© Nemes Nagy József: A tér a társadalomtudományban
Kiadó: Hilscher Rezső Szociálpolitikai Egyesület „Ember-Település-Régió” Budapest, 1998

9. ALAKZAT, ALAK, DIMENZIÓ

Míg a távolság és az irány inkább a térelemek egymáshoz való viszonyának analitikus vizsgálatában jut szerephez, az alakzat, az alak és a dimenzió fogalmai a *térbeli konfiguráció egészét* jellemző térparaméterek.

A magyar nyelvben az alakzat és az alak kevésbé nyilvánvalóan válik szét, mint más nyelvekben (angolul jóval nagyobb a nyelvalakok különbsége: pattern, illetve shape, form). A dimenzió fogalmának használatát annak sokrétegű jelentése teszi bonyolultá.

9.1. Alakzat

Az *alakzat* fogalma gyakran szerepel a halmaz, a rendszer szinonímájaként, de azokat direkt térbeli, vizuális, geometriai tartalommal bővíti. Ha halmaz vagy rendszer helyett alakzatot mondunk, akkor ott az elemek konfigurációjára, térbeli elrendeződésére kerül a hangsúly, s ennek kapcsán olyan jellemzőkre, mint például szabályos, szabálytalan, szimmetrikus (geometriai jegyek) vagy összefüggő, nem-összefüggő (topológiai jellemzők). Az alakzat fogalma összefüggésben van a regionális vizsgálatokban nagyon gyakran használt *térszerkezet, térstruktúra* fogalmával. E fogalmakban azonban már a geometriai jegyeknél jóval nagyobb hangsúlyt kap az adott térbeli rendszer elemeinek viszonyrendszere, hierarchizáltsága, vonzási-függési relációi: a térszerkezet a működőképes társadalmi térbeni elrendeződés.

A térbeli (síkbeli, térképi) alakzatok véletlenszerűsége illetve szabályossága vizsgálatának sajátos módszertana van. A topológiai jellemzők kapcsán ismételten utalnunk kell arra a társadalmi térszerveződési tendenciára, amely a nem összefüggő (exklávékat is tartalmazó) térbeli alakzatoknak illetve a két alakzat közötti teljes bennfoglalásnak (enklávék), a társadalmi térkapcsolatokat akadályozó következményei miatt ezek minimalizálása irányába mutat.

9.1.1. Pontalakzatok: a legközelebbi szomszéd modell

A regionális elemzések alapeszközei azok a modellek, amelyek pontok, vonalak, alakzatok síkbeli (térbeli) sajátosságait, morfológiáját vizsgálják, azt firtatva, hogy e jellemzők milyen feltételek, mechanizmusok (vonzó- és taszítóerők, egymásrahatások, mozgásjellemzők, terjedési pályák, gátak, határok megléte vagy hiánya stb.) hatására alakulnak ki.

Elkülönülő (diszkrét) elemekből álló természeti és társadalmi rendszerek, jelenségek - ha az elemek kiterjedése jellemzően alatta marad a vizsgált területének - jól modellezhetők n ponttal, amelyek T kiterjedésű területrészen (térképen) helyezkednek el.

A pontok száma és a területnagyság hányadosaként (n/T) a pontalakzat (vagy a vele a továbbiakban azonos értelemben használt ponteloszlás, pontrendszer, elrendeződés, mintázat - point pattern) fontos jellemzőjét, a pontsűrűséget (a területegységre jutó pontok számát) számíthatjuk. Ez már önmagában érdemi információt szolgáltat az adott pontalakzatokról, módot nyújt azok sorbarendezésére. A pontalakzatokat modellként használó tudományágak azonban nem állnak meg a pontsűrűség meghatározásánál. Mennyiségi (matematikai) választ keresnek olyan, vizuálisan csak pontatlanul megválaszolható kérdésekre: vajon a pontalakzatban felismerhetőek-e szabályosságok, geometrikus elrendeződési jegyek, egyenletes elhelyezkedés vagy (helyi) sűrűsödések jellemzik-e a ponteloszlást, netán ilyen jegyek híján teljességgel véletlenszerű a pontok elhelyezkedése?

© Nemes Nagy József: A tér a társadalomtudományban
Kiadó: Hilscher Rezső Szociálpolitikai Egyesület „Ember-Település-Régió” Budapest, 1998

A településföldrajz *Thünen, Weber, Christaller, Lösch* neve által fémjelzett klasszikus "német vonala", amely a gazdaság illetve a településhálózat térbeli elrendeződésében geometriai szabályszerűségek, stabil mennyiségi relációk jelenlétét feltételezte és modellezte, a determinizmus és a szabályosságkeresés vonzerejét jelzi. Akár a világlátás mélyebb eltérései jegyeként is felfoghatjuk, hogy - szemben az előzőekkel - az elmúlt négy évtizedben kiteljesedett angolszász regionális tudományi iskolák térelméleti modelljeiben nem a szabályosság, hanem a véletlenszerűség, a valószínűségi jelleg áll a középpontban. Érdekes sajátosság, hogy a nagy, sok tekintetben homogén amerikai tér éppúgy szolgáltat példákat a szabályosságra, mint a véletlenszerű eloszlásokra (geometrikus térfelosztások, véletlenszerű településeloszlás - *Dacey, M. F. 1962)*.

9.1.1.1. A véletlen ponteloszlás

A ponteloszlások konfigurációjának számszerű jellemzésére szolgáló legközelebbi szomszéd analízis - angolul nearest neighbour analysis - kiindulópontja a véletlen síkbeli (térbeli) alakzat. Ez egy olyan kísérletsorozat eredménye, amikor n pontot úgy helyezünk el - például a pontok helyzetét helykoordinátáik véletlen szimulációjával (Monte-Carlo módszerrel) meghatározva - a T területen, hogy minden újabb és újabb pont helye független a korábban elhelyezett pontokétól. Ebben az esetben, ha a ponteloszlás sűrűségét m-mel jelöljük, akkor annak valószínűsége, hogy egy t <T kiterjedésű területrészre épp k darab pont (k= 0,1,2,3...) esik, Poisson-eloszlású diszkrét valószínűségi változó:

$$f(k) = e^{-mt} \frac{(mt)^k}{k!}$$

A Poisson-eloszlású (véletlen) pontalakzatban az egyes pontok és a hozzájuk legközelebbi pont távolságának matematikai tulajdonságai is meghatározhatók. Igazolható (a részletes levezetést lásd *Clark, P. J. - Evans, F. C. 1954 illetve erre támaszkodva De Vos, S. 1973 és Bahrenberg, G. et al. 1992*), hogy abban az elméleti esetben, amikor n és T egyaránt a végtelenhez tart, a d ("a legközelebbi szomszéd pont távolsága") jelentésű folytonos valószínűségi változó sűrűségfüggvénye:

$$f(d) = 2m\pi d e^{-m\pi d^2}$$

A Poisson-eloszlású pontalakzatban a legközelebbi szomszéd távolság várható értékére (átlagára) - D-re - e sűrűségfüggvényből az alábbi egyszerű összefüggés adódik:

$$D = \frac{1}{2\sqrt{m}}$$

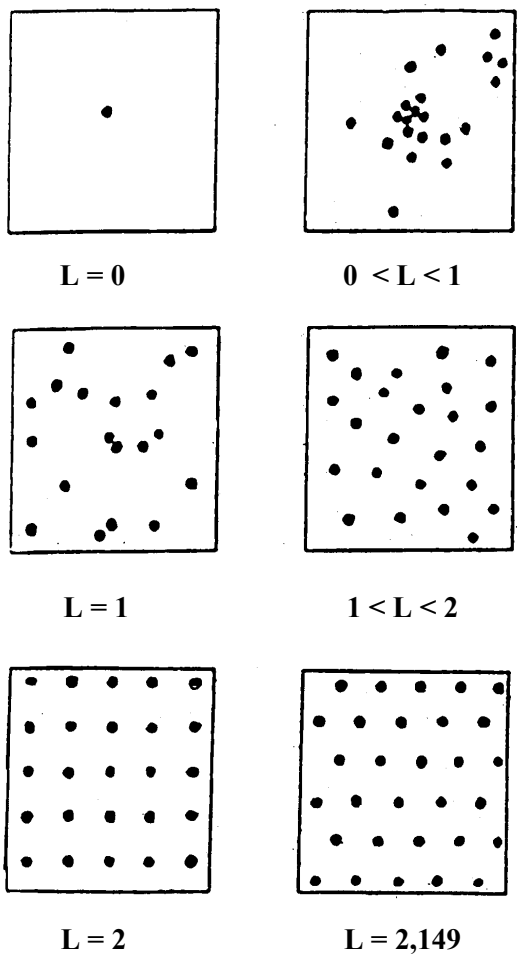
Tetszőleges konkrét (m_x átlagsűrűségű) ponteloszlás elemzésekor meg kell határozni minden egyes pontnak a hozzá legközelebbi ponttól mért távolságát, majd ezen értékek átlagának (D_x) kiszámítása következik. A ponteloszlás jellemzésére ezen empirikus átlagértéket az azonos (m_x) pontsűrűségű pontalakzathoz tartozó elméleti D értékhez viszonyítva számítható az ún. legközelebbi szomszéd index (L) :

$$L = \frac{D_X}{D}$$

Amennyiben L értéke 1-hez közeli, akkor a vizsgált ponteloszlás véletlenszerűnek (Poisson-eloszlásúnak) minősíthető. A koncentrált, sűrűsödő ponteloszlások esetében a legközelebbi

© Nemes Nagy József: A tér a társadalomtudományban
Kiadó: Hilscher Rezső Szociálpolitikai Egyesület „Ember-Település-Régió” Budapest, 1998

szomszédok átlagtávolsága kicsiny, L alatta marad 1-nek, értéke szélső esetben 0. A véletlenszerűtől a szabályos, geometrikus jegyeket mutató eloszlások felé eltérő pontrendszerekben L-re 1-nél nagyobb érték adódik. A geometrikus eloszlás "ideáltípusa", szélső esete a szabályos háromszögű (illetve a pontháromszögek ismétlődéséből kirajzolódó hatszögű) elrendezés, amelyben L = 2,149 (*9.1. ábra*).



9.1. ábra A legközelebbi szomszéd-index (L) különböző értékeihez tartozó jellegzetes pontalakzatok

Az L index 0 és 2,149 közötti értékeihez tartozó pontalakzatok egy sajátos kontinuumot képeznek a szélsőségesen koncentrált eloszlásútól a véletlenszerűen elhelyezkedő pontokon át a szabályos, geometrikus pontrendszerekig.

Az L skálán nem jelölhetők ki az alaptípusok között éles határok. Gyakorlati tapasztalatok szerint a "véletlenszerűség" 0,9 -1,3 közötti L értéket jelent, ettől kisebb illetve nagyobb index már határozott eltolódást jelez a koncentráltság vagy a szabályosság felé. A sűrűsödéseket tartalmazó pontrendszerek kialakulásában lokális vonzerők, kitüntetett szerepű pontok jelenléte feltételezhető. A véletlenszerű pontalakzatban a vonzó- és taszítóerők viszonylagos egyensúlyban vannak. A szabályos alakzatok a taszítóerők túlsúlyára, illetve külső beavatkozásra (például tervzettségre) utalnak.

© Nemes Nagy József: A tér a társadalomtudományban
Kiadó: Hilscher Rezső Szociálpolitikai Egyesület „Ember-Település-Régió” Budapest, 1998

9.1.1.2. Alkalmazási feltételek

Mint minden eljárás, a legközelebbi szomszéd analízis is rejt magában módszertani korlátokat. A módszer - valószínűségelméleti alapjai okán - statisztikailag megbízható eredményt csak viszonylag nagy elemszám esetében ad. A szakirodalom szerint *(Getis, A. - Boots, B. 1977)* gyakorlatilag legalább 50 pont az, amikor a kapott L érték már megbízhatóan interpretálható.

A konkrét minták elemzésekor nem csupán a végtelen elemszám feltétele nem teljesül, hanem a vizsgált terület is lehatárolt. Ez azt a lehetséges torzítást hozhatja magával, hogy egy határvonalhoz közeli pont (például egy város) esetében a vizsgált területen kívüli pont a valóságos legközelebbi szomszéd, míg a számításban csak a belső pontok szerepelnek. A határ-hatás felfelé torzítja az L értékeket. Ezt kiküszöbölendő egyes szerzők a határközeli pontok elhagyását javasolják.

Önmaga logikáján belüli megoldást kínál a modell egy másik sajátos esetre. L értéke egyaránt kicsiny (zérushoz közeli) lehet akkor, ha a pontok egyetlen helyen összpontosulnak, de akkor is, ha több sűrűsödési hely van. Nyilvánvaló, hogy e két szituációnak - az azonos vagy közel azonos L értékek dacára - teljesen eltérő karakterű pontalakzat felel meg. A megkülönböztetésre azonban van mód: a második, harmadik, n-edik legközelebbi szomszédok távolságának meghatározásával. Ha pontjaink például ötösével összpontosulnak, akkor az ötödik legközelebbi távolságra adódik ugrásszerűen nagyobb átlagérték. E probléma elméletileg elegáns megoldását adja az a felismerés, hogy ekkor ne az alappontokat tekintsük vizsgálandó elemeknek, hanem a pontötösöket, s például ezek középpontjára alkalmazzuk az eredeti (az első szomszéddal számoló) eljárást. Ekkor természetesen már nem "városok", hanem "agglomerációk" térszerveződési rendjét jellemzi a kapott L érték.

