

# Az osztályozás és a káoszelmélet

## A rendszer-, a káosz-, az osztályozás-, és az információelmélet találkozása a tudományok dobozai között

Giczi András Béla

A szerző az ELTE BTK Könyvtártudományi-Informatikai Tanszékének hallgatójaként 2001-ben különdíjat nyert az Országos Tudományos Diákköri Konferencián az *Osztályozás és a káoszelmélet* c. munkájával, melyet 2001 augusztusában a könyvtári szaksajtó is bemutatott. 2002-ben tovább foglalkozott e témával, újabb ismereteit szakdolgozatában összegezte. A szakdolgozat szerkesztett változatát adjuk most közre.

*Ha kinyitod a dobozt / lelsz benne egy kisebb dobozt;  
ha azt a kisebbiket is kinyitod / akkor abban egy még kisebb dobozban  
egy nála is kisebb dobozka van. / Figyelem! Ez kissé nehezen nyílik,  
célirányos a hüvelyk- és mutatóujjad közé fogva / finoman benyomni az oldalát.  
No most, hogy elboldogultál ezzel a dobozzal, / akkor egy egészen kicsike dobozban  
megtalálod, amit olyan régóta keresel. / Most viszont, ha becsuktad a legkisebb dobozt  
ügyeskedned kell a nagyobbik dobozzal / de ha az oldalát finoman benyomod  
akkor simán rácsúszik a tető, / te pedig a nagyobb a még nagyobb, és a legnagyobb dobozt  
most már könnyűszerrel becsukhatod, / de azért ne bízd el magad,  
és mielőtt nekikezdenél, / hogy újra kinyitogasd a dobozokat,  
egy percig megpihenhetsz.*

*Örkény István: Türelemjáték (Példázatok, 1972.)*

## 1. A káosz

### 1.1. Mítoszból – tudomány

A Káosz jelentése a görög mitológiában tátongó üresség, és a történetek szerint belőle származott a Kozmosz, a mindenség. Hesiodos<sup>1</sup> úgy fogalmazta meg, hogy a Káosz a mindenség teremtésének kezdetén meglévő üresség, nem istenség, inkább a világ állapota. Két gyermeke született Káosznak, Erebos és Nyx, a két sötétség.

Pitagorasz már úgy értelmezi a káoszt, mint minden elemek kusza összevisszaságát. A 'négy elem'

tanából kiindulva úgy tartotta, hogy a Kaosz korában már jelen volt a világban minden eleme Kozmosznak, ám azok nem rendben, hanem összevisszaságban álltak.

Az ókori Rómában a Kaosz már kizárólag ilyen tartalommal rendelkezik, Ovidius így fogalmaz:

*„Tenger s föld, s mindent takaró égboltnak előtte mind e világ kerekén egyarcú volt az egész nagy természet: chaos, így hívták: csak nyers kusza halmaz; / csak tunya súly: egymásra sodort, s még össze nem illő / magvai nem jól összetapadt elemek tömegének. [...]”*<sup>2</sup>

Tehát a világ teremtéséről ő is úgy vélekedett, hogy az anyagnak már léteznie kellett az előtt, hogy az általunk ismert formáját felöltötte volna, ám összekavarodva.

A kaosz fogalma az 1970-es évekig ezzel a tartalommal volt jelen, és került be az európai nyelvek egyikébe, amikor ismét új jelentéssel ruházta föl James Yorke, a Marylandi Egyetem Fizikatudományi és Műszaki Intézetének vezetője.<sup>3</sup>

Yorke egy olyan tudomány nevéül választotta, amely akkoriban még nemcsak a nevét, hanem a helyét is kereste. A névválasztás olyan folyamatok vizsgálatára utalt, melyek végkimenetelei előre jelezhetetlenek vagy teljességgel kaotikusnak látszottak.

A tudomány maga mindössze ötven éves, pontosabban ennyi ideje foglaloznak vele célirányosan a kutatók. A kaoszelmélet által összefogott számtalan teória, vizsgálat és kutatás azonban mindig is jelen volt a modern tudományosságban, csak rejtve, kevés visszhangot és publicitást kapva.

## 1.2. A kaoszelmélet születése

Mi a kaoszelmélet? James Gleick így fogalmaz: *„A kaosz ott kezdődik, ahol a klasszikus tudomány végét ér. Amióta a fizikusok a természet törvényeit kutatják, mindig valami különös tudatlanság lengte körül a légkörben, a viharos tengerben, az állati populációkban, a szív- és az agyműködés ingadozásaiban felbukkanó rendezetlenséget. A természet sza-*

*bálytalan, nem folyamatosan változó része rejtély, sőt szinte rettenetes dolog volt a tudományban. [...] Ma a tudomány úgy tartja, hogy a kaosz mindenütt jelen van. A felszálló cigarettafüst heves örvényekre bomlik szét, a zászló ide-oda csapkod. A csapból kicsurranó víz állandósult alakzatból bizonytalanba megy át. A kaosz megjelenik az időjárás változásában; abban, ahogyan a repülőgép viselkedik a levegőben; abban, ahogyan az autók összetorlódnak az autópályán, sőt abban is, ahogyan az olaj áramlik a föld alatti vezetékekben. Mindegy, milyen a közeg, viselkedését ugyanazok az újonnan felfedezett törvények szabják meg. E felismerés nyomán az üzletemberek kezdték másként elbírálni a biztosítási kérdéseket, megváltozott a csillagászok vélekedése a Naprendszeréről, csakúgy, mint a politológusok felfogása a fegyveres konfliktusokhoz vezető feszültségekről.”*<sup>4</sup>

Az idézetben leírt, az 1980-as évek végén megfogalmazott tudományos szerkezet ma már némi korrekcióra szorul. A kaoszelmélet mai rendszere, a következőkben látja és határozza meg a kaotikus viselkedés mibenlétét. E szerint ez egy olyan folyamat, amely során valamekkora időegység alatt egy kevés kezdeti változóval rendelkező rendszer viselkedése kaotikussá válik.

Az emberiség a világot és annak működési folyamatait vizsgálva már a tudományok születésének hajnalán úgy vélekedett, hogy az egyszerű, vagy annak látszó események egyszerű megoldást szülnek, míg a bonyolult eredőjű események kusza eredményt hoznak. Szakszerűbben szólva: ha egy természeti vagy mesterségesen előidézett folyamat egyszerű alapokon nyugszik, vagyis kevés elem/tulajdonság határozza meg, akkor egyszerű eredményre jut, míg egy sok összetevőből álló folyamat valószínűleg csak még zavarosabbá válik.

Ezen szemlélet legjobban a természettudományok iskolai oktatásában érhető tetten, ahol úgy van jelen, hogy egy fizikai példa megoldásakor a tanár az úgynevezett ideális feltételek meglétét feltételezve jár el. Ennek komoly előnye, hogy a diákok a példa

megoldása közben megismerik a logika vagy a kép-  
letek használatát, és nem a „valódi” probléma köti  
le a figyelmüket. A tudósok szintén ezt a módszert  
alkalmazzák. A laboratóriumi körülmények között  
(ahol megközelítőleg valóban léteznek az ideális vi-  
szonyok), a kísérleteket és azok számításait is a  
séma szerint végzik.

Azzal azonban tisztában vannak, hogy a valóság-  
ban soha sem lennének képesek előállítani az ideá-  
lis körülményeket, de a világ megértésének és fel-  
térképezésének ez a módja immár több ezer éve –  
már az ókorban, a természetfilozófusok korában is  
ez volt –, hatékonyan működik.

Lassan a tudósok olyannyira elsajátították ezt a lec-  
két, hogy végül megtanulták nem látni a káoszt.

A tudománytörténetben többször előkerültek azon-  
ban olyan elméletek, amelyek egy-egy tudós önálló  
kutatásainak eredményei voltak. Olyanoké, akik  
megpróbálták újra meg újra a tudomány (ember-  
kéz alkotta) színpalái mögött megtalálni a valódi fo-  
gaskerekeket. Ilyen volt többek között *Jules Henri  
Poincaré*, aki a múlt század elején a legpontosab-  
ban közelítette meg a káosz fontosságának miben-  
létét. Művében, a *Science et Méthode*-ban egészen  
pontosan körülírja azt a problémát, hogy bár elmé-  
letileg, ha megismerhetjük a világegyetem állapotát  
egy adott pillanatban, akkor meg tudjuk azt is mon-  
dani, mi várható a következőben, de a kezdeti álla-  
potot csak közelítőleg ismerhetjük.<sup>5</sup> A pontos, min-  
den részletre kiterjedő megismerés, a világ esemé-  
nyeinek előrejelzése, tehát nem lehetséges.

A 20. század elején más kutatások is hasonló, meg-  
lepő eredményt mutattak, mint például *Werner  
Heisenberg* munkássága, aki a határozatlansági relá-  
ciót vezette be a magfizika területén, ami máig meg-  
határozó elmélete az atomfizikának. A tétel lénye-  
ge, hogy két atom magfúziója során az elemi ré-  
szecskéknek nem lehet egyszerre meghatározni a  
sebességét és a helyzetét. A részecskék negatív tölté-  
sű elektronjai taszítani kezdik egymást, mikor az  
atommagok közelednek, így elvileg nem jöhetne lét-  
re a magfúzió, ám ez mégis bekövetkezik.<sup>6</sup> Ez az

alagútjelenség, egy olyan kiskapu, ahol a káosz be-  
férkőzik a megoldási képletbe, és átsegíti az emberi  
gondolkodást a felmerülő akadályon.

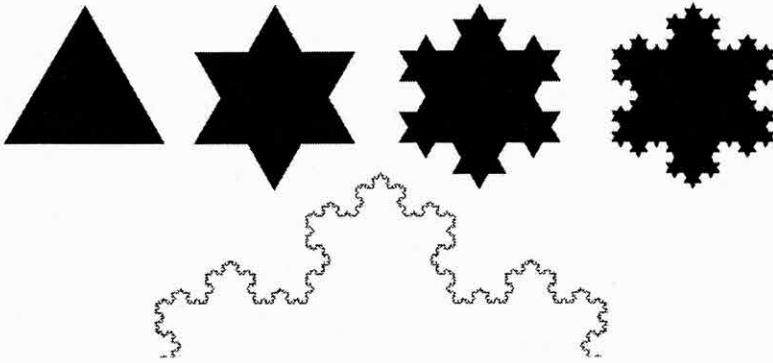
Heisenberg nem kereste a jelenség okait, ez mégis  
egy nagyon fontos dologra hívta fel a figyelmet: a  
kicsiny, elhanyagolhatónak tűnő folyamatok, ener-  
giakvantumok, hatások (az ő esetében az atommag-  
ban ható erők) döntően befolyásolhatják a rendsze-  
rek viselkedését. Ez a káoszelmélet egyik sarkala-  
tos pontja, a kicsiny hatások módosító ereje az  
egész rendszer viselkedésére.

A káoszkutatásban már az első pillanatban fontos  
volt a leképezés, a megfigyelt folyamatok megjeleni-  
tése. Ennek előfutárai azok a geometriai jelensége-  
ket vizsgáló tudósok voltak, akik speciális görbé-  
ket, síkidomokat, testeket próbáltak megérteni; ám  
ezekről nemegyszer kiderült, hogy sík- és térele-  
mek keverékei.

