

BIOLÓGIA ÉS RENDSZERELMÉLET

Az általános rendszerelmélet behatolása a biológiai tudományos gondolkodásba mindössze harmincéves múltra tekint vissza. Ami a biológiának a rendszerszemlélethez való csatlakozását, a fizikai, a biológiai és a szellemi világ rendszerekbe való szerveződésének nyilvánvalóvá válását illeti, nagy jelentőségű időpont volt az 1942-es esztendő, amikor Ludwig von Bertalanffy, a bécsi egyetem akkori tanára *Theoretische Biologie* című könyvének második kiadása napvilágot látott. Valójában azonban csak Bertalanffy újabb, *Problems of Life* című könyvének 1960-as megjelenését követően nyílt széles út a rendszerszemléletű gondolkodás előtt a biológiában. Ezt mutatja az 1960 után kiadott, a rendszer fogalmának és az élővilág rendszerbe szerveződésének szentelt művek nagy száma, valamint az, hogy egyes biológiai tudományágak, mint például az általános ökológia, teljes egészükben az általános rendszerelmélet „tengelye” köré kezdtek csoportosulni.

A gondolkodás történetében az új utakat nyitó elméletek rendszerint osztatlan lelkesedést váltanak ki a szakemberek körében, amit — szinte szokásos módon — a hagyományok, a tudományos gondolkodás történetében elért korábbi eredmények lebecsülése kísér. A természettudományokban, különösen a kísérleti természettudományokban, ugyancsak nem szokatlan jelenség a tudománytörténet értékelésének hiánya. A tudományos munkák könyvészetében igen sok kutató csak a legújabb művek említésére szorítkozik, s nem fárasztja magát azzal, hogy utánanézzon: vajon egy-két századdal előtte nem volt-e olyan tudós, aki ugyanúgy gondolkodott, mint ő? Ez a felfogás jellemző az általános rendszerelmélet uralta biológiára is: a tárgynak szentelt irodalom megjelenése az 1960-as „fordulópont” után kezdődött, mintha Bertalanffy előtt senki sem gondolkodott volna *avant la lettre* az utóbb általános rendszerelméletnek nevezett modell szellemében.

A rendszer kifejezés hagyományos műszó a biológiában. Az arisztotelészi logikából kölcsönözték, amelyben a fogalmak rendjét, a megismerés és gondolkodás rendjét jelenti. A rendszer fogalma ebben az arisztotelészi értelmezésben már a XVIII. században bevonult a biológiába Karl Linné műveivel. Linné főművének is a *Systema Naturae* (Természet Rendszere) címet adta. Ebben az állatokról és növényekről, a fajok közötti hasonlóságokról és különbözőségekről közölt ismereteket bizonyos logikus kritériumok szerint rendezte el. A növény- és állatrendszertanban tehát (nem tévesztendő össze a rendszerszemléletű növény- és állattannal) mai napig fennmaradt a rendszer arisztotelészi fogalma. Ezekben a tudományokban a rendszer az élővilág eredetének és fejlődésének kivetítése az ismeretek síkjára. Természetesen a rendszer kifejezés a maga dinamikus, történeti jelentését csak később nyerte el, Darwin fellépése és fejlődéselméletének kifejtése után.

A rendszernek mind arisztotelészi, mind darwinista jelentése különbözik a strukturalista jelentéstől. Az arisztotelészi jelentés elsősorban a fogalomalkotásra utal: arra, ami a valóságból az ismeret síkján tükröződik. A biológiába átplántált arisztotelészi logika — Karl Linné műve — a rendszer felépítésére irányuló értelmi tevékenységet jelenti, az ismeretek rendszerezését — még hozzá alaposabb rendszerezését, mint ennek tényalapja. A biológiai megismerésben majd csak a rendszer darwinista jelentése hozza létre a történelmi és logikai tényező kapcsolatát, egyfajta logikai konstrukcióba foglalva az egyes fajok más fajoktól való leszármazását. Mivel azonban a logikai nem egyezik tökéletesen a történetivel, egyetlen darwinista növény- és állatosztályozó rendszer sem lehet kizárólagos vagy kielégítő. A rendszer Bertalanffy munkájában megfogalmazott jelentése kiemeli a *biológiai valóságot* alkotó elemek kölcsönhatását s az ebből a kölcsönhatásból keletkező különféle önálló együttesek (rendszerek) létrejöttét.

Ebben az értelemben rendszer a sejt, a szervezet, a szervezetek bizonyos együttese. Ha az élő egységeket különböző térfogatú rendszereknek fogjuk fel, felmerül matematikai jelekkel és egyenletekkel, egységes szemzőből való leírásuk lehetősége is.