A legközelebbi szomszéd analízis fő alkalmazási területe tetszőleges pontalakzat jellegének, helyének meghatározása az L skálán. Tesztelhető az eljárás segítségével térbeli (térképi) mintavételek véletlenszerűsége. Az elméleti alkalmazási területeken kívül megemlíthető a módszer gyakorlati alkalmazhatósága (erre az erdészetben van példa). Ekkor a legközelebbi szomszédok átlagtávolságát a pontrendszer átlagsűrűségének becslésére használják. Véletlenszerű egyedeloszlást feltételezve - például valamely fafaj esetében - az átlagsűrűséget, illetve ebből a teljes egyedszámot, véges számú távolságmérés alapján nagy területre becsülhetik az alábbi összefüggés alapján:

$$m = \frac{1}{4D^2}$$

A módszer első közlése ökológusok nevéhez fűződik *(Clark, P. J. - Evans, F. C. 1954)*, egyedüli magyar nyelvű leírása a rovar-ökológia klasszikusnak számító módszertani kézikönyvében található meg *(Southwood, T. R. E. 1985)*.

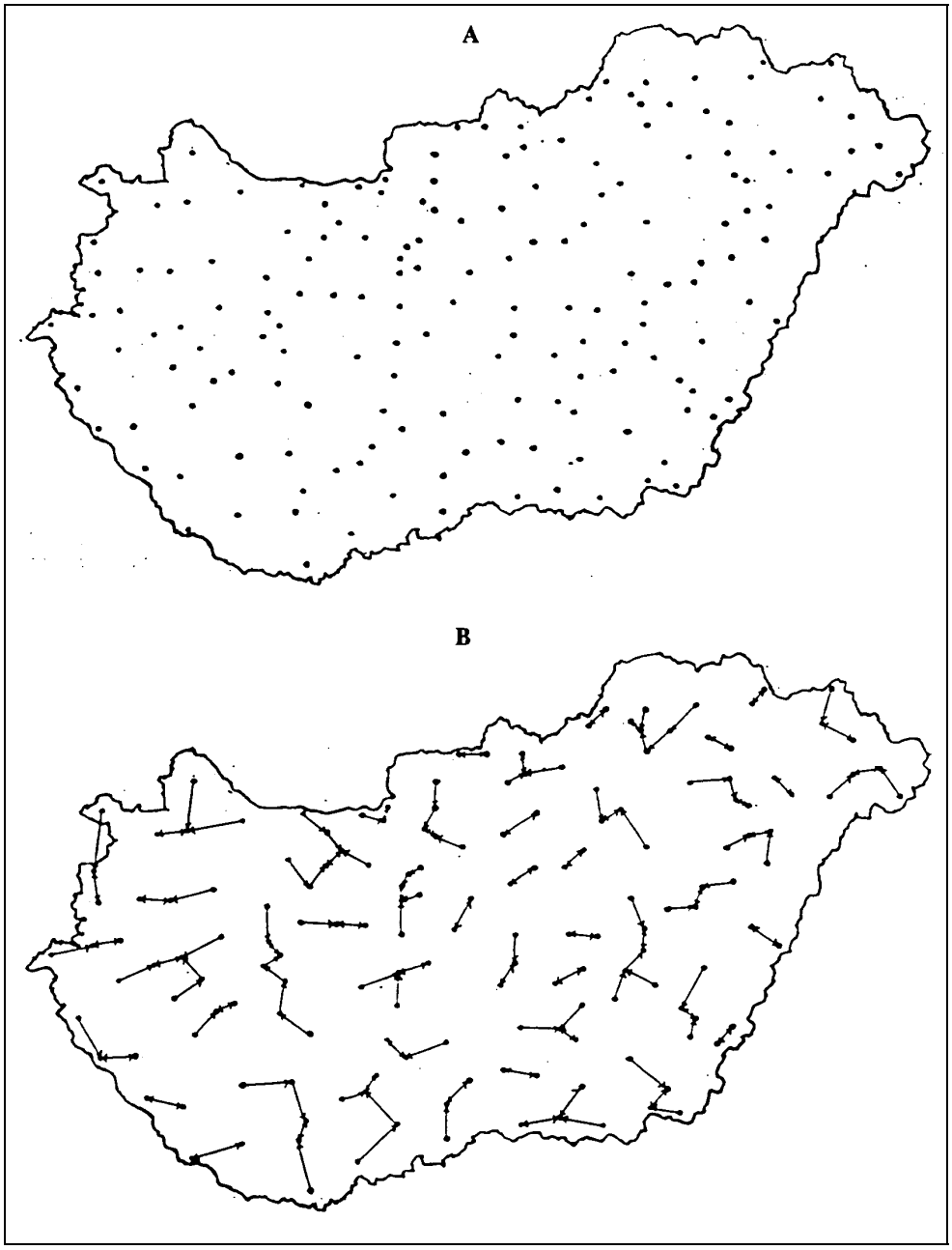
A hatvanas évektől napjainkig publikált, átfogó igényű területi modellezési munkák legtöbbje kisebb-nagyobb részletességgel vizsgálja az eljárást. A módszer orvostudományi, régészeti, ásványtani, geológiai alkalmazásairól is tudunk, minden esetben pontalakzatokkal modellezhető jelenségek kapcsán. A legkiterjedtebb tématerület a módszer település- (város-) földrajzi alkalmazása *(Dacey, M. F. 1962, King, L. J. 1962, Cole, J. P. - King, C. A. M. 1968, Hirst, M. A. 1971, Klein, K. E. 1980)*. E munkák különböző országok, régiók, mintaterületek településhálózatának térszerkezetét elemzik, részben a történeti változásokra, részben különböző térségek összehasonlítására koncentrálva. Több kutató használta a módszert településeken belüli (pontrendszerként modellezhető) funkciók, intézmények, gazdasági (pl. kereskedelmi) egységek térbeli eloszlásának kvantitatív jellemzésére *(Getis, A. 1964, Yeates, M. 1974, Silk, J. 1979)*.

© Nemes Nagy József: A tér a társadalomtudományban
Kiadó: Hilscher Rezső Szociálpolitikai Egyesület „Ember-Település-Régió” Budapest, 1998

9.1. Példa

Városhálózatunk a legközelebbi szomszéd analízis tükrében

A hazai városhálózatot pontrendszerként modellezve - az 1990-ben városi jogállású 166 települést földrajzi középpontjával reprezentálva (*9.2. ábra*), s a közöttük lévő távolságot *légvonaltávolsággal* mérve - az előzőekben közölt matematikai összefüggésekből, az ország területe és a városok száma alapján hazánkra az elméleti D értékre 11,8 km adódik. Ezzel szemben a mért legközelebbi szomszéd átlagtávolság 16,6 km. A két érték hányadosa L= 1,41-es legközelebbi szomszéd indexet ad, ami a véletlenszerűtől a szabályos, geometrikus jegyeket felmutató ponteloszlás felé való érzékletes eltolódást jelez.