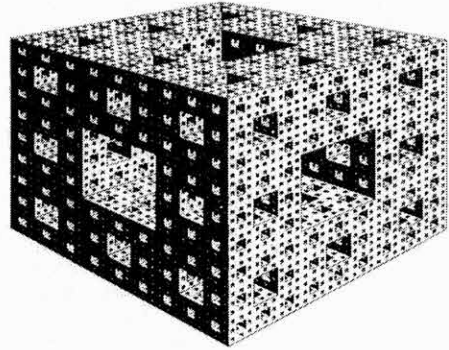
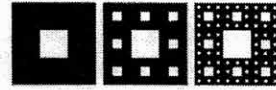
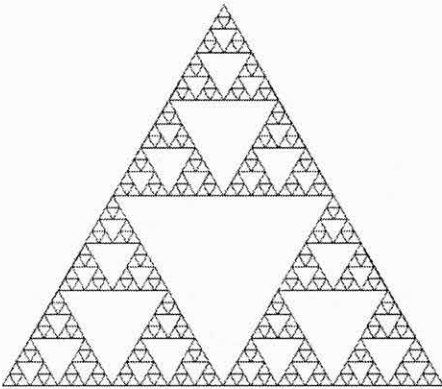
1904-ben<sup>7</sup>, *Helge von Koch* svéd matematikus írt le  
egy olyan síkidomot melynek szerkezeti alapja egy  
egységnyi oldalú háromszög. A geometriai transz-  
formáció során mindig ugyanazt tesszük a síkidom-  
mal: minden oldalára egy egyharmad oldalhosszú-  
ságú háromszöget helyezünk, az ábrán látható mó-  
don. (1. ábra) Ezt elméletileg a végtelenségig ismét-  
telhetjük. A végeredmény egy olyan síkidom lesz,  
amelynek kerülete végtelen, ám területe nem halad-  
ja meg a kezdő háromszög köré írható kör terüle-  
tét. Így egy végtelen vonal véges térrészben van je-  
len. Ez pedig – akárhonnán is nézzük – az euklide-  
szi matematika keretei között képtelenség.

Ha a síkidom köré egy kört rajzolunk, annak ívét  
nem lépi túl a kerülete, akármeddig is folytatjuk a  
geometriai transzformációt.

Egészen pontosan az egy-, kettő- és háromdimenzi-  
ós térben lehetetlen, ám ha feltételezzük, hogy létez-  
nek ún. törtdimenziók is, ahogy *Benoit Mandelbrot*  
tette<sup>8</sup>, akkor kiszámítható, hogy a síkidomunkat ha-  
tároló görbe nem egy, hanem 1,2618 dimenziós.  
Ilyen és ehhez hasonló geometriai „szörnyeket” má-  
sok is felfedeztek, mint pl. a *Sierpinski-háromszö-  
get*, vagy a *Menger-szivacsot* (2. ábra).



1. ábra  
A Koch-görbe



2. ábra  
A Sierpinski-háromszög, illetve a Menger-szivacs

Ezek a felfedezések és elfeledett elméletek a múlt század közepén egyre több kutatót foglalkoztattak. Egymástól elszigetelve, több tudományterületen jelent meg ez az új szemléletmód, ami egyre több hívet toborzott táborába.

A Sierpinski-háromszög, illetve a Menger-szivacs olyan sík- illetve téridomok, amelyek jellemzői hasonlóak, a síkot, illetve a teret nem töltik ki, ám a

kerületük, területük végtelen. Az ilyen síkidomok különleges tulajdonságainak tanulmányozása során fedezte fel Benoit Mandelbrot a hasonló tulajdonságokkal rendelkező, ám annál összetettebb szerkezetű ún. *Mandelbrot-halmazt*.

### 1.3. A paradigmaváltás

Az előzőekben már említettem, hogy a káoszelmélet paradigmája megváltozott az elmúlt ötven évben, így fontos szót ejteni a változás folyamatáról is.

*Thomas Kuhn*<sup>9</sup> paradigma-elmélete elvetette a tudományos forradalmakról, azok szerkezetéről szóló, a korábban fennálló elméletet, és feltételezte, hogy a tudományos fejlődés nem lassan és szisztematikusan következik be egy tudományágon belül, hanem egyszerre, akár több tudós munkája révén, – ahogy a könyve címe is utal rá – tör be a tudományos életbe. Ez a folyamat a káoszelmélettel kapcsolatban is ugyanígy zajlott le: közel egy időben kerültek a tudományos közvélemény elé annak a néhány kutatónak az eredményei, akik a forradalmat indították.

Az a természettudományos paradigma, mi szerint az egyszerű rendszerek egyszerű viselkedést, a bonyolult rendszerek bonyolult viselkedést mutatnak, évszázadokon át a tudományos vizsgálatok alapját képezte. A káoszelmélet hajnalán született meg az a felismerés, hogy az egyszerű rendszerek is mutathatnak bonyolult viselkedést. A '80-as évek káoszelméletének paradigmája értelmében már a bonyolult, sok elemből felépülő rendszerek viselkedését úgyszintén az egyszerű rendszerek bonyolult viselkedésének tanulmányozása alapján vélték megérteni. Tehát a bonyolult rendszerek értelemszerűen bonyolult viselkedést mutatnak, de ugyanakkor vizsgálhatóak és leképezhetőek. Így a régi tudományos paradigma – az egyszerű rendszerek csak egyszerű viselkedést mutathatnak –, megdőlt.

A '90-es évek második felére a káosztudomány körébe tartozó elméletek száma nagymértékben megnőtt, mely a tudományon belül szükségszerűen szakadáshoz vezetett; sokszor még olyan problémák megoldására is alkalmazták, amelyek kívül estek az elmélet keretein. Így született meg az új paradigma, közel ötven év alatt, amely beszűkítette azt a kört, amit a káosztudomány a területeként ezután

elismer, vagyis az olyan rendszerek viselkedésének vizsgálatára összpontosít, amelyek egyszerű kezdőfeltételekből kiindulva bonyolult viselkedést mutatnak, és mindezt egy időszoron nyomon lehet követni.<sup>10</sup> A bonyolult kezdőfeltételekkel rendelkező rendszer bonyolult viselkedésének vizsgálatát elvetették.

## 2. Az osztályozás

Az osztályozás az emberi gondolkodás alapvető folyamata. Ez az immár közel 3500 éves tudomány az emberi absztrakció egyik legkézzelfoghatóbb formája lett. Minden kor igénye volt az öröklött és a szerzett tudásanyag megőrzése és rendszerezése, ami különösen a tudományok vizsgálati tárgyainak, szempontjainak bővülésével vált fontossá.

Már az időszámítás előtti 1300-as évekből fennmaradtak az ismeretek rendszerezésének korai emlékei<sup>11</sup>. Az idők folyamán sokan foglalkoztak osztályozási rendszerek tudományos igényű megvalósításával, melyek kapcsán számtalan megoldás született.

Az osztályozás metódusa<sup>12</sup> – tükrözve az emberi gondolkodást – azon alapszik, hogy a minket körülvevő dolgokat hasonlóságuk alapján egymás mellé rendeljük, különbségeik alapján pedig egymástól elválasztjuk. És mi mindennek a leglényegesebb motívuma? Az, hogy a világ ilyen szemléletű feltérképezésének módszerét az ösztöneink, és nem a józan eszünk sugallja. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy az osztályozás folyamán ne használnánk józan ítélőképességünket. Annak fontosságát, hogy az emberi elme egyik legfőbb tevékenységének, az elkülönítésnek és a csoportosításnak a mozgatói ösztönösek, ha szabad így fogalmaznom, a természettől valók, dolgozatom folyamán igazolni igyekszem.

Az elme mind az új, mind a régről ismert fogalmakat, melyekkel találkozik, először absztrahálja,

majd csoportosítja hasonlókkal, vagy általánosítja, és végül megszületik elménkben a fogalmi kép.<sup>13</sup> Mit tesz valójában az osztályozás, a tudományos szintre emelt fogalom-megismerési folyamat? Kereket és formát ad annak a minden emberben meglévő módszernek, amit arra szolgál, hogy az egyes ember megtalálja a helyét a világban, hogy rendet tudjon tenni maga körül.

## 2.1. Az osztályozás iskolái

### 2.1.1. A tudományfelosztáson alapuló iskolák

Az osztályozás első iskolái erősen kötődtek az ókorra jellemző tudományos szemlélethez, a későbbiekben is a tudományfelosztáson alapuló iskolák alapvetően ezt a szerkezetet követték.<sup>14</sup>

Az osztályozási rendszerek között a legelterjedtebbek a tudományfelosztáson alapuló rendszerek. Bár a mai napig ez a forma határozza meg leginkább az osztályozást, alapvető problémája, hogy az ilyen rendszerek kezelése nem a legegyszerűbb, lévén hogy a struktúra kötött, a leggyakrabban hierarchikus, bár jól átlátható. Jellemzően iránymutató szerepe, haszna van.

### 2.1.2. A nyelvészeti iskola

A könyvtári osztályozás nyelvészeti irányzata a XX. században született meg.<sup>15</sup> Az alkalmazott eljárás már nem egy prekoordinált rendszerbe történő besorolás, hanem egy a dokumentumok által meghatározott flexibilis struktúra létrehozása. Ez a kevésbé önkényes, könnyen szerkeszthető rendszer lehetőséget ad arra is, hogy az osztályozással nem tudományos szinten foglalkozó felhasználónak is módja legyen eredményesen információt keresni.

E rendszer a szerkezetén belül már nem alárendelő, hanem mellérendelő struktúrában kezeli az osztályozás során felfedezett ismerveket és azokat kulcs- vagy tárgyszavakként egymás mellé helyezi, sorrendiség nélkül. (Egyes rendszerek esetén előfordul

azonban a hierarchikus szerkezet is, így például a tezauruszokban<sup>16</sup>.)

Egyes tudományok interdiszciplinárisává válásakor<sup>17</sup> fontossá vált egy olyan osztályozási rendszer leírása, – ellentétben a tudományfelosztáson alapulókkal – amely képes kezelni a közös határterületű tudományágakat. Erre alkalmas a nyelvészeti iskola.

### 2.1.3. A statisztikai iskola

A statisztikai iskola már a legmodernebb technológia által jött létre, mely lehetővé tette a szövegek tárolását és visszakereshetőségét a számítógépekben.<sup>18</sup> A statisztikai szövegelemzés módszerét felhasználó osztályozási rendszerek a legfiatalabbak az osztályozás irányzatai között. Előnyük, hogy a dokumentumok teljes szövegei mind az osztályozásban, mind az információkeresésben használhatóak. A számítástechnika fejlődése által látszik beteljesedni az osztályozás egyik fő célja, az objektív tartalomföltárás, amely a dokumentumok teljes szövegén keresztül valósul meg.

Az előzőekben felsorolt irányzatok, iskolák egy tőről fakadnak: mindegyik az emberi elme produktuma, tehát az az ősi természetes rendszerező elv működteti őket, mely mindig is jelen volt az emberi gondolkodásban.

Dolgozatomnak, jóllehet mindhárom osztályozási iskola rendszereinek működését vizsgálva keresi azokat a mozzanatokat, melyek a káosz valamely megnyilvánulásával kapcsolatban állhatnak, de mégsem ez az alapvető rendező elve. Miután a káosz a világ természetéből adódóan jelen van mindenben, aminek a természet változékonyságához köze van, így jelen kell lennie – ha rejtve is –, azokban a dolgokban, melyek az ember, a gondolkodásában természeti lény elméjében öltének testet.

Az utóbbi két évtizedben a társadalomtudományokban egyre inkább előkerült a káoszelmélet alkalmazásának lehetősége<sup>19</sup> mint elképzelhető és főként hasznos kutatási terület. A gazdasági vagy társadal-

mi folyamatok vizsgálata a káoszelmélet eszközeivel eredményesnek bizonyult. Az új vizsgálati módszerekkel – például a fraktálgeometriával – lehetővé vált a már ismert folyamatok új megközelítésből való elemzése.

A könyvtártudomány az elmúlt negyven év folyamán átalakult, és a dokumentumtól az információ felé fordult. Így mára már eggyé vált azzal az információtudománnyal, melyet a '60-as években megérintett a káosz elmélete.

Az osztályozás tűnik a könyvtártudomány területei közül a legalkalmasabbnak arra, hogy jelenségeit a káoszelmélet vizsgálati módszereivel írjuk le, lévén a káosz egyik legfontosabb tulajdonsága a folyamat- és rendszerközpontúság.

