

Az „egzakt biológia” kérdéséhez

Azt hiszem, a szakemberek örömmel olvasták a *Korunk* 1978. 11. számában megjelent *Lesz-e egzakt biológia?* című tanulmányt. Szerzője, Gánti Tibor, a kiváló tudós elsősorban az élet eredetével foglalkozik, számos könyve, szakcikke és ismeretterjesztő írása jelent meg. Az élettelen szint és az élő anyag közötti átmenet ragyogó magyarázata származik tőle (az ún. chemoton-elmélet). Az idézett tanulmányában vázolt gondolatok arról tanúskodnak, hogy Gánti elmélyült kutatásokat végez az egzakt biológia irányában. Mondanivalójával teljesen egyetértek, az alábbiakban tehát nem vitázni szeretnék vele, hanem gondolatátvitásait továbbvinni, más szemszögből megvilágítani az általa felvetett témát.

A tudományok fejlődésének huszonöt évszázada arra mutat, hogy az ember mindig céltudatosan törekedett a jelenségek, folyamatok, struktúrák pontosabb és természetűbb leírására. Az egzaktság felé törekvés állandóan érvényesülő tendencia, bár gyakran el-elakadt a naiv morfológiai szemlélet és a burkolt szimplifikáció útvesztőjében. A természettudományok evolúciós, indukciós tendenciái a tudás mennyiségi növekedésével egyenes arányban fejtették ki polarizáló hatásukat, a szakbarbárság merev attitűdjével szembeállítva a tények termékeny, produktív átértékelésének szükségességét.

Természetesen az egzaktság körülírása nem egyszerű, de fogalma a korszellem és a változó követelmények függvényében egyre racionalisabbá vált. A magyar értelmező szótár szerint egzakt egy *fogalom*: ha szabatosan, pontosan és egyértelműen meghatározható. Az oxfordi értelmező szótár szerint egzakt egy tudomány: ha feltételezhetjük, hogy abszolút precíz. Egzakt egy leírás, ha adatai alapján késsőbb, a tér—idő diagram bármely pontjában reprodukálni lehet a jelenséget. Az abszolút egzakt a következő megállapítás: két ponton keresztül egy, és csakis egy egyenes húzható. Relatív egzakt egy háromdimenziós tárgyról készített kétdimenziós fénykép.

Állításaink nagyon ritkán abszolút egzaktak, gondolkodásunk többnyire relatív egzakt mondanivalók struktúrája. A relatív egzakt állításokra a fejlődés jellemző, éppen ezért geocentrikus, antropomorf szemlélet, tér—idő koordináta és természettudományos fejlettségi szint szerint determináltak.

Mai értelmezésben abszolút egzaktaknak tekintjük az axiómákat. Az axióma olyan megállapítás, amelyből kiindulva valamely tudományos elmélet összes állításai levezethetők, de amelyet maga az elmélet közvetlenül nem igazol, s amely más ismert természeti törvényre nem vezethető vissza. Az axiómákból vagy axiómarendszerekből deduktív módon levezethetők egy-egy elmélet, illetve tudományág összes törvényei. Az axiómák nem „örök igazságok”, sem pedig bizonyításra nem szoruló megállapítások, hanem gyakorlati tapasztalatok nagymértékű absztrakció útján létrejött, széles körű általánosításai — lényegében tehát megfigyelés és logikai indukció eredményei. Ha a jelenségek adott körére vonatkozó tapasztalatokból a mélyükön levő közös sajátságok absztrakciója helyesen történik, a tudatunktól függetlenül létező objektív valóságnak megfelelően, akkor az axióma az illető jelenségszempont legfontosabb összefüggéseit tükrözi általános alakban. Az axiómák helyességét utólag a gyakorlat igazolja. Az axiómák igazsága azonban ugyancsak viszonylagos, mint minden tudományos megállapításé, s a valóságot a történeti fejlődés adott fokának megfelelő pontossággal tükrözi.

