



8. fejezet:

A genetikai kód és eredete

„Az élőlények szívében nem tűz, nem meleg lehelet és nem „az élet szikrája” lakozik, hanem információ, szavak, utasítások... Képzeljünk el milliárdnyi digitális karaktert... Ha meg akarjuk érteni az életet, tanulmányozzuk a digitális technikát.”

Richard Dawkins

„Az információ fogalma központi jelentőségű mind a genetika, mind az evolúcióelmélet szempontjából.”

Maynard Smith

Információ a sejtben. Hogy még világosabban értsük az élet eredetéről való gondolkodásban rejlő kérdéseket, most a fehérjék szintjéről mélyebbre, a molekulák szintjére kell hatolnunk, ami meghatározza a láncszemek sorrendjét a fehérjék aminosavainak láncában. Ez rögtön elvezet minket minden idők egyik legnagyobb tudományos felfedezéséhez: az információt hordozó DNS-makromolekula természetéhez és jelentéséhez. Hiszen egy élő sejt nem pusztán anyag, hanem információval teli anyag. Richard Dawkins szerint: „Az élőlények szívében nem tűz, nem meleg lehelet és nem „az élet szikrája” lakozik, hanem információ, szavak, utasítások... Képzeljünk el milliárdnyi digitális karaktert... Ha meg akarjuk érteni az életet, tanulmányozzuk a digitális technikát”^{296, 297}

A DNS információtartalma alapvető az élet szempontjából, de az élet több, mint csupán DNS. A DNS önmagában élettelen. Mindazonáltal Dawkins-nak igaza van abban, hogy tanulmányoznunk kell az információt, amely alapvető szerepet játszik az életben. Az információt hordozó DNS a sejtanyagban található, és tárolja azokat az utasításokat, amelyek a fehérjék felépítéséhez szükségesek a funkcionális organizmusban. A DNS az öröklődés molekulája, amely tartalmazza mindazokat a tulajdonságokat, amelyeket átadunk gyermekeinknek.

296 *The Blind Watchmaker* [A vak órászmester], p.112.

297 Arisztotelész árnnyai! Ő látta, hogy egy élő szervezetet nem lehet egyedül anyagi okokkal magyarázni: A szervezetet alkotó anyag nem magyarázza a szervezet komplexitását. Arisztotelész szerint ehhez szükség van valami másra is, amit ő „eidosznak” vagy „formának” nevezett. És – amint maga a szó is sugallja – az anyagnak az információ adja meg a formáját.





Akárcsak egy számítógép merevlemeze, a DNS tartalmazza az információ adatbázisát és a megadott termékek előállításához szükséges programot. Az emberi testnek mind a tízbillió sejtje tartalmaz egy adatbázist, amely nagyobb, mint az *Encyclopaedia Britannica*. Az utóbbi évtizedekben tanúi lehettünk, amint a molekulár-biológusok – először kissé kelletlenül, de végül teljes egészében – magukévá tették az információtechnológia nyelvét és módszereit, amire a genetikai kód természetének és funkciójának felismerése készítette őket. Ma már magától értetődően úgy beszélünk az élő sejtről, mint információ-feldolgozó gépről, hiszen az is – molekuláris struktúra, amely rendelkezik az információ-feldolgozás képességével²⁹⁸. Ez izgalmas intellektuális fejlemény, hiszen azt jelenti, hogy a biológiai információ természete felderíthető az információtechnológia fogalmainak és eredményeinek felhasználásával. Mielőtt ezt megvizsgálánk, megpróbálunk képet alkotni arról, hogy mi is a DNS-molekula és miként hordozza az információt.

Mi a DNS?