Mindezek alapján úgy gondolom, nem csupán a véletlen műve, hogy a káoszelmélet elemei, mint pl. a fraktálmélet, a pillangó-hatás, vagy a perióduskettőződés, feltűnnek az osztályozásban. Dolgozatom 5. fejezetben részletesen foglalkozom a kérdéssel.

### 3. Az interdiszciplinaritás

A tudományok felosztása, egymástól való elkülönítése az antik Görögországban még közel sem érte el a mai mértéket, a filozófia foglalta magába a tudományos diszciplínák mindegyikét. Idővel megindult a tudományok szétválása, lévén az emberi elme igénye az osztályozás, az eltérő fogalmak csoportosítása, s létrejöttek az önálló tudományterületek. Ez a folyamat a 20. századig átvált a tudománytörténeten. Az utolsó polihisztorok a reneszánsz korában tudták még annyira összefogni a tudományokat, hogy egy ember megbirkózhatott az eddigi ismeretek befogadásával. Érdekes, hogy éppen az ő munkásságuk nyomán indult meg a legdinamikusabban a tudományok fejlődése és izolációja.

Mára a tudományok között oly nagyfokú lett a diverzitás,<sup>20</sup> hogy egy anyatudományon belül, annak két eltérő ágában munkálkodó tudós inkompetenssé válik a másik kutatási területén. Annál gyakoribb azonban az a jelenség, hogy két tudományterületén ágai között létesül szoros kapcsolat. (Ilyen például a kvantumfizika, melyet már a gimnáziumokban is mind a fizika, mind a kémia keretén belül ismerhetnek meg a diákok.)

Így előfordulhat, hogy a születő tudományos felfedezések nem találják a helyüket a tudományfelosztáson alapuló rendszerekben, hiszen éppen a tudományok ötvözése révén születtek meg.

### 4. Rendszerelmélet

A rendszerelmélet tudományát szintén a modern kor vívmányai hívtak életre. A görögök filozófia- és természettudománya óta egyre világosabban fogalmazódtak meg az atomista, a mindent ízeire bontó tudományos-elemző gondolkodás jellemzői.<sup>21</sup> A tudományok története során egyre szerteágazóbb lett azok viszonyrendszere, struktúrája, és az egyes tudományterületek egyre távolabb kerültek egymástól.

Az atomista szemlélet azonban a 20. század elején elvesztette azokat az alapokat, melyeket a tudományok rendszeréről alkotott felfogás támasztott. A különböző tudományágak kutatási eredményei között hirtelen olyan összefüggéseket fedeztek fel, amelyek egyértelműen eltörölték az egyes tudományok addig éles határait.<sup>22</sup>

A század folyamán aztán kiforrott a rendszerelmélet, amely több új látásmódot is hozott magával. Egyrészt, az addig szaktudomány-specifikus kutatások mellett helyet kaptak az interdiszciplináris kutatások, másrészt megjelent a rendszerben való gondolkodás.<sup>23</sup> Minden másnál fontosabbá vált a rendszerkutatásokban az adott tudományág vagy a vizsgált jelenség struktúrájának megértése, nem az

elemi részek szintjén, hanem a mélyebb összefüggések terén. Fontos eredménye ezen kívül még a rendszerelméletnek, hogy vizsgálati tárgyait mint rendszert tekintették, melyek ugyanakkor egyben mindig egy nagyobb, nyílt és folyamatosan változó rendszer részei is.

A káoszelmélet fontos tulajdonsága, hogy a kaotikus viselkedések csak rendszerben vizsgálhatóak. Mégpedig nyílt rendszerekben, mivel a káoszelmélet leglényege voltaképpen az, hogy kaotikus viselkedést mutató folyamatok nyílt rendszerekként írhatók le.

## 5. A kapcsolat a rend és a káosz tudománya között

A következőkben az osztályozási rendszerek már említett három iskolájának egyes elemein keresztül szeretném bemutatni azt a teóriát, mi szerint az osztályozás dinamikus struktúráként és szellemi folyamatként egyaránt mint nyílt rendszer működik, s ebből következően kaotikus viselkedésminták jellemzik. Továbbá szemléltetni fogom, hogyan alkalmazható a fraktálmélet az osztályozás szerkezetére. Megvizsgálom az osztályozás alapjait meghatározó információelméletet, annak a káosszal már a '60-as évek óta fennálló kapcsolatát. Végül azt, hogy maga a rendszer hogyan védekezik a kaotikus állapot kialakulása ellen.

Az osztályozásban – lévén mesterséges rendszer – mesterségesen van jelen az a visszacsatolási rendszer<sup>24</sup>, amely a kaotikussá válás ellenében hat. S bár a természetes rendszerekben is jelen van ilyen „beépített korlát”, látni fogjuk, hogy mennyivel eredményesebben törekszik ez az ember által kialakított, ám szerkezetében mégis a természet sémáit követő rendszer a rend megteremtésére.

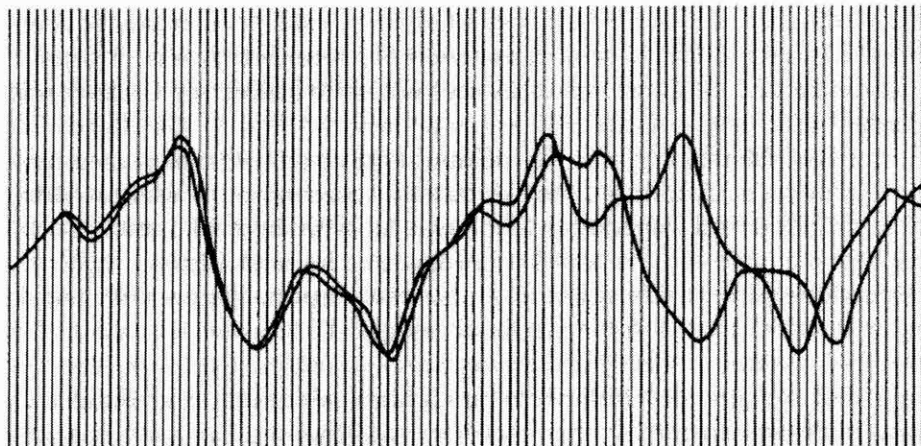
A könyvtári osztályozási rendszerek történetében az elsők a tudományfelosztáson alapuló rendszerek

voltak, melyek jellemző módon hierarchikus felépítésűek, kötött szerkezetűek, és sok esetben olyanra szerteágazóak, hogy azok csak a szakember számára átláthatóak. A dokumentumok tartalmi feltárásának szándéka mind nagyobb és egyre összetettebb rendszereket hívott életre. Ennek a folyamatnak döntő mozzanat volt az 1895-ben rendezett I. Bibliográfiai Kongresszus,<sup>25</sup> melynek résztvevői az Egyetemes Tizedes Osztályozás létrehozásáról határoztak. Ez azóta a legösszetettebb szerkezetű, legbővebb fogalomkészlettel rendelkező osztályozási struktúrává vált. Jóllehet, az ETO hierarchikus, tudományfelosztáson alapuló rendszer, mégis a mai napig az egyik leghatékonyabb tartalomfeltáró eszköz.

A káoszkutatás első állomása *Edward Lorenz* nevéhez fűződik, aki 1960-ban a Massachusettsi Műszaki Egyetem meteorológiával foglalkozó kutatócsoportjánál dolgozott.

Az akkori számítástechnika fejlettségi foka nem tette lehetővé az időjárás olyan kifinomult kutatását és előrejelzését, mint napjaink szuperszámítógépei. Lorenz egy olyan programot írt, amely az időjárás fő összetevőinek egymásra gyakorolt hatását 12 egyenlettel leírta, és ennek segítségével hozott létre fiktív, ám annál izgalmasabb időjárás viszonyokat a számítógép képernyőjén.<sup>26</sup>

A programot sok százszor lefuttatta, és elemezte az eredményeket. Egy alkalommal azonban nem a kezdő állapotot, hanem a vizsgált folyamat közepének adatait adta meg az egyenletrendszerben. A kapott eredmény Lorenz legnagyobb meglepetésére eltért a korábbiakban már lefuttatott számítások eredményétől, amikor a folyamat kiinduló adatait számoltatta tovább a géppel. Itt kell megjegyeznem, Lorenz kezdő adatai fiktív adatok voltak, ugyanúgy, mint a számítás közepén kapott eredmények. Az egyenletekbe most behelyettesített értékek más eredményt mutattak, mint korábban, amikor nem mint kezdőfeltételek szerepeltek. Illetve a számítás addig hat tizedes jegyig tartó számait ekkor már



3. ábra  
Lorenz időjárás-rafikonja

csak három tizedes jegyig táplálta be. Az eltérés hatására az időjárás képe a képernyőn drámaian megváltozott. (3. ábra)

Az időjárásban beállt változásokat Lorenz egy grafikonba sűrítette, majd a kapott görbét rávetítette az előző eredményre. Bár a változást az adatok apró eltérései okozták, mégis roppant nagy eltérés mutatkozott a két görbe között.

Lorenz a régi tudományos paradigma szerint úgy gondolkodott, hogy a kis hatások kihálnak anélkül, hogy befolyásolnák egy folyamat végbemenetelét. Ez az eset azonban felhívta a figyelmét arra, amit Poincaré még az 1900-as évek elején mondott a kis hatásokról<sup>27</sup>, és kutatni kezdte a felmerült probléma jellemzőit. Lorenz determinisztikus egyenletei nem foglaltak magukba véletlenszerű tagokat, így egyértelművé vált előtte, hogy a számokban kell keresni a „hibát”.<sup>28</sup> A görbéken megjelenített időjárás-változások egymásra illesztésekor Lorenz felismerte, hogy a kezdetben ugyanúgy viselkedő időjá-

rási görbék nagyon messzire távolodhatnak el egymástól.

Ezekben az években *Neumann János* is az időjárás-előrejelzéssel foglalkozott,<sup>29</sup> és megépítette e célból az első számítógépét. Meg volt győződve, hogy az időjárás hosszú távon előre jelezhető. Elképzelése szerint egy rendszer azon pontjait megtalálva, amelyeken felléphet az instabilitás, melynek kiszűrésével előrejelezhetővé válik minden – nem csak időjárás – folyamat. Neumann abban tévedett, hogy nincsenek kitüntetett tulajdonságokkal bíró pontok, lévén hogy egy nyílt rendszer minden pontján felléphet az instabilitás.

Lorenz kutatásai a kezdőfeltételekre való érzékenység felismerésével és a később *pillangó-hatás* néven híressé vált tétellel nem értek véget, innen a folyadékok turbulenciájának viselkedésnek vizsgálata felé fordult. Feltételezte, hogy a természetben fellépő kaotikus viselkedések voltaképpen nagyon finom struktúrát mutatnak. Számunkra azonban az első két tézis jellemző tulajdonságai az érdekesek.

## 5.1. A pillangó-hatás

„Okozhat-e egy pillangó szárnycsapása Brazíliában tornádót Texasban?”<sup>30</sup> – szölt Lorenz egy előadásának címe. Ebben problémák széles körére mutatott rá, melyek közül talán a legfontosabb a következőképpen kérdése. Egy természeti folyamat esetén a pillangó-hatás fellépésekor a vizsgált folyamat az előre megjósolt végeredménytől eltér. Az osztályozás során a fő cél az osztályozási tevékenység minél pontosabb végrehajtása, a dokumentum tartalmi feltárásának minél pontosabb megvalósítása, valamint a felhasználó információ-igényének minél eredményesebb kielégítése.

Amit a pillangó-hatás kapcsán a káosz megjelenéseként szoktunk emlegetni, azt a hétköznapi nyelv *hibának* nevezi. Azaz, amit hibának nevezünk, az tulajdonképpen nem más, mint az a kis hatás, amely egy előre nem látott pillanatban instabilitást okoz, vagy egy olyan kezdőfeltétel, amellyel nem számoltunk.