Néhány axiómára épülnek a matematika különböző ágai. A fizikában a termodinamika három axióma segítségével építhető fel. A kémiában csak próbálkozások történtek axiómák megfogalmazására, de még mindig az analitikus, indukzív jelleg dominál. A biológiában, sajnos, nem ismerünk egyetlen olyan axiómarendszert sem, amelyet a szakemberek többsége elfogadhatna. Egy axiómarendszernek három feltételt kell teljesítenie: ellentmondásmentesség, függetlenség és teljesség. Ellentmondásmentes az axiómarendszer, ha az axiómákból nem lehet egy

állításal együtt annak az ellenkezőjét is bizonyítani. Független az axiómarendszer, ha nincsenek benne fölösleges, egymásból levezethető axiómák. És teljes az axiómarendszer, ha az illető tudományágban megfogalmazható bármely állítás vagy bebizonyítható, vagy megcáfolható az axiómákból. Az olyan axiómarendszerek azonban, amelyek elég erősek ahhoz, hogy bennük érdemleges matematikai vizsgálatokat lehessen folytatni, nem lehetnek teljesek: ez a híres Gödel-tétel. Ugyanezen tétel mutat rá az axiomatikus módszernek arra a természetes korlátjára, hogy egy adott tudományág összes axiómáit nem lehet egyszer s mindenkorra leszögezni: bizonyos problémák megoldásához újabb axiómákat kell absztrahálnunk a valóságból.

Gánti Tibor a kémia felől közelít az egzakt biológiához; én e hozzászólásban a matematika szemszögéből vizsgálom a témát. A matematika a szabatos gondolkodás tudománya. A matematikai kijelentéseknek teljesen pontosaknak kell lenniük — ha nem azok, akkor nincs is értelmük. Miközben a matematika kiküszöböli állításából a kétértelműséget, cserében elveszti az érintkezés könnyedségét; ez a magyarázata annak, hogy a matematika „nyelvi sorompója” olyan félelmetesnek tűnik. A matematika a legegzaktabb tudomány, és ezért ez a megközelítés előnyösebb az egzaktág szempontjából — de távolabb áll a biológiától, mint a kémia, és ezért hátrányosabb.

A matematika és a biológia közötti párhuzamot sugallva, a következőkben baloldalt a matematikáról, jobboldalt a biológiáról szólok. Hadd kezdjem az ókori állapotok jellemzésével:

Arisztipposz, Szókratész tanítványa viharba került, s a hajótörés után Rhodosz szigetének partjára vetődött. Itt homokba rajzolt geometriai ábrákat vett észre, ekkor társaihoz fordulva örömmel kiáltott fel: reménykedhetünk, ember kezenyomát látom!

Eukleidész a geometriát az egzaktág olyan régióiba emelte, amelynek mind a mai napig csak csodálattal adózhatunk. Honnan származott — nem tudjuk. Azt sem tudjuk, mikor született és mikor halt meg. Életének csak egy mozzanatról van tudomásunk: amidőn Ptolemaiosz Philadelphosz megkérdte tőle, nincs-e egyszerűbb és könnyebb útja a matematika megtanulásának, mint az ő „Elemi”, büszkén válaszolt: „Királyok számára sincs külön út a matematikához.”

Említett munkája a kultúra történetének a Biblia után legnagyobb példányszámban sokszorosított műve, és óvatos becslés szerint is csak nyomtatásban több mint 1500 kiadást ért meg. (Magyar nyelvre a kolozsvári Brassai Sámuel fordította 1866-ban.) Tizenhárom könyvből áll, tárgyalása a szigorú logikai dedukción alapul: definíciókból, posztulátumokból és axiómákból vezet le tételeket.

Eukleidész axiomatikus tárgyalásmódját csak a XIX. században sikerült túlszárnyalnia Bolyainak és Lobacsevszkijnek, mikor is az I. könyv ötödik posztulátuma és a párhuzamossági axióma vizsgálata elvezetett az úgynevezett nem-euklidészi geometria felfedezéséhez.

Ha az olvasót meglepi, hogy ilyen fontosságot szenteltem Eukleidész művének, hadd mondjam meg: azért van, mert tudomásunk szerint az első olyan tudományos alkotás, amely axiómarendszerrel dolgozik. Eppen ezért állításai a mai napig elfogadhatók, s a középiskolai geometriának még ma is e több mint kétezer éves könyv az alapja. Arisztotelész élővilág-képe ugyanakkor csak kultúratörténeti érde-

Arisztotelész adta az emberiségnek az antik tudomány eredményeinek legátfogóbb szintézisét, amely az addig felhalmozódott ismeretanyagot összefoglalta. Több biológiai munkában fejtegette ki saját maga és kora elképzelését az élet keletkezéséről. Arisztotelész szerint az élőlények nemcsak magukhoz hasonlóktól születhetnek, hanem ősnemzés útján is keletkezhetnek élettelen anyagból. Ilyenek mindazok, amelyek nem az állatok párosodásából, hanem rothadó földből vagy váladékokból keletkeznek — állította. A növényeknél is ugyanez a helyzet: egyes növények magokból, mások pedig mintegy önmaguktól, a természeti erők hatására keletkeznek.