9.2. ábra Az 1990. évi magyar városhálózat, mint ponteloszlás (A) és a szomszédsági láncok (B)

© Nemes Nagy József: A tér a társadalomtudományban
Kiadó: Hilscher Rezső Szociálpolitikai Egyesület „Ember-Település-Régió” Budapest, 1998

Történeti fejlődésmenet

Történetileg vizsgálva a városi jogállású településeket 1900 és 1960 között, a városok számának növekedése dacára szinte teljesen stabil a térbeli mintázat jellegét számszerűsítő mutató, s csak az 1980-ra számított L index jelez először lényeges elmozdulást az egyenletes terítés irányába, s ezt a trendet a nyolcvanas évek példátlan méretű várossá nyilvánítási kampányai teszik egyértelművé. A városi jogállású települések térbeli elhelyezkedése azt a "városítási" koncepciót tükrözi vissza, amely a nyolcvanas években a legtöbb olyan kistérségi központot városi rangra emelte, amely városhiányos térségben volt, függetlenül attól, hogy valóban rendelkezett-e urbánus jegyekkel vagy sem. 1990 óta újabb harmincnégy település kapott városi jogállást. Ebben a városalakítási hullámban azonban már nem játszott meghatározó szerepet a "hiányterületek" kitöltése, aminek következtében fordulat állt be a városhálózat konfigurációjának alakulásában: az 1995-ös L index a véletlenszerű alakzat irányába való visszafordulást jelzi (*9.1. táblázat*).

Év	Városok száma	D (km)	D_k (km)	L
1900*	42	23.5	28.8	1.23
1920	44	23.0	26.8	1.17
1945	51	21.4	26.2	1.22
1960	66	19.2	23.7	1.23
1980	96	15.6	20.1	1.29
1990	166	11.8	16.6	1.41
1995	200	10.8	14.6	1.35

* A mai országterületen

9.1. táblázat Városhálózatunk térszerkezetének jellemzői

Létezik-e "optimális" városhálózat?

Ha - ugyancsak az 1990-es állapotnak megfelelően - az ország 141, tízezer főnél népesebb településére (nemcsak városokra) is elvégezzük a legközelebbi szomszéd analízist, akkor L = 1,27-es index adódik, ami hasonlóan a nagy városítási hullám előtti helyzethez, a mai hazai központhálózat "természetes, spontán" térbeli konfigurációjának helyét ugyancsak az 1,2 és 1,3 közötti L intervallumban jelöli ki.

Elvégeztünk egy olyan vizsgálatot is, amely során a városokat népességszámuk csökkenése sorrendjében léptettük be a számításba (Budapesttel és Debrecennel kezdve), azaz 2-től 166-ig növekvő számú pontokból álló pontrendszereket elemeztünk. A kiszámított L értékekre az első 50 városig monoton csökkenő értékek jellemzők (az index minimuma 1,18-1,20 között van), majd ezt követően folymatosan emelkednek az értékek egészen 1,41-ig. A minimum a 25 ezres lélekszám közelében lép fel, ami úgy is értelmezhető, hogy az ennél népesebb települések adják a városhálózat spontán (véletlenszerű) vázszerkezetét. Nem érdektelen felfigyelni arra az egybeesésre sem, hogy a népességszám szerinti vizsgálatban kapott minimum az ötvenedik város körül van, ami épp megegyezik az 1945-ös városszámmal. Ha ezt a városszámot nem is minősíthetjük "optimálisnak", de a művi (nevezhetjük tudatosnak is) beavatkozás előtti településhálózati központváznak mindenképp.

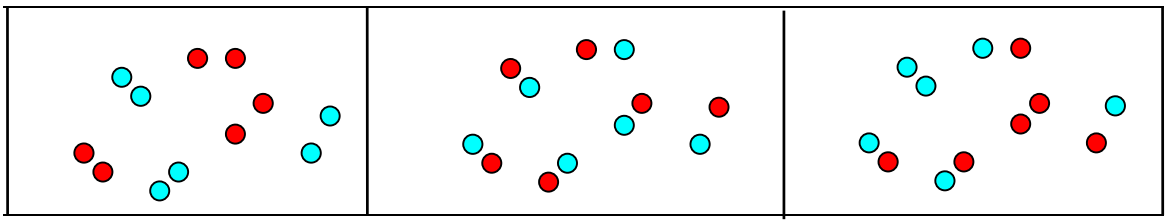
Regionális alrendszerek, szomszédsági láncok

Lehetőséget teremt a módszer annak igazolására is, hogy a városhálózat nagyon eltérő konfigurációjú regionális szegmensekből áll. Nagytérségekre és (a kicsiny egyedi elemszám, a határhatás vélhető torzításai miatt csak orientációs értékkel) megyékre bontva is megismételhetjük a számítást. A nagyrégiók esetében 1,52 (Dunántúl) és 1,21 (Központ; Budapest és Pest megye) szóródnak az L értékek, a megyék közül Bács-Kiskun városhálózata minősül a legszabályosabbnak és Hajdú-Biharé a legvéletlenszerűbbnek.

A legközelebbi szomszéd analízis egy sajátos csoportosítási, klaszterezési eljárás is. Az egymáshoz rendelődő, szomszédos városokat térképen összekötve a pontrendszer diszjunkt szomszédsági láncokra - „csillagképekre” - esik szét (*9.2.B ábra*). Ezek száma esetünkben 48, s a bennük összekapcsolódó városok száma szerint beszélhetünk páros, hármas, négyes láncokról, egészen a hét "szemből" állókig (ilyenből kettő is van Tatabánya illetve Veszprém körül). A szomszédsági láncok száma épp megegyezik az ún. reflexív párok számával (A és B reflexív pár, ha A legközelebbi szomszédja B és fordítva). A reflexív párok (s így a szomszédsági láncok) elméleti maximális száma a pontok számának fele (jelen esetben 83), ami akkor áll elő, ha a pontrendszer elkülönülő párokba rendeződik. Konkrét településföldrajzi elemzés tárgya lehet a szomszédsági láncok, illetve a földrajzilag vélhetően szorosan összekapcsolódó városegyüttesek szembesítése.

A modell térfelosztási módszerként is használható, a településhálózat központjaihoz a „legközelebbi központ” elvét használva sorolhatók be a települések. Ennek sajátos, fordított párja a „legtávolabbi központ” szerinti térfelosztása egy településrendszernek.

A legközelebbi szomszéd analízis nemcsak valamely pontokkal modellezhető jelenség, térelem térbeli konfigurációjának vizsgálatára alkalmas, hanem *kétfajta térelem térbeli kapcsolatának* elemzésére is. A *9.3. ábra* érzékelteti e térbeli egymáshoz kapcsoltság jellegzetes eseteit.



A) Teljes elkülönülés B) Egymáshoz kapcsoltság C) Véletlen térbeli kapcsolat

9.3. ábra Két ponteloszlás térbeli összekapcsolódásának modellje

A *9.3.A)* esetben minden szürke pontnak szürke, feketének fekete a legközelebbi szomszédja, a B) esetben a legközelebbi szomszédok ellentétes színűek, míg a C) konfigurációban egyaránt találunk azonos és különböző színű szomszédokat. Az első eset egy erős szegregáció folyamatát modellezi, a második a két jelenség kölcsönös és szoros összekapcsoltságának megjelenése, míg a harmadik akkor fordul elő, ha a két jelenség között sem egyértelmű összekapcsoló mechanizmus, sem a közelségből fakadó feszültség nincs, azaz viszonyuk semleges, térbeli kapcsolatuk így véletlenszerűnek tekinthető. A pontrelációk kereszttáblába foglalhatók és variancia-analízissel számszerűen is elemezhetők.