A szó a **de**oxiribonukleinsav betűiből alkotott mozaikszó. Ez egy nagyon hosszú, kettős spirál-szerkezetű molekula. Crick és Watson ennek felfedezéséért kapta a Nobel-díjat. Egy spirális létrára hasonlít, amely sokkal egyszerűbb, nukleotidoknak nevezett molekulák egy hosszú láncra. A spirál minden teljes csavarodására tíz jut belőlük. A nukleotidok egy ribóznak nevezett cukorból, valamint egy foszfát-csoportból állnak, amiből hiányzik egy oxigénatom (innen a dezoxi előtag). Az adenin, guanin, citozin és timin nevű kémiai anyagokat – röviden A, G, C és T – bázisoknak nevezik. Egyedül ezek különböztetik meg az egyik nukleotidot a másiktól. Az első és második bázist purinoknak, a harmadikat és negyediket pirimidineknek nevezik. A létra fokaikat bázis-párok alkotják. A létrafokot alkotó bázis-pár két molekuláját hidrogénkötések tartják össze. Van egy szabály, miszerint A mindig C-vel, G pedig mindig T-vel alkot párt, vagyis egy purin mindig egy pirimidinhez kötődik. Tehát ha a kettős spirál egyik szála AGGTCCGTAATG..., akkor a másik szála bizonyosan CTTGAATGCCGT... A két szál ily módon kiegészíti egymást (egymás komplementerei). Ha ismerjük az egyik szálat, kitalálhatjuk a másikat. Hamarosan látni fogjuk ennek jelentőségét.

Természetesen a szálaikon lévő nukleotidok címkézése önkényes abban az értelemben, hogy például számokat is rendelhetünk hozzájuk, mondjuk: 1, 2, 3,

²⁹⁸ A sors iróniája, hogy a felvilágosodás elutasította azt az elképzelést (különösen biológiai összefüggésben), hogy az univerzum egy gép. Ma az információtechnológia nyelve alapvető a molekuláris biológiában.





4 vagy 2, 3, 5, 7 (vagy bármely négy különböző szimbólumot), és akkor a fent említett első szál így kezdődne: 133422341143... ill. 255733572275... Tehát mindegyik DNS-molekulához egy egyedi számot rendelhetünk (általában egy rendkívül hosszú számot, amint később látni fogjuk), amelyből kiolvashatjuk a molekula szekvenciáját.

Ahogy egy írott nyelv ábécéjének betűiből álló sorozat üzenetet hordozhat, amely függ a betűk pontos sorrendjétől, ugyanúgy a DNS bázisainak szekvenciája (ha úgy tetszik, a létra fokainak sorozata) is egy pontos üzenetet hordoz, amely az A, C, G és T betűkből álló négybetűs ábécében íródott. A *gén* e négy betűből álló hosszú sorozat, amely egy adott fehérjére vonatkozó információt hordoz, úgyhogy a gén úgy értelmezhető, mint egy utasítássorozat vagy program e fehérje előállításához. A kódolás úgy történik, hogy mindegyik, három nukleotidból álló csoport (kódon) egy aminosavat kódol. Minthogy 4 nukleotid van, összesen $4^3 = 64$ lehetséges hármas áll rendelkezésre a 20 aminosav kódolására. Kiderül, hogy ugyanahhoz az aminosavhoz egynél több (a valóságban legfeljebb hat) különböző hármas tartozhat. Ez a kódolás indokolja a genetikai kód elnevezést.

A *genom* egy teljes génkészlet. A genomok általában nagyon nagyok: Az E-kólibaktérium DNS-e kb. négy millió betű hosszúságú, és ezer oldalt töltene meg egy könyvben, míg az emberi genom több mint 3,5 milliárd betűből áll, és egy egész könyvtárat megtöltene²⁹⁹. Érdekes, hogy az emberi test egyetlen sejtjében szorosan összetekeredő DNS tényleges hossza durván 2 méter. Mivel az emberi testben kb. 10 billió (10^{13}) sejt van, a DNS teljes hossza 20 billió méter, ami felfoghatatlan.

A pontosság kedvéért hangsúlyozni kell, hogy bár egy adott organizmusban a DNS-t gyakran azonosítjuk a genommal, szigorúan véve a genom a DNS-nek csak egy viszonylag kis része – emberekben 3 százaléka. A DNS fennmaradó 97 százalékát, az úgynevezett nem-kódoló DNS-t, hulladék-DNS-nek nevezik, de ma már világos, hogy egyáltalán nem hulladék, mivel kiderült, hogy ő felelős a genetikai folyamatok szabályozásáért, fenntartásáért és újraprogramozásáért, ezenkívül transzpozonoknak nevezett, nagyon mozgékony DNS-szegmenseket tartalmaz, amelyek képesek elkészíteni önmaguk másolatát, és a DNS különböző helyeire vándorolni, ahol különböző hatásokat fejthetnek ki,