Arisztotelész nézetei óriási befolyást gyakoroltak az élet eredete kérdésének egész későbbi történetére. Csalhatatlanná vált tekintélyével mintegy szentesítette a közvetlen naiv megfigyelés adatait, és sok évszázadra előre meghatározta az ősnemzés tanának további sorát. Az ősnemzés elméleti megalapozása a későbbi idők folyamán mindinkább misztikus jelleget öltött. A XVI. század végén egyes könyvekben még teljes komolysággal beszélnek „kacsatermő fákról” és hasonlókról, sőt egyes szerzők idevágó személyes megfigyelésekről is beszámolnak. Darwin korszakalkotó munkásságára volt szükség a XIX. század közepén ahhoz, hogy betekintést engedjen a fajok eredetébe.

kesség — amiből nyilvánvalóan következik, hogy évszázadokon át óriási szakadék tátongott a matematika és a biológia között. A matematikusok és biológusok szemléletmódja — sajnos — mindmáig szinte teljesen kizárja egymást.

Már a XIX. században történtek azonban szerény próbálkozások a két szemlélet összekapcsolására. E tudományterület egyik legnagyobb egyénisége a belga Quetelet volt, aki elsősorban az antropológiában, emellett a meteorológiában és a növényfiziológiában alkalmazta a statisztikát. Csúcsponthoz jelentett Gavarret munkássága: a diszkrét eloszlású valószínűségek elméletének kidolgozása. A matematikai statisztika biológiai alkalmazására a *biometria* elnevezést először Galton használta 1901-ben. Megállapítható, hogy a statisztika elméletének fejlődését viszonylag gyorsan követte az alkalmazás egyes egzaktabb tudományok (csillagászat, geodézia, fizika), jóval lassabban a biológia, az orvos- és az agrártudomány terén.

Lássuk a következőkben — az előbbi kéthasábos módszerrel — a matematika és a biológia „egymást támadó” érveit.

1. A híres cambridge-i pohárköszöntő így szól: „Emelem poharam a tiszta matematikára és arra, hogy soha ne legyen jó senkinek semmire.” Sajnos, a matematikai szövegek többsége a mai napig csak a matematikában alkalmazható.

2. A matematika elvonatkoztat az elem természetétől. Mi az, hogy „két szív + két szív = négy szív”? Mi az, hogy „élő szervezet az n-ik hatványon”? A biológiában a legegyszerűbb matematikai műveletek is értelmüket veszítik.

3. A matematikusok, sajátos logikai rendszerükben újabb és újabb tételeket szülnék, de nem teszik fel ezekkel kapcsolatban a *Miért? Hol? Mikor? Hogyan?* kérdéseket.

4. Egyet kell értenünk Gánti Tiborral, hogy „a mindennapos gyakorlat a gyógyítástól a környezetvédelemig, az állat- és növényneveléstől a kártevők elleni küzdelemig mindenütt szembetalálja magát azzal a ténnyel, hogy nem tudja az adott szintű biológiai rendszernek mint egésznek a válaszát sem mennyiségileg, sem minőségileg megjósolni.” Erre ma sem a matematika, sem a biológia nem képes.

5. A matematikából hiányoznak azok a módszerek, amelyek az élő rendszerek megfigyeléséből nyert adatok feldolgozását lehetővé tennék.

6. Az alkalmazott matematika készíthet ugyan modelleket, de ezek konkrét élő rendszerekben zajló folyamatok megvizsgálására nem alkalmazhatók elfogadható módon.

7. A matematikai módszer nagy hátránya, hogy statikus képletekbe merevít változó, fejlődő jelenségeket, és csupán valamely kiragadott pillanatnyi helyzetet képes tükrözni, elszigetelve azt a folyamat dialektikus egészétől.