A legközelebbi szomszéd modellel vonalrendszerek (hálózatok) és térfelosztások konfigurációi is vizsgálhatók, visszavezetve azokat ponteleoszlásokra. Hálózatok esetében a vonalak metszéspontjainak analíziséből lehet következtetni az alakjellemzőkre, térfelosztások esetében - mintegy megfordítva a *6. fejezetben* bemutatott Dirichlet-poligonokhoz vezető eljárást - az egyes területrészek középpontjainak pontrendszerként történő vizsgálata teremti meg ezt a lehetőséget.

9.2. Alak

Az *alak fogalmán az alakzatok körvonalát, kontúrját, határvonalát, burkolóját* értjük. Az alak a konkrét határok által megszabott, konkrét térbeli forma. Beszélhetünk egy alakzat alakjáról is. A hálózatok alakjával kapcsolatos sajátos kérdéseket gráfelméleti módszerekkel is vizsgálják.

Bár történtek kísérletek arra, hogy a területegységek, lehatárolt térségek alakjellemzői és a társadalmi rendszerek működési mechanizmusa között kapcsolatot keressenek (*Bunge, W. 1962* Mexikó településeinek alakját vizsgálta s kapcsolta a népességszámhoz), de ezek nem vezettek átütő erejű elméleti összefüggésekhez.[42] Szabályos - geometrikus - alakú térelemek jelenléte mindenesetre erős társadalmi determináltságra, tervezettségre utal. (Lásd Európa illetve Afrika országainak alakját vagy az Egyesült Államok belső közigazgatási rendszerét - *9.1. Citátum.*)

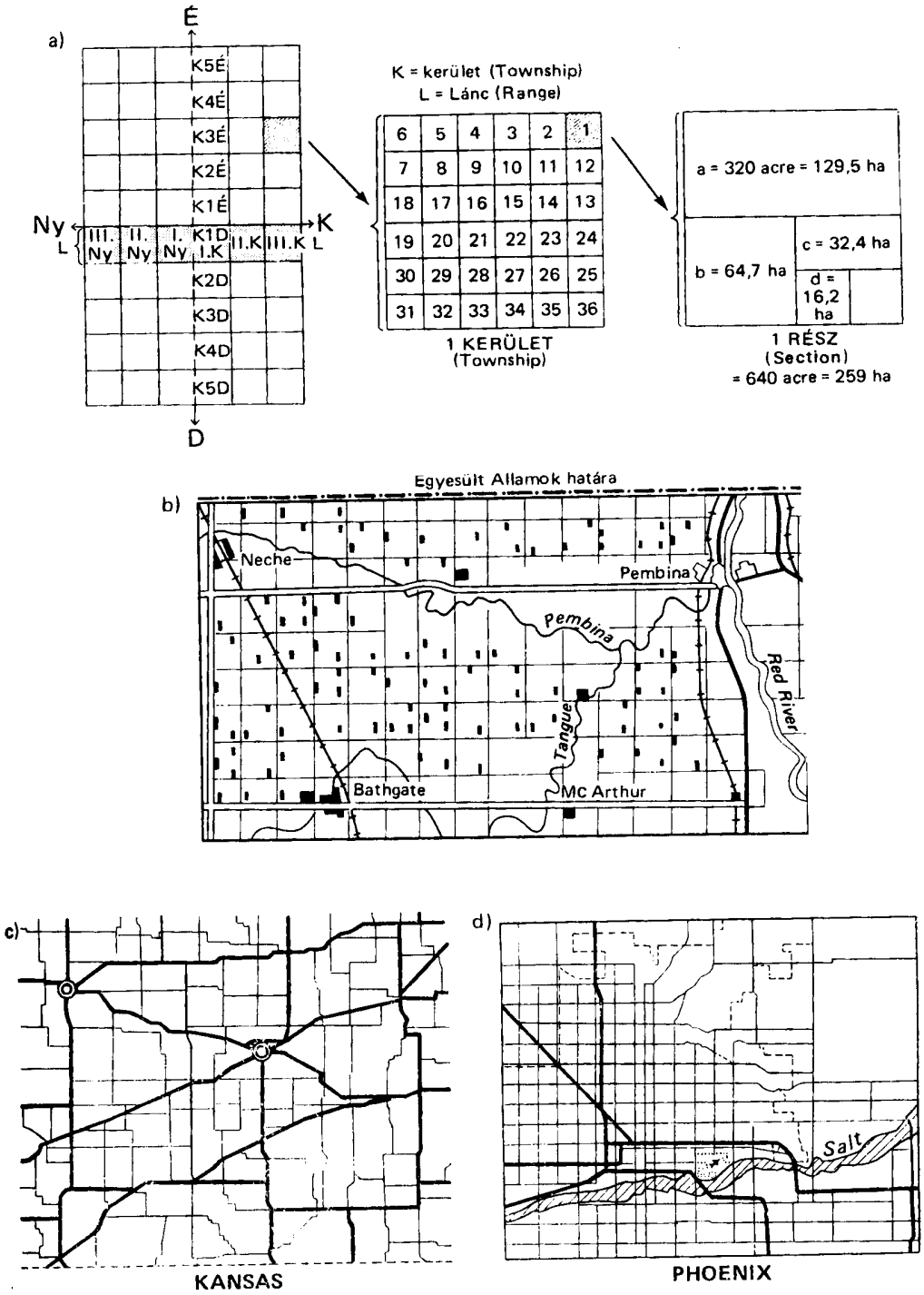
[42]A természeti földrajz klasszikus példája a folyóvizi kavicsok morfológiája és a szállítási távolság, így az eredet közötti kapcsolat feltárása: a sima, szabályos kavics - természetesen az ásványösszetételtől is függően - távoli eredetre utal. A karsztjelenségekben a dolinák alakja és a karsztosodási folyamat között kerestek kapcsolatot.

© Nemes Nagy József: A tér a társadalomtudományban
Kiadó: Hilscher Rezső Szociálpolitikai Egyesület „Ember-Település-Régió” Budapest, 1998

9.1. Citátum

A „vidéki Amerika”

Az amerikai *szórványtelepülés, a farm* elterjedését az 1785-ben bevezetett földmérési eljárás (Land Ordinance) váltotta ki. Ennek hatására főként az Appalache-hegységtől nyugatra elterülő, a 19. század folyamán birtokbavett térségeken érvényesült. A terjeszkedéssel párhuzamosan a szövetségi kormány állami tulajdonba vette az új területeket, majd földmérést és térképezést hajtott végre a pontos, egységes földnyilvántartás biztosítására.