Az osztályozás folyamatában ez a következő két ponton léphet fel: az egyik a rendszer szerkezetének esetleges hibája, a másik az „emberi tényező” által okozott anomália. A rendszer hibája úgy jelentkezik, hogy a nagyon, olykor túlságosan szerteágazó struktúra több hasonló, ám mégsem teljesen megegyező módot kínál egy probléma megoldására. Például egy prekoordinált rendszerben – mint amilyen az ETO is –, a meghatározott struktúra bár ésszerű, mégis túlságosan összetett megoldást szolgáltat egy tartalomfeltárási kérdésre. A bírálók már az első évektől hangot adtak azon ellenvetésüknek, hogy az ETO rendszere sok helyen nem elég pontosan illeszkedik a tudományok szerkezetéhez. Ennek következménye lehet, hogy bár gyakorlatilag mindent le lehet írni az ETO fogalomkészletével (megközelítőleg kétszáz ezer fogalmat tartalmaz a teljes kiadás<sup>31</sup>), illetve a fogalomkapcsolási eljárás segítségével, azonban a még atomista tudományfelfogás hatására szerkesztett rendszer egy-

részt nem tükrözi a valóságot elég pontosan, másrészt a közös problémákkal foglalkozó társtudományok és a közös kutatási területeken érintett interdiszciplináris tudományok túlságosan távol helyezkednek el egymástól, és a kötött szerkezet miatt e távolság nem csökkenthető.

Az ilyen esetekben az osztályozó problémába ütközhet. Az újabban kialakult, hagyományosan az ETO-ban használt eljárásokkal nem leírható fogalomkapcsolatok révén a felmerülő problémák megoldására esetlegesen különböző módokat találhatnak az osztályozást végző személyek. Így az eredményes keresés akadályokba ütközik, a keresés során dokumentumok esnek ki a találati halmazból vagy irrelevánsak kerülnek bele, és az információk csak töredékesen, vagy egyáltalán nem jutnak el az olvasóhoz. Ennek elkerülése, illetve megelőzése az egyik fő célunk.

A második pont, ahol hiba léphet az osztályozás folyamatába, emberi eredetű. Az osztályozás, mint minden munkafolyamat során számolnunk kell ezzel a lehetséges hibaforrással is. Eredőit valahol a már említett emberi gondolkodás gyökereinél kell keresnünk, így a prevenció gyakorlatilag megvalósíthatatlan. A szerteágazó és asszociatív emberi gondolkodás,<sup>32</sup> ami különösen az olyan összetett szellemi munkát végző embereknél fontos, mint a könyvtárosok, sok hibalehetőséget rejt magában. Sajnálatos módon a rendszer működésének következtében egymásra épülnek e két hibaforrás „következményei”.

## 5.2. Érzékenység a kezdőfeltételekre

Az érzékenység a kezdőfeltételekre<sup>33</sup> az osztályozásnak azon fejlődési pontján érhető leginkább tetten, amely már a legmodernebb technológiát, azaz az automatikus osztályozást<sup>34</sup> használja a statisztikai iskola keretein belül.

E szerint a kezdeti feltételek döntően meghatározzák egy adott folyamat lefolyását. Ez esetünkben

szintén igazolható, hiszen az automatikus osztályozás folyamán a kezdeti tényezők határozzák meg az egyes klaszterek tartalmát.

Az osztályozásra szánt dokumentumoknak vagy egyszerűen szellemi munkával állítjuk össze az információs mátrixát,<sup>35</sup> a kulcsszavak sorrendjét, vagy a tárgyszójegyzéket a dokumentumok teljes szövegéből/címéből a számítógép emeli ki, és a stoplisták szerint szűri a tartalmilag irreleváns szavakat.

A folyamat során az első 10–15 dokumentum tartalmi jellemzői döntően meghatározzák a rendszerben a klaszterek tartalmi követelményeit. Így létrejön az alap tárgyszójegyzék, ami a továbbiakban a klaszter centroid-vektora lesz. A centroid-vektor a klaszterben már bent lévő dokumentumok vektorainak átlaga; minden új dokumentum vektorát ehhez hasonlítja a program.

Ha elég kicsi az új dokumentum vektorának és a klaszter centroid-vektorának közelsége, a már meghatározott klaszterbe kerül a dokumentum. Ha a dokumentum tartalmilag a már „beépített korlátozás” keretein kívül esik, akkor azt a program automatikusan egy vele megegyező tematikájú, új centroid-vektorral rendelkező osztályba helyezi el.

A találmásra kiválasztott 10 dokumentum tartalmi jellemzőiről nem tudjuk, hogy milyen irányt szabnak a centroid-vektornak. Megvan azonban az a lehetőségünk, hogy tervszerűen válasszuk ki az első néhány dokumentumot, amit felvesszünk a rendszerbe, vagy olyan kérdésklaszttereket<sup>36</sup> fogalmazhatunk meg, amelyek előre tematikusan szerkesztik a klaszterek viszonyát egymáshoz. Ez az egyszerű módszer nagyban segíti a munkánkat.

Mindemellett az ilyen módon létrejövő klaszterek a leginkább hasonlatosak a természet csoportjaihoz, valamint a dokumentumvektorok összeadódása a leginkább hasonló a természetes rendszerek működéséhez, amelyekben minden elem hatást gyakorol a másira, és az egész rendszerre egyaránt.

### 5.3. Káosz-játék

A káosz-játék segítségével a kutatók fel tudják mérni, hogy az adott viselkedés vagy folyamat fraktál-szerkezettel jellemezhető-e. *Fokasz Nikosz* leír egy egyszerű kísérletet, amely során egy ABC háromszöget és egy P pontot veszünk föl a síkon, majd egy véletlenszerű eljárással – mondjuk sorsolással – kiválasztjuk a háromszög egyik csúcsát, és a P pontból egyenest húzunk a kiválasztott csúcs és a pont távolságának felének hosszával. Ha többször megismételjük ezt a véletlenszerű irányválasztást, illetve a szakaszok meghúzását, a háromszögön belül hamarosan kirajzolódik egy, a Sierpinski-háromszögre emlékeztető szerkezet.

Az automatikus osztályozás folyamán véletlenszerűen, vagy tematikus csoportokban dokumentumokat osztályozunk, azok teljes szókészletének releváns szavai alapján. Tételezzük fel, hogy azt a folyamatot, amit a számítógép végez, a következő módon ábrázoljuk: az egyszerűség kedvéért vegyünk egy dokumentum-halmazt, amelynek elemei 3 kérdésklaszterben feltárhatók. Ezek lehetnek teljesen eltérő, vagy csak kis mértékben különböző témájú dokumentumok – ez a vizsgálat szempontjából nem meghatározó. A fent leírt kísérlettel analóg módon tekintsük az első dokumentumot a P pontnak. A tartalmának megfelelő klasztert megjelenítő háromszög-csúcs felé húzzunk egy szakaszt, amely hossza a P és az adott csúcs távolságának fele. Majd vegyük a következő dokumentumot, és miután a program besorolta azt a megfelelő klaszterbe, húzzuk meg a fél-szakaszt a csúcs felé. (Ez természetesen lehet az előző csúcs is.) A geometriai transzformáció minden dokumentumra vonatkozatható.

A folyamat egyértelműen úgy zajlik, mint a sorsolási módszer: nem tudjuk, melyik csúcs felé fordít minket a „következő kör”. Természetesen sokkal valószínűbbé is tehető a rendszer egyrészt azzal, ha háromnál több induló klasztert jelölünk ki – ez-

zel egy sokkal összetettebb fraktálszerkezethez jutunk, másrészt, ha nem előre határozzuk meg a klasztereket, hanem a rendszer maga generálja őket. Az első dokumentum meghatározza az első klasztert, a második a másodikat – feltéve, hogy a közelsége nagyobb, mint a megengedett –, és így tovább folytatva bármely dokumentum-csoport automatikus osztályozásakor előállítható egy specifikus fraktálszerkezet.

### 5.4. Periódus-kettőződés

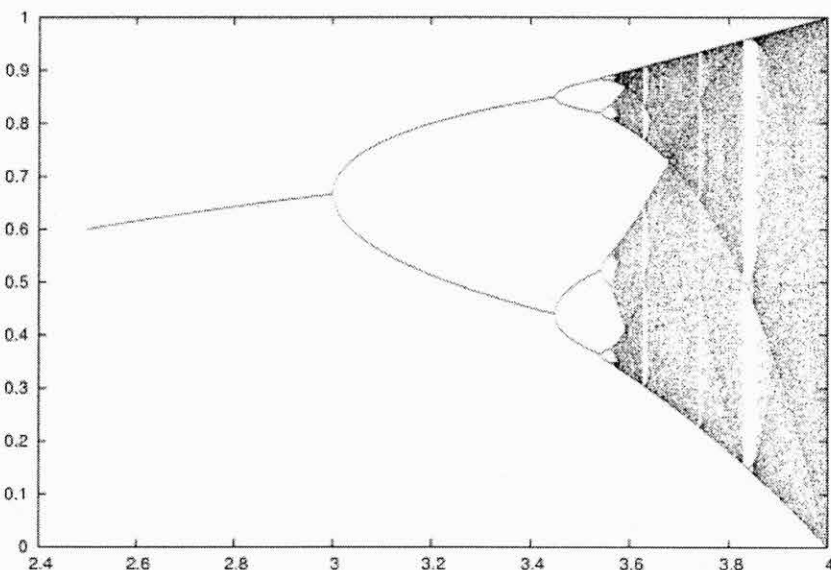
A pillangó-hatás kapcsán merül fel a periódus-kettőződés kérdése. A természeti folyamatok periódus-kettőződésével a matematikus-fizikus *Robert May*<sup>37</sup> foglalkozott. Az ő kísérleteiben a biológiai vagy organikus rendszerek periódusai addig kettőződtek, míg beállt egy átláthatatlan, kaotikus állapot.

Ha már egymástól függetlenül két jelzet áll rendelkezésre egy tartalom leírásához, akkor óhatatlanul előfordulhat, hogy később a hasonló tárgyú művek is a két halmaz valamelyikébe kerülnek be, és így a felhasználóban, de a rendszert működtető könyvtárosban is zavart kelhetnek. Olyan zavart, amire esetleg fel sem figyelnek. Ezt követően az osztályozás folyamán egymástól függetlenül két csoportba gyűlnek a dokumentumok, és a két jelzet között oszcillálnak. Elméletileg ez nem következhet be, hiszen az osztályozáskor minden új dokumentumot az alapok,

például az ETO-táblázatok szerint dolgozunk fel. Azonban az emberi emlékezet, az asszociáció és főleg a csoportosítás, óhatatlanul létrehozza a maga bifurkációit, hiszen nem hívjuk segítségül minden esetben az alkalmazott osztályozási metódus könyveit az egyes dokumentumok feldolgozása során. (4. ábra)

A káoszhoz több út is vezet, a bifurkációk kialakulása, vagyis a periódus-kettőződés *csak* egy lehetőség. A gyakorlati munkában előforduló hibák ehhez vezetnek el leghamarább, ám ez az a megjelenési forma is, ami a legkönnyebben orvosolható. A 4. ábrán megjelenő eset, vagyis a teljes kaotikus állapot beállása nem következik be, hála a folyamatos kontrollnak, illetve visszacsatolásnak.

A problémát már *Charles Ami Cutter* felismerte,<sup>38</sup> és szótárkatalógust szerkesztett kiküszöbölésére, valamint a fogalmak értelmezésének pontosítására. Ebből következik, hogy a természetes nyelveken alapuló rendszerek azzal, hogy például a tárgyszaz-



4. ábra  
A káoszhoz vezető út

vázó rendszerek a tárgyszójegyzékekben rögzítik a fogalmakat, kizárják ezt a hibalehetőséget. De egy nem előre rögzített, hanem bővíthető tárgyszójegyzék esetén újra fellép az önálló fogalomalkotás „problémája”, és újra kialakul a káosz.