Azt hiszem, sikerült mind a matematikusokat, mind a biológusokat megharagítanom a fenti sorokkal, bár nem tettem semmi egyebet, csak pontokba szedtem, amit a matematikusok mondanak a biológusokról — s fordítva. Nem volna azonban elvszerű, hogy csak a polemikus megjegyzéseket mutassam be; fel kell sorolnom a két tudományág egymást támogató érvei közül is néhányat:

1. A biológia mint kutatási téma rendkívül szoros kapcsolatban van a természettel.

2. Az agrártudomány eredményei jelentékeny mértékben hozzájárulnak az emberi társadalom létfenntartásához.

1. Ma is gyakran olvasunk híg tudású biológusok tollából hasonlókat: „Mind- eddig a biológiában a matematikai módszer nem hozott lényeges eredményeket. Nem is hozhat, mert a matematika testidegen a biológiai rendszerek mozgékonyaságától és komplexitásától.” Ez — sajnos — a kvantitatív összefüggések teljes tagadása az élő anyag szerveződésének szintjén.

2. A biológiában a megfigyelés dominál, ez viszont szubjektív függő. Így lehetséges az arisztotelészi badarságokat a biológiában törvénynek venni.

3. A biológiában két azonos típusú kísérlet közös nevezőre hozása is lehetetlen, olyan nagyok az eltérések. Ezáltal elvész a törvényszerűség alapja is.

5. A biológusok és az orvosok leírnak bizonyos jelenségeket, de olyan nagy az egyedi értékek szórása, hogy törvényszerűségeket nem lehet felfedezni.

6. Az élő szervezetek tanulmányozásával foglalkozó tudományágak művelői a kvantitatív összefüggéseket csupán a statisztikai kiértékelésre vezetik vissza; egyenlőségjelet tesznek az elemi statisztika és a matematika közé.

7. Ha átnézzük a biológiai szaklapokat, azt tapasztaljuk, hogy a tudományág olyan alapfogalmát sem sikerült tisztázni, mint a „faj”. Ebből számos rendszer-tani ellentmondás származik.

1. A matematikai módszerek abszolút precíz, megbízhatóak.

2. A műveletek tulajdonságai és az egyenletek megoldásai tértől, időtől és szubjektumtól függetlenek.

3. A kvantitatív összefüggések leírása

3. Az orvostudomány fejlődése hozzájárul a jólét fokozásához.

4. A biológiai kutatómunka országok közötti összefogást követel (élmezés, népesség stb.) és ezáltal a nemzetközi kapcsolatok záloga.

5. A biológiai szakkikkek közérthetőbbek, és ezért megfelelő szervektől jelentős anyagi támogatást lehet szerezni a kutatásokhoz.

6. A biológiai kutatások a természet évmilliárdok alatt létrehozott csodáit tárják fel, s ezeket a társadalom néhány évtized alatt a saját érdekében felhasználhatja.

7. Az élet fejlődésének és változékonyságának biológiai igazsága a dialektika és a materializmus döntő bizonyítékává válik.

révén a matematika a tudományok közös nyelvévé vált.

4. A matematikai jelek nemzetközi használatúak, és ezzel megvalósult a nemzetek összefogásának első mintája.

5. A matematikai szakkikkek általában nem évülnek el, hanem beépülnek az újabb eredményekbe, mint az általánosnak partikuláris esetei.

6. A matematikai kutatások beérése olyan lehetőségeket teremtett, mint a számítógépek megjelenése; ezáltal tanulmányozhatóvá válnak a rendkívül nagy és gyors jelenségek.

7. A világegyetem tér- és időkoordinátáinak végtelenségéhez igazodó matematika a legmagasabb fokon szervezett anyag, az emberi agy „szellemi tornájának” legrangosabb formája.

Minden tudományág fejlődése kétirányú. Egyik irány a saját kérdéscsoportok vizsgálata, belső tényezők változásának hatása alatt (ez dominált a XIX. század végéig); másik a külső tényezők hatására bekövetkezett fejlődés, más tudományágakhoz kapcsolódó kérdések megválaszolása. Ez kezdetben nagyfokú differenciálódást eredményezett, azaz egy-egy szűk jelenségcsoporttal foglalkozó diszciplína megjelenését vonta maga után. A későbbiekre az élenk integrálódás a jellemző: a XX. század elején jelentkeznek a különböző tudományágak közötti határvonalak elmosódása, a döntő minőségi ugrást eredményező határtudományok megszületése.