9.4. ábra Az amerikai négyzethálós térfelosztás

A felmérés délkörökből indult ki, és az Appalache-hegységtől nyugatra eső országrészt azonos területű négyzetek hálójára osztotta (*9.4. a ábra*). A négyzetháló legnagyobb egysége a 6 mérföldes (6 mérföld = 9656 méter) oldalakkal határolt „township”, amely tovább osztódott 36 szekcióra. Valamennyi szekció 4-4 birtokra (homestead) tagolódik, ezek egyenként 160 acre (65 ha) méretűek. A 19. század elejétől kezdve a telepeseknek minimálisan ekkora területet kellett 200 dollárért megváltani (1 acre = 1, 25 dollár), 1820-tól már fele ekkora birtok megváltását is engedélyezték. Minden township területéből néhány központi fekvésű szekciót tartalékoltak iskolák, kommunális intézmények elhelyezésére. Ez a négyzetes földmérési rendszer kitörülhetetlenül rányomta bélyegét az USA területének nagyobb részére. A szabályosan ismétlődő négyzetek mentén vonták meg a később alakuló szövetségi államok, azon belül a megyék határait (*9.4.b és c ábra*). A később fokozatosan kiépülő úthálózat is felvette az egymást derékszögben metsző felmérési vonalak futását, sőt erre épült a városok utcahálózata, telekfelosztása is (*9.4.d ábra*), és ez a körülmény teljesen uniformizálta az amerikai városok alaprajzát. A közösségi funkciók céljára tartalékolt térségek szabályos ismétlődése tükröződik a központi települések meglehetősen egyenletes eloszlásában is.

A földmérési rendszer egyszerűsítette, ellenőrizhetővé tette az új területekre özönlő telepesek földhöz juttatását, de - különösen a síkságokon - egyhangúvá változtatta a táj és a települések képét. A domborzatilag tagolt területeken, folyók mentén a hálózatot a természeti adottságokhoz igazították, ez némileg enyhítette az egyhangúságot.

Sárfalvi B. (1987, pp. 47-49.)

A térfelosztásokban (például a közigazgatási rendszerekben) a térméretek közelítése mellett - amely, mint *Bibó* közigazgatási térfelosztási elveiben már olvashattuk, irányítási haszonnal jár - felfedezhető a szabályosság irányába haladás is (a nyúlványok lemetszése, átcsatolása), ami természetesen nem valamifajta elméleti geometriai kritérium érvényesítését jelenti, hanem az irányítási térnek a hálózati reálkapcsolatok által kirajzolódó térhez való igazodását célozza.

Területegységek (példát jelenthetnek erre a társadalmi térfelosztások közül települések, közigazgatási egységek, országok) alakjellemzésére többfajta egyszerűbb és összetettebb index, mutató került kidolgozásra. Ezekben az alak (forma) jellemzésére általában a területet, illetve a kerület s a kiterjedés különféle hosszmértékeit vetik össze, s viszonyítási pontként a szabályos alakzatokat tekintik. Jól használható egyszerű példaként említhetjük a *Haggett, P. (1965)* által használt - korábbi természetföldrajzi alkalmazásokból adaptált - *F forma-indexet:*

$$F = \frac{1{,}27T}{d^2}$$

ahol T = az alakzat területe,
d = az alakzat két legtávolabbi pontjának távolsága

F-index körre 1-et ad (tulajdonképp ezért szerepel a számlálóban a konstans). Szabályos háromszögre 0,42, négyzetre 0,64, szabályos hatszögre 0,83 az F értéke. Bármely térfelosztást ezzel a mutatóval tesztelve megállapítható, hogy van-e a térfelosztásban karakteres geometriai jegy, megjelölhetők a tipikus alakzatok, ellenőrizhető, hogy van-e valóságos tartalma az elméleti modellekben gyakran szereplő hatszögű térlefedési rendszereknek, mint egyfajta optimumnak. Ha 0,83 körüli értékek gyakoriak, akkor feltételezhető az elméleti összefüggésnek való megfelelés[43]. Történeti elemzésben vizsgálható az index segítségével a közigazgatási területrendezések hatása, összehasonlítható különböző nagytérségek belső tagoltsága, s a különböző településnagyságokhoz tartozó jellegzetes alakzat. (Hazánkban ilyen típusú empirikus elemzésekről nincs tudomásunk.)

A térfelosztások (térhálók) geometriájára utaló jegy lehet a szomszédsági relációk átlagos száma. Haggett fenti munkájában brazil mintaterületen (100 községből álló mintán) 6,21-es értéket kapott a

[43] A forma-index három dimenzióra való kiterjesztését és építészeti alkalmazását lásd *Ankerl G.1991*.

szomszédok átlagos számára, s ebben a hatszögű rács, mint elméleti térlefedési modell és a valóságos térfelosztás össszekapcsolhatóságának jelét látta különböző térségi szinteken.

9.3. Dimenzió

A dimenzió kifejezést már a korábbi fejezetekben is többször, s többfajta jelentésben is használtuk. Valóban, a dimenzió is többjelentésű fogalom:

- a térbeli *kiterjedés* mérőszáma (háromdimenziós tér), egyfajta alakzat-paraméter;
- egy jelenség leírására használt független jellemzők száma (n dimenzióval, adattal jellemzett területegység; e tartalomnak megfelelően például a szín is dimenzió);
- az egyes jelzőszámok (mért mennyiségek) *mértékegysége.*

A második és harmadik jelentéshez kapcsolódó, a területi elemzésekben is gyakorta előforduló probléma a dimenziók, a mértékegységek azonossá, s így összehasonlíthatóvá tétele, illetve a dimenziócsökkentés.

A különböző mértékszámok, adatsorok összehasonlíthatóvá tételének többféle útja van:
- *közös mértékegység* használata (például kőszénegyenérték az energiahordozók energiatartalmának összehasonlításakor, az ún. számosállatra való átszámítás az állatállomány számbavételekor, a nemzeti valuták egységesítése dollárra való átszámítással az országok jövedelemtermelésének mutatószámaiban),
- *rangsorolás* (ordinális skálára transzformálás),
- *százalékolás* (abszolút adatok esetében megoszlási viszonyszámokká alakítás, fajlagosoknál az adatsor kitüntetett értékeihez - átlag, maximum - viszonyítás),
- *standardizálás.*

Ezen átalakítások után az egyes mértékszámok már összeadhatók, s az így kapott új, komplex mutatóval lehetségessé válik együttes értékelésük. Ugyancsak új, komplex változókra, illetve az elemzésekben szereplő adatok számának csökkentésére vezető összetett, csak számítógéppel elvégezhető dimenziócsökkentő eljárás a *faktoranalízis.* Ennek az összes többi, komplex mutatóra vezető eljárással szemben a legnagyobb előnye az, hogy önmaga logikáján belül súlyozza az alapváltozókat, s így használatakor elmarad, a komplex mutatók képzésének talán legvitatottabb momentuma, az előzetes súlyozás (a faktoranalízis egy alkalmazására lásd a *12.1. Példát*).