Ez természetesen ilyen szélsőséges módon nem valósulhat meg az osztályozásban, hiszen ennél sokkal mélyebben szabályozott a rendszere. De megindulhat az a folyamat, amely ebbe az irányba sodorhatja. Az emberi tényező a félreértések és tévedések által okoz/okozhat hibákat. Ezek akár természetes nyelvi problémák is lehetnek, melyek ugyanolyan eredményre vezetnek, mint az osztályozás nyelvének más zavaró elemei. Jól példázza ezt egy számítógépes tárgyszó-katalógus tárgyszavának esete.

A tárgyszavak között szerepelt az „ISM” mint tárgyszó. Ennek a mozaikszónak két feloldása lehetséges: egyrészt Ifjúsági és Sportminisztérium, másrészt Integrációs és Stratégiai Munkabizottság. Ez egy adott keresés esetén nem szerencsés, mivel olyan dokumentumok is bekerülhetnek a találati halmazba, amelyek nem csökkentik az entrópiát. Éppen ellenkezőleg, hátráltatják a hatékony információkeresést.

A fejlődő, természetes nyelvekben az egyes lexémák jelentéstartalma folyamatosan bővül, s ez a természetes nyelvi osztályozási rendszerekben potenciális hibaforrást jelenthet. A hibák kiküszöbölése érdekében szükséges tehát, hogy a rendszeralkotók kiemelt helyen kezeljék az azonos alakú szavakat.

Kaotikus viselkedésminták kialakulása ellen a természet is védekezik, és sajátos korlátozó rendszert hoz létre minden biológiai organizmusban.<sup>39</sup> Az emberi elme alkotta mesterséges rendszerekben szintén jelen van ez a beépített „védelem”, amit visszacsatolásnak nevezünk. Ez a kontroll a rendszer minden pontján alkalmazható, és a korrigáló beavatkozás is minden esetben megvalósítható. A természetes rendszerekben fellépő káosz az esetek

többségében visszafordíthatatlan folyamatot indít el – mint például periódus-kettőződés esetén, vagy folyadékok keveredése közben –, melynek végeredményeképpen kaotikussá válik a rendszer viselkedése. Azonban a sokkal kevésbé összetett struktúrájú mesterséges rendszerekbe bármikor, bármely ponton beavatkozhatunk. Tehát a pillangó-hatás, vagy a periódus-kettőződés is megoldható probléma az osztályozásban, sőt gyakorlatilag elő sem kerül, hiszen az előzőekben felsorolt példák egyike sem jut el a kaotikus viselkedés állapotába.

Azért kell tehát minél nagyobb körültekintéssel eljárunk, és folyamatosan karban tartanunk a rendszert, mert az egyetlen eszköz, amivel megakadályozhatjuk a kaotikus állapot kialakulását, az az állandó visszacsatolás.

## 5.5. A látható káosz – a fraktálok

A fraktálok olyan geometriai idomok, amelyekkel modellezhetőek a környező világ önhasonló szerkezetei és folyamatai – mint ahogyan azt már láttuk a káosz-játék kapcsán az 5.3. fejezetben.

A káoszelmélet megjelenése óta mindig nagy hangsúlyt kapott az, hogy minél szemléletesebben ábrázolhatóak legyenek a kaotikus folyamatok. Így járt el annak idején Lorenz, amikor az időjárás-változás számoszlopait grafikonná alakította, vagy Robert May, a bifurkációk<sup>40</sup> leképezésével. Az önhasonló szerkezetek kutatása területén azonban Benoit Mandelbrot munkássága a legjelentősebb.

### 5.5.1. Benoit Mandelbrot munkássága

Mandelbrot nevéhez fűződik a *fraktál*<sup>41</sup> fogalmának megteremtése – ami a latin fractus (jelentése: töredezett) szóból született –, melyet tudományos tevékenysége során szinte minden tudományterületen ismerté tett.

Mandelbrot az IBM-nél dolgozott, ahol adatátviteli problémák megoldásával foglalkozott, melyek a Shannon-Weaver képlettel modellálhatóak voltak.

Nevezetesen az a probléma foglalkoztatta, hogy miként lehet információvesztés nélkül minél hatékonyabban kiszűrni az adatátviteli csatornából a zajt.<sup>42</sup> Ez a probléma vezetett el a – napjainkban már evidenciának számító – felismeréshez: ahhoz hogy az adatátvitel folyamán nagyobb pontossággal lehessen az információt átadni, nem szűrve, hanem redundánsan kell az adatokat az átviteli csatornába juttatni. (5. ábra)<sup>43</sup>

majd a többi szakasszal ugyanígy járt el. Elméletileg a harmadolás addig folytatható, mígnem létrejön egy diszkrét pontokból álló halmaz, amelyben az elemek száma végtelen. Mandelbrot ezeket a pontokat mint adatátviteli zajt értelmezte, és eloszlásuk jellemzőit használta fel az átvitel problémájának megoldására. (6. ábra)  
 Ez a ponthalmaz gyakorlatilag a Sierpinski-szőnyeg egydimenziós formája, mely a problémát a

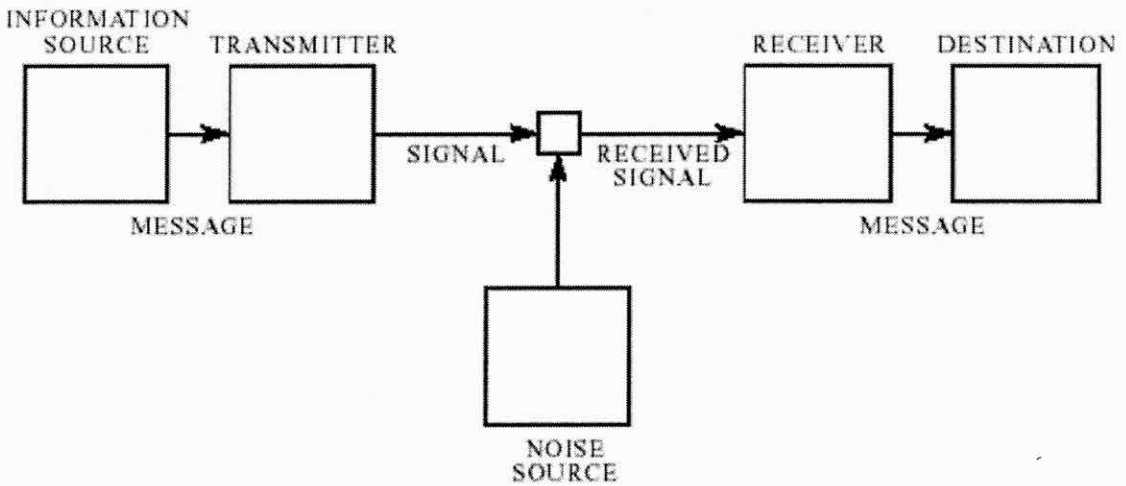


Fig. 1 — Schematic diagram of a general communication system.

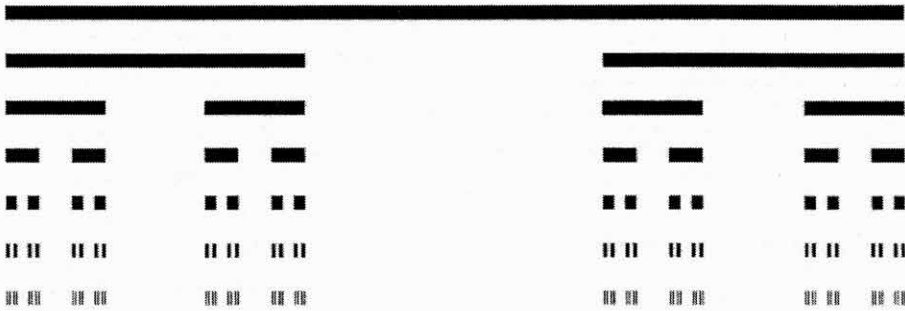
5. ábra

Shannon folyamatábrája

A folyamatábra Shannon eredeti dolgozatából származik. Címe magyarul: Egy általános kommunikációs folyamat sematikus leképezése. A képlet gyakorlatilag csupán modellezésre szolgált az elmélet mellett, ám önmagában annyira jól modellezi több hasonló tulajdonságú folyamat problematikáját, hogy az eredeti matematikai tartalom egyre inkább háttérbe szorult.

E jelenség felismerésében nagy segítség volt Mandelbrot számára a *Cantor-halmaz*,<sup>44</sup> melyet egy 19. századi matematikus ismert fel. *George Cantor* egy egységnyi szakaszt három egyenlő részre osztott, és eltávolította a középső egyharmadot,

legegyszerűbb szerkezetbe redukálja. Végtelen számú pontot feltételez egy szakasz hosszán, melyek elhelyezkedése nem véletlenszerű. Az eredeti képlet azonban olyan formula, amely nem jeleníthető meg grafikusán, így a fenti ábra pusztán jelzés értékű.



6. ábra  
A Cantor-por.

Lorenzhez hasonlóan úgy vélte, felfedezhető valamilyen rejtett struktúra a kaotikusnak látszó fel-szín alatt, s ennek alapján vizsgálta a természet szabálytalanságait. Mandelbrot úgy gondolta, a természet bármennyire is zavaros képet mutat, felfedezhető benne a rendezettség, melyhez nem magukból a testekből, hanem a formákból kiindulva juthatunk el. Ennek alapján született meg a fraktálgeometria, amely a káosztudomány meghatározó ága lett.

„Milyen hosszú Nagy-Britannia partvonala?”<sup>45</sup> tette fel a kérdést egy tanulmányában. Ez az egyszerűnek tűnő kérdés azért is érdekes a számunkra, mert például Afrika területe lényegesen nagyobb, mint Európáé, mégis Európa partvonala a hosszabb, hiszen Európa partvonala sokkal töredzettebb, rengeteg öböl és félsziget határolja. Ez az alapvető tény azonban ennek az új geometriai látásmódnak alapjául szolgált.

A Brit-szigetek partvonalának hossza is hasonló kérdést vet fel. Mandelbrot szerint a partvonal akár végtelen hosszú is lehet. Ha a hosszát kilométeres egységgel mérjük, minden bizonyonnal kisebb eredményre jutunk, mintha ugyanezt egy méteres-sel tennénk. Egy kilométeres mérési „pontosság” esetén sok olyan kiszögelés „veszhet el”, ami a mé-

teres egység használatakor már megjelenik a kisebb mérettartományban, növelve ugyanannak a körvonalnak a hosszát.

A fraktálgeometria ilyen módon modellezi a természet önhasznoló formáit, ám nem képes ezt jól megmagyarázni az euklideszi matematika hagyományos eszközeivel, lévén hogy nem a hosszúság-mértéken van a hangsúly, hanem azon, miként születnek a testek „szélei”, a testeket határoló fraktálvonalak. Mandelbrot így fogalmazott: „A felhők nem gömbök, a hegyek nem kúpok. A villám nem egyenes utat követ.”<sup>46</sup> Fontosnak tartotta például a villám irányváltozásai szerkezetének vizsgálatát, mert abban fedezhetőek föl a különböző mérettartományok önhasznoló szerkezeti elemei.

Mandelbrot számára a dimenzió fogalma bizonyult a legplasztikusabb eszköznek annak értelmezésére, miként szemlélteti a természetet az általa felfedezett fraktálszerkezet.

A fraktálgeometria elsősorban modellezésre született. Hozzásegít bennünket minden olyan rendszer és szerkezet viselkedésének, struktúrájának megértéséhez, amelyek önhasznóak, vagyis az egymást követő mérettartományokban is hasonló képet mutatnak.

