,
4. Dánia és Norvégia,
5. Svédország,
6. Finnország,
7. Észtország, Lettország, Litvánia,
8. Németország döntő része (nem egésze, lásd például Saar-vidék),
9. Baden-Württemberg, Saar-vidék, Rajna-vidék, Pfalz, Belgium, Luxemburg,
10. Hollandia,

11. Lengyelország,
12. Románia, Bulgária, Macedónia,
13. Csehország,
14. Magyarország, Szlovákia, Ausztria, Svájc, Szlovénia, Horvátország, Olaszország, Málta,
15. Görögország, Ciprus.

A gravitációs tér legfontosabb törésvonalai, ahol a szomszédos régiók gravitációs elmozdulása ellentétes irányú:

1. komoly szerkezeti törésvonalat jelentenek a tengerek (Adriai- és Tirrén-tenger, valamint a La Manche-csatorna),
2. a spanyol–portugál határ,
3. a német–lengyel határ,
4. a cseh–német határ (annak is nyugati, illetve a délnyugati része),
5. a volt NDK–NSZK határ,
6. a Dél-Svédországot mintegy kettéosztó tengely,
7. a bolgár–macedón, illetve a bolgár–görög határ.

A gravitációs tér fontosabb csomópontjai, ahol a szomszédos régiók gravitációs elmozdulása azonos irányú, egy pontba összetartó:

1. francia–svájci, német, illetve némileg a holland határtérség,
2. holland–német határtérség,
3. dán–svéd, illetve svéd–norvég határtérség.

Kétdimenziós regressziós vizsgálataink eredményeit a következőkben összegezhetjük. Az európai gazdasági térszerkezet meghatározó eleme – mint NUTS1 és 2 szinten látható – a kék banán elméletben is tükröződő alapstruktúra. Viszont – NUTS2 és 3 szinten – a térszerkezetben egyértelműen kirajzolódnak a legfontosabb csomópontok, gócpontok. Ezek a gócpontok – egyes esetben – a vörös polip-elmélet egyes szakaszaiban is láthatók, a polip karjainak legmarkánsabb pontjai. Viszont rá kell mutatnunk arra, hogy – mint a NUTS3 szintű vizsgálatnál egyértelműen látható volt – az európai térszerkezet korántsem tekinthető egységesnek, hanem sokkal inkább jelentősen széttörédezett, egymástól némileg elkülönülő gazdasági térnek. Vagyis míg a magasabb térbeli szinteken az alapstruktúra egyértelműen egyveretű, addig ugyanez mélyebbre ásva már egyáltalán nem mondható el. Itt bizonyos tekintetben már a szőlőfürt-elmélet elemei tükröződnek vissza, igaz az általunk felfedezett „szőlőszemek” száma az eredeti elméletnél némileg kevesebb.

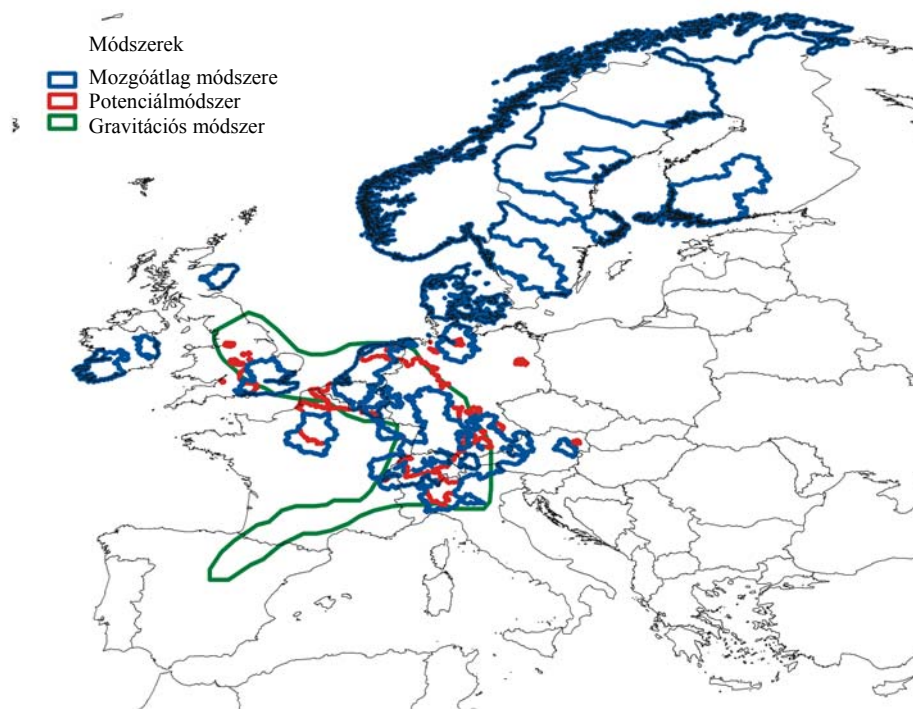
Az alkalmazott módszerek összevetése, összegzés

Az általunk alkalmazott három módszer azonos adatokból (GDP) kiindulva más megközelítésekkel élve, más és más struktúrákat hozott. Az eredmények összevetése módszertanilag viszonylag nehézkes. A gravitációs vizsgálat alapján a legegyszerűbb a centrum-térségek meghatározása, hiszen ide azokat a régiókat sorolhatjuk, amelyeknél összetartó térbeli elmozdulásokat láttunk, amelyeket a legfontosabb gravitációs csomópontoknak tekinthetjük. E térségeket a 8. ábrán zölddel jelöltük. Némileg nehezebb a helyzet a mozgóátlag és a potenciálmódszer esetében. E módszereknél az adataink alapján az adatsor felső negyedébe tartozó régiókat tekintettük magterületnek. Az ezek alapján elkészült térképi összevetés a 8. ábrán látható.