9.3.1. A dimenzió-kontinuum: fraktálok

A tér háromdimenziós, a téridő négydimenziós volta nem empirikusan igazolható mérték, hanem olyan feltételezés, amely egybeesik a tapasztalattal, illetve megfelelő keretet ad a fizikai jelenségek elemzéséhez *(Gorelik, G. J. 1987)*.

E század elején adták meg matematikusok a dimenzió általánosabb (topológiai) definícióját, amelynek segítségével tetszőleges alakzathoz hozzárendelhető egy-egy nem negatív szám - a dimenzió -, amely azonban nem feltétlenül egész szám. A hétköznapi tapasztalattól sem idegen ez az elsőre talán meglepő megállapítás, hisz a mindennapi életben is találkozhatunk olyan bonyolult alakzatokkal, amelyekről „ránézésre” nehezen dönthető el, hogy egydimenziós (vonalas), kétdimenziós (síkbeli) vagy háromdimenziós (test) alakzatok, hisz jellegüket tekintve épp ezek „között” helyezkednek el. Létezik egy dimenzió-kontinuum, amelybe ezek az alakzatok is beleilleszthetők (*Batty, M. - Longley, P. 1994)*.

A dimenzió fogalma kapcsán az elmúlt egy, másfél évtizedben alapvető - hatását tekintve ma még alig belátható - fordulat következett be az ún. *fraktálok* fogalmának megjelenésével *(Mandelbrot, B. B. 1977)*. A fraktálok a törtdimenziós, egyetlen pontban sem differenciálható, bonyolult, de önhasonló alakzatok. (Az önhasonló jelleg azt jelenti, hogy az alakzat kis részeit felnagyítva matematikailag

© Nemes Nagy József: A tér a társadalomtudományban
Kiadó: Hilscher Rezső Szociálpolitikai Egyesület „Ember-Település-Régió” Budapest, 1998

azonos típusú alakzathoz jutunk, mint amilyen maga az egész alakzat. Erre jó példa egy fa illetve egy kis faág, de a folyórendszerek is.) Matematikai modellvizsgálatok illetve konkrét empirikus tesztek igazolták, hogy a természet tele van fraktálnak tekinthető, bonyolult alakzatokkal. Ezekre a bonyolult alakzatokra jellemző az, hogy hosszúságuk, az általuk lefedett terület vagy az általuk kitöltött tér pontosan nem adható meg, mert ezek a mértékek függnek a mérési alapegységtől. Meghatározható viszont ezen alakzatok dimenziója.

Az első példák egyike is a földrajzból vett: Anglia tagolt, csipkézett partvonala fraktál. A partvonal hossza pontosan nem mérhető, mivel függ a használt „mérőrúdtól”, minél kisebb mérési egységet veszünk, annál hosszabbnak adódik a partvonal. Meghatározható viszont a partvonal fraktál-dimenziója, amely az elvégzett számítások szerint 1,31, ami világosan érzékelteti azt, hogy a csipkézett partvonal a sima vonalnál (amelynek dimenziója 1) jóval bonyolultabb.

A fraktál fogalma teljesen új utat nyit a regionális kutatások - a korábbiakban több példában is előkerült - nagy hagyományú vizsgálati irányában, amely a bonyolult térbeli konfigurációkat szabályos geometriai alakzatokkal próbálja leírni, modellezni. A fraktál-geometria, illetve a fraktálmodellezés matematikai eszközt teremt bonyolult alakzatok reprodukálására is. Számos olyan matematikai szimulációs modell került kidolgozásra, amellyel a természeti alakzatokkal - matematikai értelemben - megegyező alakzatok hozhatók létre, s így modellekben vizsgálhatók (*9.2. Példa)*.

9.2. Példa

A fraktál-dimenzió

Fraktálkonstrukciónkban egy négyzet alakú sziget partvonalát alakítjuk lépésenként úgy, hogy minden „rojtozásos” partvonalnövelés a kiindulási partvonalhoz hasonló elemekből összetevődő partvonalszakaszokból épüljön föl. Példánkban (*9.5. ábra*) a kiinduláskor A élhosszúságú négyzetoldal 2A hosszú „rojtozott” partvonallá alakul át (lépésenként), miközben az egyetlen rojtozásra váró partszakasz helyét 8 darab (de az ábrán láthatóan csak egyenként 1/4 A élhosszú) új partszakasz keletkezik. A partvonal hosszának a növekedése tehát lépésenként kétszeres, vagyis kettő hatványai szerint haladva lépésenként, a parthossz (elvileg) tart a végtelenhez. Mindez azonban véges síktartományban történik, s hogy ezt a vonalnál összetettebb, de a sík kiterjedésénél mégis kisebb „felületű” szerkezetet mérőszámmal lehessen jellemezni, a következő módon törtdimeziószámot vezettek be a fraktálokra.

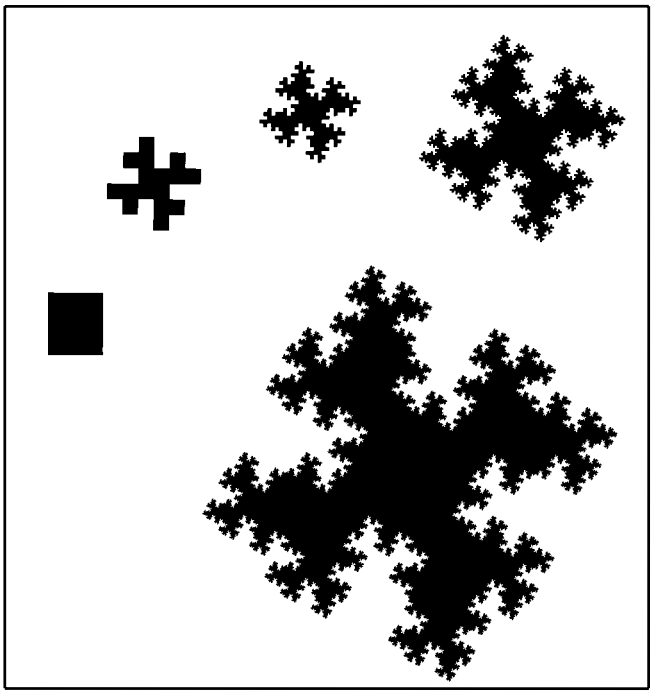
Ezt a dimenziószámot az alakzat partvonalának a különböző léptéktartományokban végzett lefedésének tulajdonságaiból konstruálták meg. Legyen a_1, a_2,...a_n azoknak a szakaszoknak a hossza, amelyekkel alakzatunkat az 1, 2, ...n-edik kicsinyítésnél (partvonalelemenként) le lehet fedni, úgy, hogy az 1,2,...n-edik kicsinyítésnél rendre N_1,, N_2 ,...N_n darab kell ezekből a szakaszokból a sziget-partvonal lefedéséhez. A lefedések számának vizsgálata azt mutatta, hogy elég finom fölbontásnál - elég tagolt partvonalnál, elég kicsiny a_n-nél - már az N_n darabszám az a_n reciproka hatványaként fejezhető ki:

$$N_n = (a_n^{-1})^D$$

Ezt a kitevőt tekintjük a fenti eljárással lefedhető fraktál dimenziójának.
D-t kifejezve a definícióból:

$$D = \frac{\log N_n}{\log(1/a_n)}$$

© Nemes Nagy József: A tér a társadalomtudományban
Kiadó: Hilscher Rezső Szociálpolitikai Egyesület „Ember-Település-Régió” Budapest, 1998