A természeti formák szerkezete szinte minden esetben önhasznó. A páfrány levelei, a fa ágai és a levél ereze, a földrajzi formák mind-mind olyan szerkezetet mutatnak, amelyek a különböző méret-tartományokban vizsgálva, meghatározóan hasonló képet mutatnak.

### 5.5.2. A Koch-görbe és a tartalomfeltárás folyamata

Mivel a már említett Koch-görbe egy viszonylag egyszerű fraktálszerkezet, mégis elég szemléletesen tükrözi a méretarányok közötti ugrások során előkerülő szerkezeti hasonlóságot, ezért alkalmasnak tartom az osztályozás folyamatának szemléltetésére.

Az osztályozásban a feltártság mélysége szerint több fokot különböztetünk meg, ezek a következők:<sup>47</sup>

#### 1. A bibliográfiai leírás szintje

Ez esetben a formai azonosítás történik meg, néhány a tartalomra utaló elem fordulhat elő.

#### 2. Az osztályozás szintje

Ekkor egy fogalmi lánc készül a dokumentumról, amely segítségével olyan ismérvek gyűlnek össze, amelyek segítségével már tartalmi csoportosítást is végezhetünk.

#### 3. A referálás szintje

A referátum egy átlagosan 500–1000 nyomdai n terjedelmű szöveg, amely a dokumentum lényeges tartalmi jegyeit összegzi.

#### 4. A tömörítvény szintje

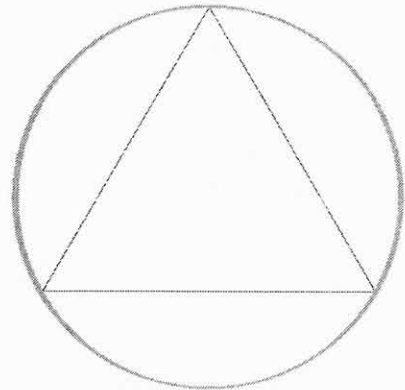
Ez a szint már gyakorlatilag a dokumentumot képes helyettesíteni, annak tartalmát teljes értelmi egységében visszaadhatja.

#### 5. A szemle szintje

A szemle egy tartalmi elv szerint akár több hasonló témájú mű feldolgozását is magában foglalhatja. De ami számunkra ennél is fontosabb: terjedelmében meghaladhatja az eredeti művet/művet.

A továbbiakban Koch-görbe segítségével szeretném szemléltetni, hogyan lehet a fraktálgeometriával az osztályozás folyamatát modellezni.

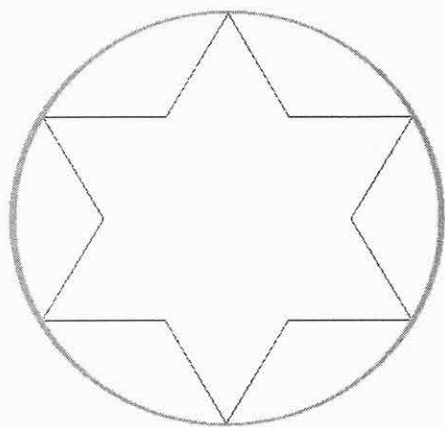
Az ábrán látható kör jelképezi a tartalmi feltárással szánt dokumentumot.<sup>48</sup> Az első lépés a legegyszerűbb információk, nevezetesen a bibliográfiai információk feltárása. Ez úgy jeleníthető meg, hogy a körön belül felvesszünk egy egyenlő oldalú háromszöget. Ez átfogó adatokat ad a dokumentumról, de ahogy az ábra is mutatja, nem fejezi ki a dokumentum teljes információértékét, még megközelítőleg se. (7. ábra)



7. ábra  
A bibliográfiai leírás szintje

A második lépésben a tartalomfeltárást hajtjuk végre. Az ábrát tovább módosítva a háromszög oldalaira egy egyharmad oldalhosszúságú háromszöget helyezünk. Az így kapott síkidom csúcsai már több ponton érintik a dokumentumot jelképező kört, hiszen a tartalomfeltárást ezen fokon még közelebb kerülünk a dokumentum tartalmának pontosabb megismeréséhez. (8. ábra)

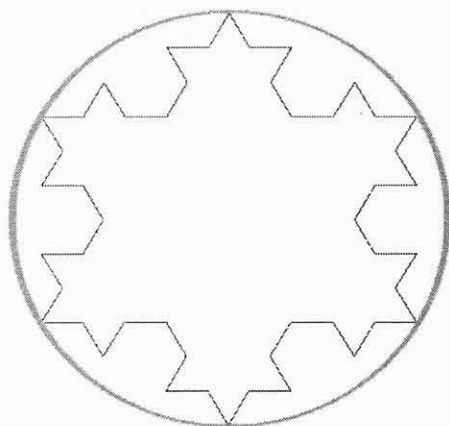
Folytatva a geometriai transzformációt, tovább növeljük a sokszögünk oldalainak számát. Nevezzük ezt a lépést a referálásnak. Most már egy egész pon-



8. ábra  
A tartalomfeltárás szintje

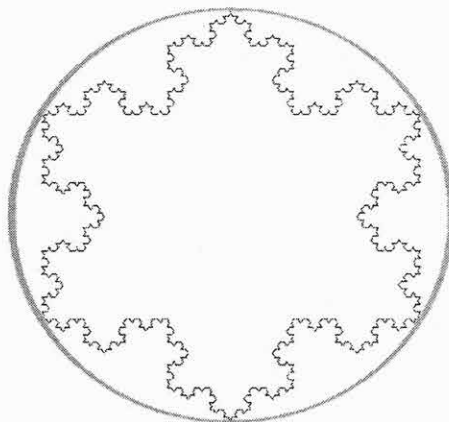
tos kép áll rendelkezésünkre a dokumentumról, és ezzel ismét egy lépéssel közelebb kerültünk az eredeti dokumentumhoz, mind térben, mind pedig tartalmilag. (9. ábra)

Ugyanezt a geometriai transzformációt kisebb méretarányokban alkalmazva újabb szintre érünk, így



9. ábra  
A referálás szintje

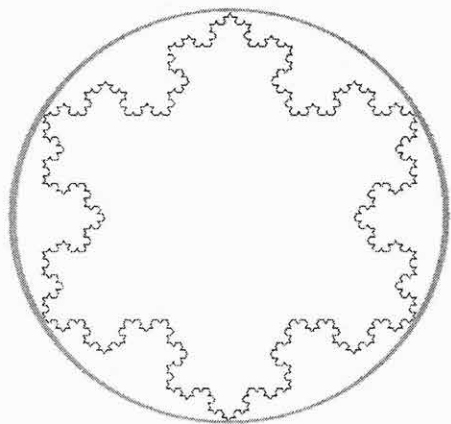
a feltárásban létrejön a tömörítvény, ami már tartalmában nagyon hasonlít az eredeti dokumentumra, és a képe is egyre inkább „kerekedik”. (10. ábra)



10. ábra  
A tömörítés szintje

Ezt a geometriai transzformációt a végtelenségig ismételve egy roppant különös tulajdonsággal rendelkező síkidomhoz jutunk. Ennek területe még mindig a körön, vagyis az eredeti dokumentumon belül van, vagyis az osztályozott dokumentum tartalmától nem térünk el. Ha ugyanis a körre illeszkedne a Koch-görbe, akkor ezzel pontosan az eredeti dokumentumot adnánk vissza, ez azonban nem célja az osztályozásnak. Az „osztályozás síkidomának” kerülete azonban végtelen, és ezzel átlépjük a 3 dimenziós tér határait. (11. ábra)

Mit jelent ez? Előfordulhat, hogy a szemle az eredeti dokumentum terjedelmét meghaladja. Tegyük fel, hogy valaki tanulmányt ír egy irodalmi műről, mondjuk egy versről – nem osztályozási céllal. Az elemző mű terjedelme nagyobb, mint maga az elemzett mű, mégis betartja azt a kritériumot, hogy kizárólag az adott dokumentumot vizsgálja.



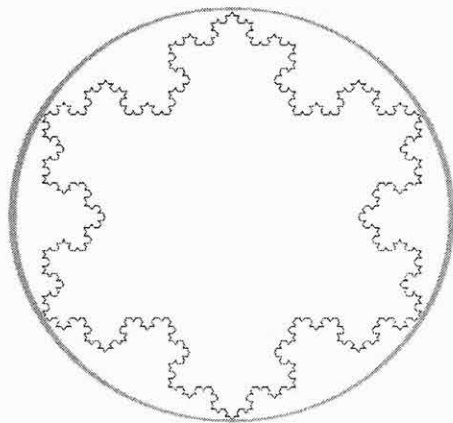
11. ábra  
Az osztályozás síkidoma

Az osztályozás görbéje a köré írható körön belül helyezkedik el, míg a hossza – elméletileg – akár végtelen is lehet, vagyis túllépi a dokumentum fizikai és tartalmi kereteit. Ezt az ellentmondást jól szemlélteti a Koch-görbe, ami képes arra, hogy a végtelen vonalat véges térrészbe sűrítse.

Így a törtdimenzió értelmet nyert, hiszen gyakorlatilag arról van szó, hogy a tartalmi feltárás eredménye valahol a céldokumentumban fellelhető végtelen fogalmi téren belül foglal helyet, azonban összetett és bonyolult formában, így az hagyományos módon nem feltérképezhető. Gyakorlatilag túllépi a dokumentum kereteit, ám sosem fordulhat át teljesen más területre. Ezért a dokumentumot „meghaladó” tartalmi feltárás szükséges, hogy mélyebb szerkezetben mutakozzon meg, például egy törtdimenzióban.

Hol a határ? Ez a kérdés az elmélettel kapcsolatban arra utal, hogy milyen képet rajzol a kitüntetett szemantikai jellemzők halmaza a szemantikai mezőben. A megfelelő leképezési módot minden valószínűség szerint a Mandelbrot-halmaz, vagy valamely

rokon-alakzatának képében találjuk meg. (12. ábra)



12. ábra  
A Mandelbrot-halmaz mélystruktúráját, körvonalának szerkezetét többféle fraktálszerkezetű ún. Júlia-halmaz alkotja. Együttesük képezi a felfedezése óta már fogalomná vált alakzatot.

Virtuálisan, a számítógépek memóriájában úgy áll fel egy dokumentum képe, hogy akár 10–12 dimenziós térként is kezelheti a számítógép a dokumentum jellemzőit.<sup>49</sup> Az emberi elme erre nem képes – vagy mégis? –, leképezni pedig sokszor nem tudjuk, nem szoktuk. Ezért szerencsés, hogy rendelkezésünkre állnak a törtdimenziók. Az osztályozás bármely formája felírható egy összetett szerkezetű fraktálként, amely csupán annyiban tér el a természetitől, hogy építőelemek száma véges, de van annyira bonyolult, hogy ez ne legyen észrevehető.

A matematikai paradoxon feloldására vezette be Mandelbrot a fraktál- vagyis törtdimenzió fogalmát. Az elmélet szerint a természeti formák felszíne, körvonala mind-mind olyan jegyeket mutat, amelyek – ahogy a Koch-görbe is –, minden mérettartományban azonos szerkezetet sejtetnek. Így

azonban a természet bonyolult formavilága egyszerű rendezett szerkezetűvé válik.

Mandelbrot követői keresni kezdték a tudományok között a fraktáljellemzők felbukkanását. A legkülönbözőbb helyeken letek rájuk, így például a közgazdaságtanban, vagy a szociológiában – hogy a természettudományoktól elrugaskodjunk kicsit.

*Csepeli György* szociológus egy cikkében megemlíti,<sup>50</sup> hogy egyes politikai események bekövetkezésére néha a történelem eseményeinek kaotikus szerkezetét kutató tudósok még azok bekövetkezése előtt felhívják a figyelmet. Ám a káosz kutatás ezen ága sem tudja megmondani előre, mi fog történni, de a szerkezet ismeretében előre jelezhető valamely esemény közelgő bekövetkezése.