Bertalanffy elméletének hívei feltételezik, hogy a rendszer itt vázolt jelentése a modern biológiának a jelenkori tudományos-műszaki forradalomhoz kapcsolódó korszakalkotó felfedezése. A tudománytörténet „iratárában“ való bűvárkodás azonban meggyőző arról, hogy Bertalanffynak is voltak elődei ebben a tekintetben, akikről vagy nem volt tudomása, vagy nem vette figyelembe őket. A rendszer strukturalista jelentése — ahogyan Bertalanffy rendszerértelmezését nevezhetjük — legalább olyan régi a biológiai gondolkodásban, mint az arisztotelészi jelentés. Treviranus, ez a meglehetősen obskúrus bölcselő a XIX. század eleji német romantikus természetbölcsélok arcképcsarnokában, a „biológiai rendszer“ kifejezést már modern értelemben használta: az élő szervezetet illetve ezzel a kifejezéssel. *Biologie oder Philosophie der lebenden Natur* című természetbölcséleti munkája 1802-ben jelent meg Göttingenben, tehát több mint másfél száz évvel Bertalanffy *Problems of Life* című munkája előtt a rendszer fogalom strukturalista jelentése már körvonalazódott. Treviranus eszméi azonban nem hatottak a biológiai gondolkodásra. Akkor még nem léteztek az élettudománynak azok az ágai, amelyek ilyen fogalmakat magukévá tehetek volna. Az ökológia, a genetika, az evolúció tudománya még nem alakult ki, a morfológiát a platóni típusban idealizmusa uralta, a fiziológia pedig még később is a klasszikus fizika és kémia értelmében használta a rendszer fogalmát, vagyis operacionális értelemben (a fizika és kémia számára a „rendszer“ a világmindenségnek éppen szemügyre vett és vizsgált tört részét jelentette).

Tulajdonképp azonban nem is Treviranus volt az első, aki strukturalista értelemben használta a rendszer fogalmát. Ezt tette már a XVIII. században a nagy francia anatómus, Vicq-d'Azyr is. Tudomásom szerint ő volt az első, akinél felbukkan az „élő rendszer“ (système vivant) kifejezés, azonos értelemben a Treviranus-féle „biológiai rendszer“ műszóval. Vicq-d'Azyr 1794-ben halt meg, szóban forgó műve csupán halála után, 1805-ben jelent meg — és bár ez három évvel későbbi időpont, mint Treviranus munkájának megjelenése, az elsőség a francia tudóst illeti meg.

Ezt a kis tudománytörténeti kitérőt nem azért tettem, hogy csökkenti próbáljam Bertalanffy művének jelentőségét, sem pedig azért, hogy elvitassam az általános rendszerelmélet lényeges hozzájárulását a tudományos gondolkodás fejlődéséhez, hanem azért, hogy felhívjam a figyelmet a feledésbe merült prioritásra, és kiemeljem azt, hogy a tudományos gondolkodás története a mikrorészecskék fizikája s az űrrepülés korában is hasznosítható tanulságokkal szolgálhat. A tudományos gondolkodás történetének ismerete megóvhat bennünket attól a meglepetéstől, hogy egy újnak tekintett elméletről vagy fogalomról utólag kiderüljön: valaki már rég kidolgozta.

Az általános rendszerelmélet új látásmódot vezet be a biológiában a földi élőanyag és a kozmosz viszonyát illetően. A rendszerbe és alrendszerekbe szervezett élőanyag a világmindenség egyik alkotórésze, annak a fejlődése során jött létre, bolygónk és a kozmosz közötti vegyi folyamatok kölcsönhatásának az eredménye. A rendszerelmélet előtti biológia csak elszigetelt, önálló szervezetekkel foglalkozott, az élővilágról alkotott felfogását az egyedi szervezet tanulmányozása határozta meg. Igaz, hogy az egyedi szervezetet környezetével együtt vizsgálta, ez utóbbit viszont leszűkítette néhány fizikai és kémiai tényezőre (például a hőmérséklet, a hidrogénionok sűrűsége stb.), és elszakadt az élővilágot körülvevő, létét meghatározó és állandóan befolyásoló planetáris és kozmikus tényezőktől. Az általános rendszerelmélet értelmezése szerint a szervezet életképessége, termodinamikai egyensúlya a Föld felszínére jutó részecskeáramlás függvénye, amely áramlás ugyanakkor összefüggésben van az anyagnak a földkéreg és a föld mélyebb rétegei közötti áramlásával is. Meg kell jegyeznünk azonban, hogy ez a felfogás is régebbi a szoros értelemben vett általános rendszerelméletnél: jóval 1960 előtt jelent meg a biológia, a geológia és a kémia „érintkezési övezetében“ kialakult biogeokémiában, e tudományág létrehozóinak, Ferszman és Vernadskij orosz vegyészeknek tulajdoníthatóan. Az általános rendszerelmélet mindenestre jóval határozottabb körvonalat adott az 1910-es évektől kezdődően kidolgozott elképzelésnek.