9.5. ábra Az 1,5 partvonal dimenziójú Kvadratikus Koch Sziget kialakításának első öt lépése.
(A negyedik fázis kétszeresére, az ötödik négyszeresére van fölnagyítva)
(Az ábra eredeti forrása *B.B. Mandelbrot 1977, 63.ábra*)

E dimenziószám tehát - és erről nyerték e struktúrák a nevüket is - általában törtszám. Fejezzük ki a dimenzió jelentését a fraktálkonstrukció egy lépésében végrehajtott algoritmussal is:

$$D = \frac{\log\,(\text{a kiindulási partszakasz helyén egy lépés után létrejövő új partszakaszok száma})}{\log\,(\text{a kiindulási partszakasz hossza hányszorosa egy új partszakasz hosszának})}$$

A példánkban bemutatott konstrukciónak, amelyet első leírójáról Kvadratikus Koch Szigetnek neveznek, a partvonal dimenziószáma:

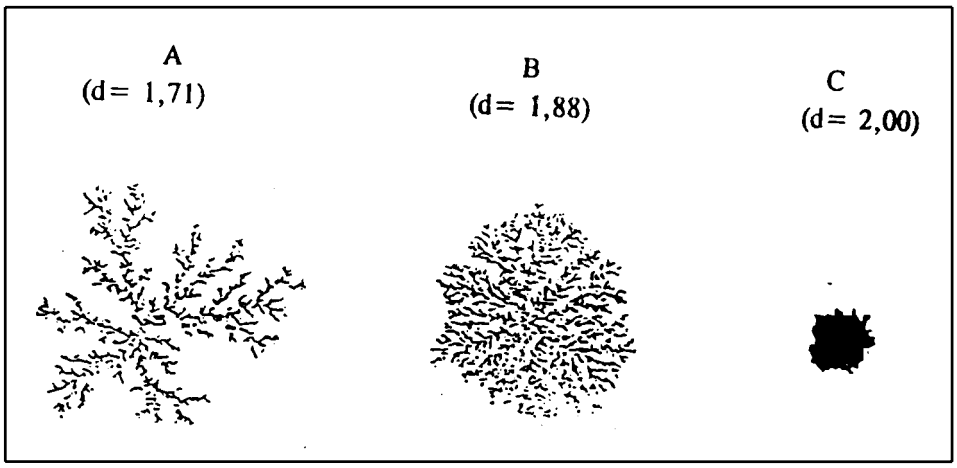
$$D = \frac{\log_2 8}{\log_2 4} = \frac{3}{2} = 1{,}5$$

Bérczi Sz. (1995, pp. 190-192.)

A regionális tudomány szempontjából az is kardinális jelentőségű lenne önmagában, hogy a természet bonyolult alakzatai egzakt matematikai leírást kaphatnak. Ezen túlmenően azonban a fraktál fogalma és a különböző fraktál-modellek újraélesztették a térbeli alakzatok kutatásának a geometria bázisán kifulladni látszó lehetőségeit, illetve megtörték azt a szemléletet, ami a térfolyamatokban a szabályszerűségeket szinte automatikusan geometriai szabályosságokhoz kapcsolja. Mára már ott tartunk, hogy a vizsgálatok igazolták, hogy nemcsak a természet alakzatai, hanem olyan össszetett társadalmi folyamatok, mint a városnövekedés (*Batty, M. - Longley, P. 1994*) vagy a különböző hálózatok növekedési folyamata is jól közelíthető a fraktálmodellekkel. A *9.6. ábrán* felismerhető a települési (városi) tér besűrűsödésének folyamata. E modellben - szemben a mintapéldában szereplő esettel - nem az alakzat körvonala, hanem a lefedett tér a fraktáltermészetű, s a megadott értékek is ennek dimenzióját jelentik.

© Nemes Nagy József: A tér a társadalomtudományban
Kiadó: Hilscher Rezső Szociálpolitikai Egyesület „Ember-Település-Régió” Budapest, 1998

Egy adott síkbeli alakzat (pl. folyóhálózat, beépített terület a városokban) fraktál-dimenziójának meghatározása a gyakorlatban az ún. *cellaszámlálás* módszerével történik úgy, hogy az alakzatot egyre sűrűbb (egyre kisebb élhosszúságú) négyzetráccsal fedik le, s megszámolják az alakzat részeit tartalmazó cellákat. Egy kétdimenziós síkidom esetében, ha 1/n-ed részére csökken a rácsban a négyzet élhossza, akkor az alakzatot tartalmazó cellák száma n négyzetével növekszik. A fraktálok esetében a növekmény hatványkitevője - a fraktáldimenzió, d - kisebb lesz kettőnél. A pontos dimenziószámot a mintapélda elméleti esetében szereplő logaritmikus arány adja meg, ami a mérési pontatlanságok és a konkrét alalakzatok egyedisége miatt azonban nem determinisztikus, hanem csak regressziós becsléssel számítható.



9.6. ábra. A térbeli növekedés szimulációja fraktál-modellel

(Három különböző fraktáldimenziójú (d) alakzat - *Fotheringham, A. S. et al.1989* alapján)

Bár a fraktálok matematikailag megkonstruálhatók, szimulálhatók, s nagyon sok, az élet legkülönböző területéről vett példa jelzi a fraktálalak elterjedtségét, ma még nem ismertek azok a mechanizmusok, amelyek kiváltják ezek létrejöttét. A fraktál-modellezés társadalmi alkalmazása természetesen számos kérdést is felvet. Az önhasonlóság kritériuma a társadalmi rendszerekben például csak nagyon formálisan értelmezhető, hisz a hálózatok különböző szintjein zajló folyamatok nagyon eltérő tartalmúak. Pozitívra fordítva a kételyt, itt persze épp az lehet az érdekes, hogy a teljesen eltérő tartalom és funkciók vezetnek hasonló konfigurációhoz, ami nagyon általános és átfogó térszerveződési törvényszerűségek létét sejtteti.

A fraktálmodellezés viharosan fejlődik, a belátható időben áttörés várható a legkülönbözőbb társadalmi térbeli folyamatok és alakzatok fraktálokkal történő leírása terén. Hazánkban a fraktálgeometriának a társadalmi tértudományokban való alkalmazása még a kutatók előtt álló feladat és lehetőség (a természetföldrajzi alkalmazások már elindultak).

© Nemes Nagy József: A tér a társadalomtudományban
Kiadó: Hilscher Rezső Szociálpolitikai Egyesület „Ember-Település-Régió” Budapest, 1998