A határtudományá váló diszciplína egy sajátossága az, hogy jelenségei és szabályai nem fedhetők be egyetlen klasszikus ismeretrendszer törvényeivel sem. Az újonnan felismert törvényszerűségek szinte „behatolnak” egy vagy több szomszédos, régebben jól megfogalmazott szabályokkal körülbástyázott tudományág területére. E kölcsönös területfoglalások, határelmosódások termékenyítő hatásúak. Saját hagyományosan kialakult törvényrendszerének korláttá vált határai között ma már a legtöbb klasszikus tudományág módszertani és gondolatválsággal küzd: a határok megnyitása eszmei és metodológiai újjászülést ígér. A határtudományok megjelenésével a kutatás köre rendkívüli mértékben kibővült, a valóság egyre újabb területei kerülnek hatóságába.

Ilyen határtudomány a biomatematika is. A kezdeti aránylag gyors fejlődést (már az 1930-as években önálló folyóirata van) megtorpanás és stagnálás követte. Ez több ténynek is tulajdonítható: a biológiai rendszerek komplex voltának s a megfelelő matematikai modellek és módszerek hiányának; annak, hogy nincs önálló nemzetközi biomatematikai társaság, és ritkán tartanak ilyen szimpozionokat; hogy a biomatematikát majdnem minden országban vagy csak fakultatív módon oktatják, vagy egyáltalán nem; hogy a matematikusok és a biológusok a kezdeti sikertelenség láttán leszűkítették a biomatematikát a biometriára, amely tulajdonképpen a matematikai statisztika alkalmazása a biológiában stb.

Egyes biológusok a szakemberek tömegének kategorizálódásától félnék. Mi lesz az alsóbb kategóriákba kerülteknél az alkotás élményével, ha a biológia modern problémáihoz még így is kevés a tudásuk? A középső kategóriák produktuma már csak a kutatók vékony rétegéhez szól. A matematikai módszerek bevezetése ezek közül is kitermeli az elit réteget, s az alsó kategóriákba rekedtek számára saját szakfolyóirataik is olvashatatlanokká válnak. Ezért a magukat veszélyben érzők primitív dühvel védelmezik túlhaladott álláspontjukat: tagadják, hogy a biomatematikának kimutatható eredményei lennének, amelyek az alapvető biológiai konzekvenciákat befolyásolnák. E szemlélet késlelteti a modern fogalmak térhódítását, s a haladást fékező magatartás frontját támogatja — hiszen a biomatematika megjelenése és előretörése nem más, mint egy általános folyamatnak, a tudomány és a mindennapi élet fokozódó matematizálódásának része. Minden szakembernek meg kell értenie: ma már nincsenek ugyan polihisztorok, de unihisztorok se lehetnek!

Az előbb jellemzett konkrét körülményekből következik, hogy a biomatematikai szakkönyvek száma elenyésző, és e ritka esetekben is bizonytalan az anyag felosztása-besorolása. Két irányzat érvényesül: attól függően, hogy a kutató alapképzésére nézve matematikus-e vagy biológus, a vizsgált kérdéscsoportokat a túloltdali táblázat vízszintes soraiban, illetve függőleges oszlopaiban jelzett témakörök szerint igyekezett csoportosítani.

| | Elemi statisztika | Elemi algebra | Differenciálszámítás | Valószínűségszámítás | Integrálszámítás | Regressziós görbék | Differenciál egyenletek | Geometria | Trigonometria | Análitikus mértan | Lineáris algebra | Numerikus módszerek | Fourier-analízis | Integral egyenletek | Komplex függvénytan | Információelmélet | Differenciál geometria | Kombinatorika | Potenciálmélet | Csoportelmélet | Halmazelmélet | Topológia | Játékelmélet |
|---------------|-------------------|---------------|----------------------|----------------------|------------------|--------------------|-------------------------|-----------|---------------|-------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------------|---------------|----------------|----------------|---------------|-----------|--------------|
| Fizikai kémia | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ▲ | ○ | ○ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ |
| Biofizika | ○ | ○ | ○ | ▲ | ○ | ▲ | ○ | ○ | ○ | ▲ | ▲ | ▲ | ○ | | ▲ | | | | ▲ | | | | |
| Sejttan | ○ | ○ | ○ | ▲ | ○ | ▲ | ○ | ○ | ○ | ▲ | ▲ | ○ | | ▲ | | | | | | | | | |
| Biokémia | ○ | ○ | ○ | ▲ | ○ | ▲ | ▲ | ○ | ▲ | ▲ | ▲ | | | | | | | | | | | | |
| Elettan | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | | | | | | | | | | | | | | |
| Mikrobiológia | ○ | ▲ | ▲ | ○ | ▲ | ▲ | | | | | | ▲ | | | | | | | | | | | |
| Ökológia | ○ | ▲ | ▲ | ○ | ▲ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | |



lényeges eredmények



elfogadható eredmények



szórványos eredmények

T. Postelnicu és P. Täutu (1971) nyomán

A biomatematika problémáinak sajátosan interdiszciplináris csoportosítására ugyancsak történtek már próbálkozások (N. Rashevsky). Egy ilyen, sajátos témakörök szerinti csoportosítás lehet a következő is:

- Kölcsönhatások vizsgálata
- Struktúrák modellezése
- A szerveződés módozatai
- A folyamatok irányai
- Az átalakulások formái
- Az önreproduktibilitás kérdése
- Az információ input-output jellege
- A biológiai szabályozás vizsgálata
- Csatolt rendszerek
- „Egyensúly újabb egyensúlyt szül“
- A körforgás szerepe
- A katasztrófák bekövetkezése

E témák már a matematika és a biológia szerves egymásbafonódását, szimbiózisát jelzik. Sajnos, a biomatematikára találón jellemző Neumann János mondanása: „Könnyebb beszélni valamiről, a tulajdonságait találgatni, mint megcsinálni és megépíteni.“ Matematikai képletek és megfontolások alkalmoszerű használata elől természetesen egyetlen biológus sem zárkózhat el — a biomatematika azonban többre hivatott: arra, hogy általános érvényű matematikai és pszeudomatematikai megfogalmazásokkal írja le, illetve modellezze a különféle életjelenségeket.

A biomatematika ügyel arra, hogy az egyes matematikai lépések biológiailag is „értelmesek“ legyenek, s a matematikai úton levezetett eredményt biológiai ellenőrzésnek veti alá. A matematikai eljárásokat a sajátos követelményekhez alkalmazza, sőt egyik-másik esetben matematikailag is új alapokra helyezi, hogy egyes biológiai kérdéseket megvizsgálhasson. Mindez nagymértékben hozzájárul ahhoz, hogy a biológia egyre inkább egzakt tudomány legyen.

Az előbbieken már bevált kéthasábos módszerrel példaként vázlatosan bemutatottam a biológiai szabályozás vizsgálatának egy-egy aspektusát.

A szabályozás biológiai alkalmazása máig megőrzött valamit a fogalom különleges kettős eredetéből: a szervomechanikaiból és a termodinamikaiból. A többnyire jól modellezhető *feed back* szabályozó rendszerek mellett a biológiában megjelennek a „lazább“ értelemben szabályozott folyamatok is. A szabályozás fogalma az egyes konkrét rendszerek szerint más-másképpen értendő; egyetlen közös vonás, hogy központi szerepe van az információnak — amit

Az élő szervezetre nemcsak az alapvető életfolyamatok jellemzőek, hanem ezek szabályozottsága is. A szabályozás különböző szinteken történik, mégis egységes egészet alkot; egyes szintjei az alacsonyabban levőkre épülnek, az azonos szinten levők között pedig kapcsolat áll fenn. Gánti Tibor szerint a molekuláris szuperrendszerek önszabályozása azért lehetséges, mert különféle tulajdonságaik mind visszavezethetők a szervezetben zajló kémiai reakciókra vagy

itt tágabb megfogalmazásban kell értenünk. Az információ mindig valamilyen kölcsönhatással szabályoz az élővilágban, és éppen ez a többnyire szigorúan specifikus kölcsönhatás az, amit az információmennyiség matematikája nem tud leírni. René Thom ezért a differenciálható sokaságok elméletéből kiindulva — nehéz funkcionálanalitikus és topológiai megfontolások segítségével — egy új matematikai elméletet teremtett, amely igen fontossá válik a biológia területén, kivált ahol szabályozási problémák merülnek fel.

reakciósorozatokra. Erre építi Gánti ún. chemoton-elméletét, amelyet axiomatikusán próbál megszerkeszteni. Axiómái azonban egyelőre nem teljesítik az axiómarendszerrel szembeni követelményeket, ezért tovább kell őket fejleszteni.

Az élővilág mint egész egyetlen roppant genetikai szabályozó rendszernek nevezhető, amelynek funkcionális egységei a gének. A gének a földi világ legstabilabb képződményei közé tartoznak; ismerünk olyanokat, amelyek szinte változás nélkül léteznek 1-2 milliárd éve.