Megállapíthatjuk, hogy mind a három megközelítés alapján vannak olyan régiók, amelyek a többi módszer alkalmazásával nem tekinthetők centrumtérsegnek. A mozgóátlag esetében ilyen az észak-európai régiók, a potenciálnál Berlin, míg a gravitációs módszernél a délfancia és az északspanyol régiók bekerülése. Kirajzolódik viszont a három modell metszete, amely formájában egyértelműen igazolja a banán alakzatot (Közép-Anglia – Hollandia – Belgium – Észak-Franciaország – Ruhr-vidék – Rajna mente – Dél-Németország – Svájc – Észak-Olaszország). Az európai magterület – vizsgálataink alapján más szerzőkhöz hasonlóan – továbbra is nagyjából banán alakú, de a különböző vizsgálatok már mutatják az ehhez kapcsolódó, felzárkózó régiók létét. Nem látjuk igazolni a kelet-európai bumeráng- és a Sunbelt-elméletek létezését. Ahhoz viszont, hogy megállapíthassuk ennek helyességét, további, idősoros vizsgálatokra is szükség van, amely már egy másik tanulmány témája lehet.

8. ábra

A módszerek eredményeinek összehasonlítása



IRODALOM

- Brunet R. (1989): *Les villes européennes: Rapport pour la DATAR*. Reclus, Montpellier.
- Budó Ágoston. (1970): *Kísérleti Fizika I.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Calvo, P.–Pueyo Campos, A.–Jover Yuste, J.M. (1993): *Potenciales demográficos de España*. In: *Atlas Nacional de España*. Tomo 14-b. Instituto Geográfico Nacional, Madrid.
- Carrothers, G.A.P. (1956) An historical review of the gravity and potential concepts of human interaction. *Journal American Institute of Planners* 22 (2): 94–102.

- Dusek Tamás (2003): A gravitációs modell és a gravitációs törvény összehasonlítása. *Tér és Társadalom*. 17 (1): 41–57.
- Dusek Tamás (2011): Kétdimenziós regresszió a területi kutatásokban. *Területi Statisztika* 51 (1): 11–22.
- ESDP (1999): *European Spatial Development Perspective*. Brussels. European Commission. (Adopted by the European Council of EU Ministers Responsible for Spatial Planning, in Potsdam, 10-11/05/99.
- Friedman, A. – Kohler, B. (2003): Bidimensional Regression: Assessing the Configural Similarity and Accuracy of Cognitive Maps and Other Two-Dimensional Data Sets. *Psychological Methods*, 8(4): 468–491.
- Hansen, W.G. (1959): How Accessibility Shapes Land-Use. *Journal of the American Institute of Planners*. 25 (2): 73–76.
- Isard, W. (1999): Regional Science: Parallels from Physics and Chemistry. *Papers in Regional Science* 78 (1): 5–20.
- Kare, S. – Samal, A. – Marx, D. (2010): Using bidimensional regression to assess face similarity. *Machine Vision and Applications* 21 (3): 261–274.
- Kincses Áron – Tóth Géza (2011): Potenciálmodellek geometriája. *Területi Statisztika* 51 (1): 23–37.
- Kunzmann, K. R. (1992): *Zur Entwicklung der Stadtsysteme in Europa. Mitteilungen der Österreichischen Gesellschaft*. Wien.
- Nakaya, T. (2010): Statistical Inferences in Bidimensional Regression Models. *Geographical Analysis* 29 (2): 169–186.
- Rich, D. C. (1980): *Potential Models in Human Geography*. Concepts and Techniques in Modern Geography no. 26 <http://www.qmrg.org.uk/files/2008/12/26-potential-models-in-geography.pdf> (letöltve: 2013. január)
- Stewart, J.Q. (1948): Demographic Gravitation: Evidence and Application. *Sociometry* 11 (1-2): 31–58.
- Symington, A. – Charlton, M.E. – Brunsdon, C.F. (2002): Using bidimensional regression to explore map lineage. *Computers, Environment and Urban Systems* 26 (2): 201–218.
- Tobler, W. (1994): Bidimensional Regression. *Geographical Analysis* 26 (3): 187–212.
- Tobler, W. R. (1961): *Map Transformations of Geographic Space*. PhD dissertation, Seattle, University of Washington.
- Tobler, W. R. (1965) Computation of the Correspondence of Geographical Patterns. *Papers of the Regional Science Association*. 15 (1): 131–139.
- Tobler, W. R. (1978): Comparisons of Plane Forms. *Geographical Analysis* 10 (2): 154–162.

Kulcsszavak: Európa, térszerkezet, mozgóátlag, potenciálmodell, gravitációs modell, kétdimenziós regresszió.

Resume

In our study, we give an overview of the most important models describing the spatial structure of Europe. We introduce the diversity of these models and point out the main differences with visualized map comparison. After this, we attempt to model how these results can be verified on the basis of three methodological approaches, the spatial moving average, the potential model and the bidimensional regression calculations based on the gravity model.