Az általános rendszerelmélet ugyanakkor kiemeli a szerves világ többszintű fölépítettségét is. E körül sok vita zajlik a szakirodalomban, főleg az integralitás elvével kapcsolatban. Az integralitás azt jelenti, hogy egy rendszer valamely más rendszer (főrendszer) része, és hogy a főrendszer funkcionális szabályozó szerepet gyakorol az alrendszer(ek) fölött. Például: a populáció a biocönózisba (életközösségbe) épül be. Ez azt jelenti, hogy a populáció döntő és közvetlen, tényleges és hatékony környezete a biocönózis — tehát az illető biotop (élőhely) összes fajának együttese. A biocönózis mintegy „megszűri“ a környezeti tényezőket, amelyek a populációra és az egyedi szerkezetekre hatnak. Az erdőben a talajra és a talajba jutó fény mennyiségét a biocönózisban élő fák sűrűsége határozza meg. Ugyanez érvényes a radioaktív izotópos fertőzésre is: az életközösség bármely alkotóelemét — növényt, baktériumot, állatot — érő besugárzás foka a biocönózisban elfoglalt helyétől függ, valamint attól a módtól, ahogyan a biocönózis mint a sugárzás elosztója és „képernyője“ működik. Az integralitásból következő szabályozás azt jelenti, hogy a főrendszer meghatározza az őt összetevő alrendszerek magatartását — így például az egyedi szervezetek, valamint a populációk magatartását az életközösség. Az életkö-

zösség mint természetes kiválasztó hat, és szabályozó tevékenysége nemcsak a populációk magatartását, hanem a létszámát s az egyes populációk egyedszámát is meghatározza. Másképpen viselkedik például a ragadozókkal szemben egy erdei, és másképpen egy nyílt füves pusztai növényevő emlős-populáció. Az erdőben a növényevők egyenként bújnak menedékhelyre a ragadozók elöl, a füves pusztán viszont csoportokba verődve védekeznek.

Természetesen a fentebb használt „főrendszer“ és „alrendszer“ kifejezéseknek csak viszonylagos jelentésértékük van. Főrendszernek nevezük azt a rendszert, amely az integrálódási szintek építményében magasabb helyet foglal el — ám éppen ez az építmény, amelyről szólunk, nem áll előttünk eléggé világosan. A szakirodalomban az integrálódási szintet eddig többféle változatban is modellálni próbálták, de egyik ilyen konstrukció sem tökéletes (beleértve az e sorok írójának *Ecologie generală* című, 1965-ben megjelent könyvében ajánlott modellt is). Talán N. Botnariuc találja fején a szöveget, amikor megállapítja: az összes ilyen tervezeteknek az a közös hibájuk, hogy a világ többsikú, bonyolult fölépítését lineáris modellben próbálják meg összefoglalni.

A rendszer fogalma és a rendszerelméleti megközelítés mélyebbre enged hatolni az élőanyag szerkezetének megismerésében. Rendszernek lehet minősíteni nemcsak a különféle lényeket és tárgyakat, egyszóval a valóság szubsztanciális összetevőit, hanem a folyamatokat, a valóság funkcionális összetevőit is. Így például a fejlődési folyamat az alkotórészei (alrendszerei) közötti belső ellentmondásokon (folytonosság és megszakítottság, genotípus és környezet, mutáció és kiválasztódás) alapuló rendszernek nevezhető. A szerkezet szintjén a rendszer fogalma lehetővé teszi a szervek közötti funkcionális kapcsolatok meghatározását, logikus egységben való leírását.

*

Mindez csak néhány vonatkozása a rendszerszemléletű biológiának; néhány olyan aspektus, melyeket e sorok írója a modern biológiai gondolkodásra a legjellemzőbbeknek tart. Az általános rendszerelmélet jelenleg kibontakozásának kezdetén tart, részben még saját használhatóságát bizonyítja csupán. Amikor majd az összes élettudományi diszciplínának „áthangolódnak“ erre az elméletre, és — ami nehezebben lesz elérhető — amikor minden biológus megérti és elsajátítja: az általános rendszerelmélet jóval nagyobb mértékben járul majd hozzá a biológiai gondolkodás haladásához.

Asztalos Lajos fordítása