A káosztudományból a fraktálok végtelen formavilága bővülte el leginkább a laikusokat. (13. ábra)



13. ábra

A fraktálok egy lehetséges formája

Mandelbrot fraktáljai azóta a tudomány emblémájává váltak.

## 6. Információelmélet és a káosz

Mivel az osztályozáselmélet egyik legelemibb egysége az információ, és mert korunkban kiemelkedő szerepet játszik az információelmélet, nem tekinthetünk el e téma tárgyalásától.

*Claude Shannon* és *Warren Weaver* a '40-es évek végén alkották meg a mára már több tudományba beépült elméletüket, melyet *A kommunikáció matematikai elmélete*<sup>51</sup> című tanulmányukban fogalmaztak meg. Az írás, mely később az információelmélet alapjává vált, azt elemzi, hogy az információ átadása során az adó és a vevő fél között milyen az információ áthaladása, és azt, milyen akadályok állnak/állhatnak a megértés útjában.

Az átvitel folyamán az információ esetleges sérüléseért a zaj, az elmélet fókuszában helyet foglaló probléma a felelős, így például a nyelvészetben a nyelvi akadályok, az elektrotechnikában az ellenállások. Azt, hogy a zaj milyen gyakorisággal jelentkezik, már *Benoit Mandelbrot* is vizsgálta, s felismerte, hogy a probléma leghatékonyabb megoldása – mivel a zaj soha sem szűrhető ki teljesen – az információ redundánsá tétele.

Az információelmélettel a Dinamikai Rendszerek Csoport tagjai, *Robert Shaw* és munkatársai is foglalkoztak. Ők azt vizsgálták, hogy a kaotikus viselkedés miként eredményez információnövekedést egy önmagáról folyamatosan információt közvetítő rendszerben.<sup>52</sup>

Az a rendszer, amely mindig ugyanolyan viselkedést mutat, mindig azonos információt közvetít magáról. Így például, a folyó vízben keletkező örvények mindig egy helyben állnak egy bizonyos átfolyási sebességnél. Az örvények statikusságát a kettes számrendszerben kifejezhetjük mondjuk a 0-ás bittel. Ha az átfolyás sebessége nő, akkor az örvé-

nyek periodikusan előre-hátra mozoghatnak, ekkor a bitek az 101010101010... sorrendet veszik fel. Ez az első pillanatban több információt szolgáltat, mint az első eset, de másodjára már ugyanúgy nem okoz „meglepetést”, nem hordoz új ismeretet. Ha viszont nem periodikus az örvények mozgása, hanem kaotikus, akkor minden soron következő bit döntő fontosságú új információval szolgál, hiszen a viselkedés nem jelezhető előre. Vagyis a káosz nagy mennyiségű információt hordoz.

A fizikában az ilyen eseteknek termodinamikai magyarázatai vannak. Az információtudomány eme elmélete azonban minden más hasonló kísérletben ugyanígy magyarázható.

Az információ gyakorlatilag egy kissé furcsa szó a megjósolhatatlanságra – az információtudomány ezt úgy fogalmazza meg, hogy az információ és a bizonytalanság egymás társai.<sup>53</sup> Az információ a bizonytalanság csökkentésére hivatott kibernetikai fogalom, amely egy bekövetkezés előtt álló esemény mértékéeként, mint információérték, mérhető is. Az információérték viszonyszám ugyan, mérete azon múlik, hogy mennyire valószínű az adott esemény bekövetkezése. Kaotikus viselkedés esetén a következő esemény bekövetkezése roppant nagy információértékkel bír, hiszen az nem jósolható meg előre.

A káosz, a megjósolhatatlanság legszembetűnőbb példáját a Dinamikai Rendszerek Csoportból, *Norman Packard* fogalmazta meg: „*A bonyolult dinamika csúcán a biológiai evolúció vagy a tudat folyamatai állnak. Intuitíve világos értelmezésnek tűnik, hogy ezek a végletesen bonyolult rendszerek információt állítanak elő. Milliárd évekkkel ezelőtt csak protoplazmacseppek léteztek, s most, milliárd évek elteltével már mi is jelen vagyunk. Egyszóval az információ a struktúrában keletkezett és tárolódott.*”<sup>54</sup>

Az információ mindenhol jelen van. Az anyag, és az energia mellett a világegyetem harmadik építőeleme.<sup>55</sup> Bármilyen két objektum kommunikációja esetén fellép, de ami még fontosabb, önmagából is

képes sokszorozódni. Így az osztályozás alapeleme, a tartalomfeltárás legelemibb egysége, az információ nemcsak a rendszerezett adatokból kerülhet elő, hanem a kaotikus állapotúakból is, és mindkét esetben az entrópiát, a rendezetlenséget csökkenti. Ám ha feltételezzük, hogy egy ismeretlen tartalmú dokumentum gyakorlatilag – számunkra – kaotikus állapotban álló információk halmaza, akkor az osztályozás, az az információ teremtő erő, ami a KÁOSZt mégiscsak RENDdÉ varázsolja.

## 7. Kontroll, visszacsatolás, megelőzés

Az ember által létrehozott rendszerekben (amelyek bonyolultsága messze elmarad a természetes rendszerekétől) fellépő kaotikus viselkedésminták megjelenései minden esetben megelőzhetőek. Káoszelméleti kutatások kapcsán, konkrét munkafolyamatok, vagy elméleti eljárások viselkedését vizsgálva, minduntalan szembekerülünk ezzel a ténnyel. A természetes rendszerek egy részében, ahol a stabilitás fenntartása nemcsak hosszú távon, hanem rövidtávon is „létszükséglet” – mint például az immunrendszer esetén – a természet megalkotta azt az ellenőrző rendszert, amely biztosítja az organizmusok fennmaradásának belső feltételeit.

A kérdéses ellenőrzés fontossága a shannoni képlet kibővítésekor vetődik fel, amikor a képletben egy, az információ irányával ellentétes, közvetlenül a vevőtől az adó felé mutató nyilat is beillesztünk. Ez a kis nyíl az emberi kommunikáció legfontosabb eleme, az a tényező, ami arra hivatott, hogy a zaj által okozott hibákat orvosolni lehessen.

Ez a feedback, vagyis a visszacsatolás. Jelentősége nemcsak a hibajavításban, hanem azoknak a pontoknak a feltárásában és kiküszöbölésében van, melyeken felléphet – az amúgy jól szerkesztett rendszerünkben – a káosz. Az ellenőrzés eszközévé vá-

lik, és ez által eredményesebben tudunk a rendezetlenség kialakulása ellen fellépni.

A másik fontos pont a megelőzés. Az általunk végzett munkafolyamatok gyakran szerkezetükben teljesen megegyeznek, csak tartalmukban térnek el egymástól. Ez újabb példa a tevékenységeink és eszközeink fraktálszerkezetére. Ha egy adott esetben a visszacsatolás révén felfigyelünk egy pontra, ahol a kaotikus viselkedés felütheti a fejét, az már a következő esetben megelőzhetővé válik.

Ha a munkánkat elővigyázatosan, ezekre a lehetőségekre gondolva végezzük, elkerülhetjük azokat a helyzeteket, amelyekben a rendszer vagy a magunk tökéletlensége folytán felléphet a káosz, mely magával hozza beláthatatlan következményeit.

## Zárszó

Bár a fraktál- és a káoszelmélet roppant széles körben alkalmazható, nem változtatja meg gyökeresen sem az osztályozást, sem a könyvtártudományokat. Pusztán felhívja a figyelmet egy másfajta szemléletre, egy olyan nézőpontra, ahonnan tisztábban láthatjuk a munkánk során fellépő esetleges hibák forrásait, és modellezhetjük akár a gondolkodásunk szerkezetét is. Ez talán előbbre viszi munkánkat, és azzal hogy beemeli a metodikájába az új elméleteket, felfrissíti ezt a tudományt.

Az osztályozáselmélet, a rendszerelmélet, az információelmélet mind-mind összefüggésbe hozhatók, és kapcsolatban állnak a káoszelmélettel. A tudományok között egyre gyakrabban találkozunk olyan esetekkel, amikor két vagy több tudomány határán a kutatók nem megtorpannak, hanem ugyanazzal a lendületükkel lépik át az addig átjáratatlannak vélt határokat.

A tudományok interdiszciplinaritásának határát az ember elme felfogó- és tárolóképesége szabja meg. Mára nem elképzelhető(?), hogy valaki egy teljes tudományterületet befogjon, annyira megnőtt

az adatok, elméletek, tudományágak száma. Az átlátásra mégis lehetőség nyílik, mert a rendszerelmélet olyan gondolkodást kölcsönöz a tudósoknak, amely segítségével szerkezetekben és nem atomista szemlélettel láthatják a világ jelenségeit, köztük a tudományok szerteágazó, és kusza struktúráját. Mi több, egyre gyakrabban összetartanak a tudományok ágai, így még összetettebb a kép. Jó példa erre a kulturális antropológia, amely már nevéhez is két nagy terület, a humaniorák és az orvostudomány egy-egy szakterületét vette alapul. Hát még kutatási módszereiben, melyekben a társadalomtudományok szinte valamennyi ágát érinti, hogy azoktól kölcsönözzön, és minél átfogóbb képet adhasson egy-egy kulturális jelenségről.

A káoszelmélet már születésekor egyszerre több tudomány sajátja volt. Ma sem nevezhető önálló tudománynak, minden esetben inkább demonstratív jelleggel vázolja fel valamely tudományág mellett azoknak a jelenségeknek a szerkezetét, amelyeket a hagyományos eljárásokkal nem sikerült feltérképezni.

A természet kaotikus formái, amelyeket Lorenz, Mandelbrot és még sokan felismertek, mind – mind utolérhetőek az emberi kultúra bonyolult rendszerében is, lévén annak alapjai. Nem tudunk, és ne is akarjunk teljesen új rendszert teremteni, de nincs is rá szükségünk, hiszen a természet formái minden igényünket kielégítik. Talán csak eddig ezzel nem voltunk tisztában. Új ismereteinket azonban könnyen alkalmazhatjuk a most megismert, de régi formákra, s nem is olyan megdöbbentő, ha hasonlóságokat találunk. Minden képzeletünket felülmúlja a természet találatekonysága, s mikor már azt hisszük, valami új dolgot fedeztünk fel, felismerjük azt a valóságban.



*A szerző ezúton mond köszönetet Barátné dr. Hajdu Ágnesnek a dolgozat elkészítéséhez nyújtott segítségért.*

## Irodalom

BABICZKY Béla: Bevezetés a könyvtári osztályozás elméletébe és gyakorlatába. Budapest, Tankönyvkiadó, 1978.

BARÁTNÉ HAJDU Ágnes – BABICZKY Béla: Bevezetés az információkereső nyelvek elméletébe és gyakorlatába. Budapest, Universitas Kiadó, 1998.

BERTALANFFY, Ludwig von: ... ám az emberről semmit sem tudunk. Budapest, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1991.

BLÜMENAU, D. I.: Információ: mítosz-e vagy valóság? In: Tudományos és Műszaki Tájékoztató, 1986. 8. sz. 424–427. p. (Ref.: Környei Márta)

CANTOR, George: Gesammelte abhandlungen mathematischen und philosophischen inhalts. Berlin, Springer, 1980.

CRUTCHFIELD, J. – Farmer, D. – PACARD, N. – SHAW, R.: A káosz. In: Tudomány, 1987. 2. sz. 13–25. p.

CSEPELI György: Utószó az Előszóhoz. In: Kritika, 2001. 10. sz. 2–3. p.

ESZTEGÁR László: Az egyetemes repertórium. In: Magyar könyvszemle, 1896. 4. sz. 341–350. p.

FALUS András: Az immunológia élettani és molekuláris alapjai. Budapest, Semmelweis, 1996.