A DNS-nukleotid sorrendjének értelmezésében az információelmélet kiválóan alkalmazható, de a génfunkció szabályozásában a matematikai módszerek felhasználása még késlekedik.

A szabályozás elméletének biomatematikai értelmezése determinálólóg követeli meg, hogy minden ilyen kérdés vizsgálatánál a konkrétumból kell kiindulnunk, és kiválasztanunk azt, ami az adott helyzetben céljaink szempontjából jellemző motívum. Ezzel máris absztraháltunk. S ez szinte kötelező — a konkrétum kimeríthetetlen, bonyolult volta ugyanis arra kényszerít, hogy megalkossuk belőle és helyette a korlátozott, áttekinthető absztrakturnak. Az absztrakt eredményeket időről időre összevetve a konkrét kiinduló helyzettel, gyakran tapasztaljuk, hogy az absztrakt tanulmányozása gazdagította a konkrétat: olyan dolgokat látunk meg, amelyekről kezdetben sejtelmünk sem volt.

Ebből a vizsgálódásból új módszer születhetik: a biomatematizálás. Valamely életfolyamat biomatematizálása valamilyen matematikai modell alkalmazásához vezet. A modell a folyamatnak általában csak bizonyos vonásait hordozza, viszont eleget tesz a szabatosság követelményének. Szabatosságra törekedni esetünkben nem egyéb, mint axiómákat keresni a bonyolult életfolyamatokhoz. Világos, hogy ezt nagyon egyszerű konkrétumokkal érdemes kezdeni — de minél bonyolultabb életfolyamatokkal tudunk majd megbirkózni, annál magasabba emeltük a biomatematika tudományának szintjét.

Az axiómák megválasztásának szabadságát a valóságban korlátozza az elmélet használtsága, vagyis az, hogy mennyire alkalmazható a biomatematikai elmélet a biológiában. Minél kevesebb megfigyelési adat vagy kísérleti eredmény marad kívül a biomatematikai axiómarendszerből levezethető értékelési halmazokon, annál egzaktabbá válik a biológia. Ezzel kapcsolatban azonban hangsúlyoznom kell, hogy ameddig a biológia szintjén nem tisztáznak néhány fontos problémát és alapfogalmat, addig a határtudományoktól nem lehet biológiai szempontból korszakalkotó felfedezéseket várni. A biológus tehát nem várhatja ölbetett kézzel, hogy a biofizika, a biokémia, a biomatematika oldja meg alapvető problémáit. Viszont egyet kell értenünk Joshua Lederberg Nobel-díjas genetikussal: „A biológia túlságosan fontos ahhoz, hogy csak a biológusokra hagyjuk!”

Vincze János

Változó etnikumköziség?

Annak ellenére, hogy a hazai valóság tudományos igényű feltárásának hagyományai mély gyökereik, Várhegyi István nemzetiségszociológiánk legnagyobb hiányosságára tapint rá, amikor „az itt élő magyarság nagy problémáit” keresve, az iparosodó társadalom életformaváltásának két pólusáról („urbanizálódás? A másik oldalról nézve ruralizáció”) beszél, a „nemzetiségünk gerincét alkotó falusi nép metamorfózisáról”, a városban diaszpórában élő és diaszpórává váló etnikum sorskérdéseit boncolgatja. Ismerve, bár nagy vonalakban, a hazai szociológia történetében jelentkező legfontosabb kérdéseket, e mai megállapítást megelőzve lehetetlen tudomásul nem venni Várhegyi konklúzióját: „nincs még nemzetiségszociológiánk.” Ezen túlmenve megállapíthatjuk, hogy eddigi hazai szociológiánkból

szinte teljesen hiányzik az etnikumközi viszonyok kutatása, még a hagyományos, falusi etnikai kölcsönhatások alaptörvényeit sem ismerjük: az együttélés, az etnikumköziség tanulmányozása honi világunk legfeltáratlanabb területe, s szociográfia-ánk-szociológiánk legsürgősebb feladatává vált.