FOKASZ Nikosz: Káosz és fraktálok. Budapest, Új Mandátum, 1999.

FOKASZ Nikosz: Nemlineáris idősorok – a tőzsde káosza? In: Magyar Tudomány, 2002. 10. sz. 1312–1329. p.

GICZI András: Az osztályozás és a káoszelmélet. In: Könyvtári Levelező/lap, 2001. 7–8. sz. 2–3. p.

GICZI András: Osztályozás és a káoszelmélet. In: Könyv, Könyvtár, Könyvtáros, 2001. 8. sz. 23–29. p.

GLEICK, James: Káosz. Egy új tudomány születése. Budapest, Göncöl, 1999.

HEISENBERG, Werner: Válogatott tanulmányok. Budapest, Gondolat, 1967.

HESIODOS: Munkák és napok. Budapest, Akadémiai, 1955.

KOCH, Helge von: Sur une courbe sans tangente, obteune par um construction géométrique élémentaire. In: Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik, 1904. 1.H. 681–704. p.

KOUKOPOULOS, Thomas – FRAPPAOLO, Carl: Electric document management systems. New York, McGraw-Hill, 1995.

KUHN, Thomas: A tudományos forradalmak szerkezete. Budapest, Osiris, 2000.

LÁSZLÓ Ervin: A rendszermélet távlatai. Budapest, Magyar Könyvklub, 2001.

LORENZ, Edward: Deterministic nonperiodic flow. = Journal of the Atmospheric Sciences, 1963. no. 20. 130–141. p.

LORENZ, Edward: On the prevalence of... in: Global Analysis. New York, Springer-Verlag 1979.

LORENZ, Edward: Predictability: Does the flap of a butterfly's wing in brazil set off a tornado in Texas? előadás, American Association of Advancement of Science, 1979. december 29.

MANDELBROT, Benoit: Fractals. San Francisco, W.H. Frem and Comp., 1977.

MANDELBROT, Benoit: How long is the coast of Britain? In: Science, 1967. no. 155. 636–638. p.

A káosz és rendezetlenség kutatása. Korszakváltás a tudományokban. In: Magyar Tudomány, 1993. 4. sz.

MAY, Robert: Simple mathematic models with a very complicated dynamics. In: Nature, 1976. no. 261. 459–467. p.

NEUMANN János: Válogatott előadások és tanulmányok. Budapest, Közigazgatási és Jogi Könyvkiadó, 1965.

OVIDIUS, Publius Naso: Metamorphoses. Budapest, Európa, 1982.

PÁLVÖLGYI Mihály: Információfeldolgozás, információkereső nyelvek. Szombathely, Berzsényi Dániel Tanárképző Főiskola, 1998.

PLÉH Csaba: Az asszociáció reneszánsza a kognitív pszichológiában. Forrás: [www-a.jate.u-szeged.hu/~pleh/](http://www-a.jate.u-szeged.hu/~pleh/)

POINCARÉ, Jules Henri: Tudomány és fölvetés. Budapest, Magyar Királyi Természettudományi Társulat, 1908.

SHANNON, Claude: A mathematical theory of communication. In: The Bell System Technical Journal, 1948. no. 27. 379–423. p.

SHAW, Robert S.: Strange attractors, chaotic behaviour, and information flow. Párizs, Jacot-pályázat, 1978.

TÉL Tamás: A káosz természetrajza. In: Természet Világa, 1998, 9. sz. 386–388. p.

- TÉL Tamás: Törtdimenziós rendszerek: a fraktálok. In: Természet Világa, 1984. 115. sz. 106–109. p.
- UNGVÁRY Rudolf: Tezaurusz-technológia. Budapest, Népművelési és Propaganda Iroda, 1979.
- UNGVÁRY Rudolf – ORBÁN Éva: Osztályozás és információkeresés. Budapest, OSZK, 2001.
1. HESIODOS: Munkák és napok. Budapest, Akadémiai, 1955. 112. p.
  2. OVIDIUS: Metamorphoses. Budapest, Európa, 1982. 7. p.
  3. GLEICK, James: Káosz. Budapest, Göncöl, 1999. 81. p.
  4. GLEICK: i. m. 13. p.
  5. POINCARÉ, Jules Henri: Tudomány és fölvetés. Budapest, Magyar Királyi Természettudományi Társulat, 1908. 163–167. p.
  6. HEISENBERG, Werner: Válogatott tanulmányok. Budapest, Gondolat, 1967. 201–207. p.
  7. KOCH, Helge von: Sur une courbe... In: Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik, 1904. 1., 681–704. p.
  8. MANDELBROT, Benoit: Fractals. San Francisco, W.H. Frem and Comp., 1977. 15. p.
  9. KUHN, Thomas: A tudományos forradalmak szerkezete. Budapest, Osiris, 2000. 100–107. p.
  10. FOKASZ Nikosz: Nemlineáris idősorok - a tőzsde káosza? In: Magyar Tudomány, 2002. 10. sz. 1312–1329. p.
  11. BABICZKY Béla: Bevezetés a könyvtári... Budapest, Tankönyvkiadó, 1978. 64. p.
  12. BARÁTNÉ HAJDU Ágnes BABICZKY Béla: Bevezetés az osztályozási... Budapest, Universitas, 1998. 24–32. p.
  13. BARÁTNÉ BABICZKY: i. m. 24–32. p.
  14. BARÁTHNÉ BABICZKY: i. m. 45–59. p.
  15. PÁLVÖLGYI Mihály: Információfeldolgozás, ... Szombathely, Berzsenyi Dániel TF, 1998. 160–164. p.
  16. UNGVÁRY Rudolf: Tezaurusz-technológia. Budapest, Népművelési, 1979. 158–190. p.
  17. Erről bővebben: 17. p.
  18. PÁLVÖLGYI: i. m. 265–267. p.
  19. FOKASZ Nikosz: Káosz és Fraktálok. Budapest, Új Mandátum, 1999.
  20. LÁSZLÓ Ervin: A rendszerelmélet távlatai. Budapest, Magyar Könyvklub, 2001. 27–30. p.
  21. LÁSZLÓ: i. m. 23–26. p.
  22. LÁSZLÓ: i. m. 37–43. p.
  23. BERTALANFFY, Ludwig von: ...ám az emberről semmit sem tudunk. Budapest, Közgazdasági és Jogi, 1991. 76–77. p. és 100–103. p.
  24. A visszacsatolás vagy feedback azt a célt szolgálja, hogy egy adott, esetlegesen a kaotikus állapot felé eltolódni képes rendszer stabil állapotban maradjon, külső beavatkozás nélkül is.
  25. ESZTEGÁR László: Az egyetemes repertórium. In.: Magyar könyvszemle, 1896: 4., 341–350. p.
  26. LORENZ, Edward: Deterministic nonperiodic flow. = Journal of the Atmospheric Sciences, 1963: 20, 130–141. p.
  27. POINCARÉ: i. m. 179–185. p.
  28. LORENZ, Edward: On the prevalence of... in.: Global Analysis. New York, Springer-Verlag 1979. 53–75. p.
  29. NEUMANN János: Válogatott előadások és ... Budapest, Közigazgatási és Jogi, 1965. 38–43. p.
  30. LORENZ, Edward: Predictability: ... előadás, Am. Ass. of Advancement of Science, 1979.
  31. BARÁTNÉ-BABICZKY: i. m. 134. p.
  32. PLÉH Csaba: Az asszociáció reneszánsza a kognitív pszichológiában. forrás: [www.a.jate.u-szeged.hu/~pleh/](http://www.a.jate.u-szeged.hu/~pleh/)
  33. GLEICK: i. m. 30–31. p.
  34. PÁLVÖLGYI: i. m. 265. p.
  35. Információs mátrix vagy dokumentumismérv-mátrix: a dokumentumhoz rendelt kulcsszavak sorozata
  36. Kérdésklaszter: egy előre elkészített tematikus profil vektorra. Ez lesz a rendszer kezdeti centroid-vektora.
  37. MAY, Robert: Simple mathematic models... In.: Nature, 1976: 261. 459–467. p.
  38. Ungváry Rudolf-Orbán Éva: Osztályozás és információkeresés. Budapest, OSZK, 2001. 44–50. p.
  39. FALUS András: Az immunológia... Budapest, Semmelweis, 1996. 190–191. p.
  40. Bifurkáció: latin eredetű szó, jelentése kettéhasadás, vagy periódus-kettőződés.

41. MANDELBROT: i. m. 1. p.
42. MANDELBROT: i. m. 95–97. p.
43. SHANNON, Claude: A mathematical theory of communication. In.: The Bell System Technical Journal, 1948: 27. 380. p.
44. CANTOR, George: Gesammelte Abhandlungen mathematischen und philosophischen Inhalts. Berlin, Springer, 1980.
45. MANDELBROT: i. m. 27–81. p.
46. Idézi: GLEICK: i. m. 113. p.
47. BARÁTNÉ-BABICZKY: i. m. 10. p.
48. GICZI András: Az osztályozás és a káoszelmélet. In.: Könyvtári levelezőlap, 2001: 7–8, 2–3. p.
49. KOUKOPOUKOS – THOMAS – FRAPPAOLO, Carl: Electric document... New York, McGraw-Hill, 1995. 21–33. p.
50. CSEPELI György: Utószó az Előszóhoz. = Kritika, 2001: 10., 2–3. p.
51. SHANNON, Claude: i. m.: 379–423. p.
52. SHAW: i. m.
53. BLÜMENAU, D. I.: Információ: mítosz-e vagy valóság? In.: Tudományos és Műszaki Tájékoztatás, 1986: 8. 424–427. p. (ref.: Környei Márta)
54. GLEICK: i. m. 292. p.
55. NEUMANN az információt a világegyetem és a természet egyik meghatározó elemének tartotta.

### MEGHALT BABICZKY Béla (1919-2004)

2004. március 18-án elhunyt Babiczky Béla, a magyar könyvtárosképzés kiemelkedő alakja, az osztályozás nagy öregje, az ELTE Könyvtártudományi és Informatikai Tanszék 1978-1980 közötti időszakának mb. tanszékvezetője, 1984 óta nyugdíjban lévő docense. Munkássága elismeréseként 1994-ben a Magyar Köztársasági Érdemérem Kiskeresztjével, 1999-ben Szinyeyi József-díjjal tüntették ki. Osztályozáselméleti és -történeti jegyzeteiből generációk tanultak. Legutóbb megjelent könyve a Barátné Hajdu Ágnessel közösen írt Bevezetés az információkereső nyelvek elméletébe és gyakorlatába (Bp. Universitas, 1998. 224 p.) c. összefoglaló volt. A Könyvtártudományi és Informatikai Tanszék 50 éves évfordulóján, 1999 októberében tartott előadása, melyben visszatekintett pályafutására, a tanszék életére, sokunk számára feledhetetlen emléket jelentett.

„Több mint 40 éves egyetemi oktató munkájának fő területe a könyvtári és bibliográfiai osztályozás volt. Speciális kollégiumot tartott évekig a reprográfia témaköréből. 1976-tól képviselte hazánkat a Nemzetközi Dokumentációs Szövetség (FID) osztályozási bizottságában, de már előtte is rendszeresen részt vett a FID társadalomtudományi osztályozási bizottságának munkájában.

Publikációi felölelik a mikrofilmezés, a dokumentációs fényképezés, a reprográfia, a könyvtárosképzés, valamint a könyvtári osztályozás történeti, elméleti és gyakorlati kérdéseit. Időnként még a könyvtártörténet területére is alkalandozott. Neve, munkássága szorosan összefonódott az Egyetemes Tizedes Osztályozás fogalmával. Munkásságának jelentős részét az ETO magyar nemzeti változata megteremtésének szentelte.”

(Barátné Hajdu Ágnes visszaemlékezése. In: Könyvtári Levelező/lap, 2004. március)