Az eligazodni vágyás a létkérdésekben, a kollektív azonosság keresésében a két világháború között önállóvá serdülő szociológia, szociográfia pontosan ezt a kérdést mellőzte a legjobban, és kezelte a legmostoháiban. Bár Dimitrie Gusti programjában szerepelt a vegyes lakosságú falvak kutatása, az *Erdélyi Fialatok* falukutató mozgalmából szinte teljesen hiányzik. Az *Erdélyi Fialatok Falu-Füzeteiben* megjelent Mikó Imre: *Az erdélyi falu és a nemzetiségi kérdés* (Kolozsvár, 1932) az első és problémafelvetésében mindmáig egyedülálló mű; helyét, jelentőségét nemzetiségi életünkben Gáll Ernő elemezte — Nagy Ödön *Szórvány és beolvadás* (Hittel, 1938.4.) című tanulmányával együtt — a *Tegnap és mai önismeret* című kötetében. Vámszer Géza *Szakadát* című monográfiája rajztanár-szemléletű néprajzi mű, annak ellenére, hogy *Szakadát*, szórványfalú lévén, számtalan bonyolult kérdést vet fel. A bábonyi falu- és folklórkutatás programjából is hiányzik az együttélő nemzetiségek kulturális és etnikai hagyományainak összehasonlító vizsgálata. Bár a bálványosváráljai falukutatás, módszertani vázlata szerint, a társadalmi valóság egészének a megragadását tűzte ki célul az adott „társadalmi egység” életmegnyilvánulásainak és társadalmi jelenségeinek rögzítésére, „mégpedig annak tudatában, hogy a társadalom életében nincs egyetlen jelenség, egyetlen életmegnyilvánulás sem, amely elszigetelten, önállóan működő és önmagában magyarázható volna” — a szociológiai paralelizmus törvénye az egymás mellett élő etnikumokat paralel módon atomizálta: hiányzik törekvéseiből az etnikai hagyományok összehasonlító vizsgálata.

A transzilvanizmustól a romániaiságig vezető út a szociológiai kutatás Erdélyen kívüli kiterjesztését is sürgette, a nem-erdélyi magyarok életéről vázlat is készült, a csángókutatás eredményeket mutathatott fel, átfogó mű azonban itt sem született meg. A Vásárhelyi Találkozón Jancsó Elemér „a kisebbségi magyar valóság szigorú felmérését” szorgalmazta. A Móricz Zsigmond Kollégium által tervezett monografikus társadalomkutatás is nemzetiségi valóságunk feltárásának ezt a területét könyvelhette el hiányosságként.

Nemzetiségiszociológiánk e területe hiányának okát sok mindenben kereshetjük, önmagunkon innen és túl is, de az egymást váltó impériumok nacionalizmusa után a kedvező feltételek most teremtődtek meg. Feltevődnek, mert feltevődhetnek az elmaradt vagy csak vázlatosan megrajzolt kérdések: mi a szórvány, hogyan él és őrzi önmagát részként és egészként az egészben: hogyan hatottak és hatnak egymásra a városon és falun együtt élő népcsoportok; milyen pszichoszociális tényezők határozzák meg az etnikumközi párkapcsolatokat, hogyan él a vegyes család; miként hat a gyermek egyéniségének fejlődésére a két- vagy háromnyelvűség; a nyelvi és társadalmi kommunikáció sokrétű formái a kis- és nagyközösségekben? A szociológián túl a társadalomnéprajz feladata összehasonlító vizsgálatokat végezni (a népművészet, népi építészet, népviselet, folklór területén); a nyelvészet feladata a nyelvi kölcsönhatások vizsgálata, amelynek eredményei már eddig is láthatók Szabó T. Attila, Márton Gyula és a hazai nyelvészeti iskola munkásságában.

Ezen az úton el kell jutnunk egyszer az együttélés, romániaiságunk monografikus megragadásáig is. „A nemzetismereti szociológia részként tartalmazza a nemzetiségiszociográfiai elemeket, és a nemzetiségiszociográfiának a nemzetismereti szociológiára támaszkodva kell megközelítenie az egészbe szervesülő részt.” (Balázs Sándor: *A nemzetismeret szociológiája mint nemzetiségismeret*. A Hét, 1979.1.) A csak önmagára, csak a sajátjára tekintő népcsoport önmagát szegényíti. Ha az együttéléstől, etnikumköziségtől, egymásra való hatásainktól fosztjuk meg önmagunkat, reális önismeretünk szenved csorbát. Csak ennek a felismerésnek a tudatában juthatunk el „kollektív azonosságunk” felismeréséig; az együttélő nemzetiségek kollektív önismeretében a romániaiság „sokdimenziós ember-arca” körvonalazódhat.

Vetési László