299 Úgy beszélünk az emberi génkészletről (genomról), mintha csak egy volna. Ez persze helytelen – a genetikai ujjlenyomat azon alapszik, hogy az emberi génkészlet teljesen egyedi. Valószínűleg elmondhatom, hogy ha saját DNS-emet összehasonlítanám valaki máséval, akkor 99,9 százalékban azonosak lennének. A különbségek részben az egyedi nukleotid-polimorfizmusok (SNP) felhalmozódásából adódnak, amelyek úgy jönnek létre, hogy egyetlen nukleotid hibásan másolódik át a DNS-replikáció során.





például letilthatják a géneket vagy aktivizálhatják az addig inaktív géneket.³⁰⁰ A nem-kódoló DNS érdekes felhasználása a genetikai ujjlenyomat, amit Alec Jeffreys fedezett fel 1986-ban.

Hogyan kódolja a DNS a fehérjéket?

A DNS a sejt magjában helyezkedik el, amit egy membrán véd. Ahhoz, hogy bármi történjen, és a sejt „élni” kezdjen, a DNS-ben lévő információt át kell vinni a citoplazmába, a sejtnek a magon kívüli részébe, ahol a sejt gépezete – ha úgy tetszik, a sejt gyáracsarnoka – üzemel. Ez az információ például ahhoz szükséges, hogy a riboszómáknak nevezett molekuláris gépek enzimeket tudjanak gyártani a citoplazmában. Hogy miként jut a DNS-ben lévő információ a riboszómákhoz, hogy azok enzimeket gyárthassanak? Nos, ezt egy másik, ribonukleinsavnak (RNS) nevezett hosszú nukleinsav-molekula végzi el, amely nagyon hasonlít a DNS-hez, csak általában nem kettős szálú, noha rendelkezik a DNS-ből hiányzó extra oxigénatomokkal. Akárcsak a DNS-nek, neki is 4 bázisa van. Ezek közül három – A, G és C – már ismerős, de a negyedik még nem – ez az uracil (U), amely a DNS T-jét helyettesíti. A folyamat során először a magon belüli DNS közepén – akár egy cipzár – szétnyílik, és két szálra hasad. Ezt megkönnyíti, hogy a szálak közötti hidrogénkötések gyengék azokhoz a kötésekhez képest, amelyek a bázisokat tartják össze az egyes DNS-szálakban. Ezután egy RNS-szál, amelyet hírvivő RNS-nek (messenger RNS, mRNS) neveznek, átírja az egyik DNS-szálat, aminek eredménye nagyon hasonlít a komplementer DNS-szállhoz, csak a T helyén mindenütt U áll. Néha a másolási folyamatba hiba csúszik be (általában nagyon kevés), ami mutációt okoz. Ezután az mRNS áthalad a mag falán, és eljut a citoplazmába, ahol lezajlik a fordítás (dekódolás) elképesztően bonyolult folyamata.

Az mRNS-szálat úgy lehet elképzelni, mint egy számítógép mágnesszalagját, a riboszómát pedig úgy, mint egy gépet, amely a szalagon lévő információk alapján előállít egy fehérjét. Ehhez a riboszóma végighalad az mRNS-szálon, és közben „kiolvassa” a benne tárolt információt. Olyan, mint egy számítógép mágnesszalagolvasó-feje, vagy egy Turing-gép letapogató-feje, bár ott a fej van rögzítve, és a szalag mozog, ami lényeges különbség. Nos, a riboszóma leolvassa a kódonokat – emlékeztetünk rá, hogy a kódon három egymást követő betű együttese – abban a sorrendben, ahogy megjelennek a szalagon, például

300 A Nature folyóiratban (447, 891-816, 14th June 2007) megjelent egy riport, amely beszámol az emberi genom megcélzott 1 százalékának kísérleti vizsgálatáról az alapos Encode projekt keretében. A vizsgálat „meggyőző bizonyítékkal szolgál arra, hogy a genom pervazív (átható) módon íródik át”. Eszerint csak nagyon kevés „hulladék” DNS van.





AAC UGC UUG... A riboszóma következő feladata megtalálni azokat az aminosavakat, amelyek megfelelnek ezeknek a kódonoknak (ebben az esetben aszparagin, cisztein és leucin). Ezek a riboszóma körül úszkálnak, és gyenge hidrogénkötésekkel kapcsolódnak az átvívó RNS-nek (transfer RNS, tRNS) nevezett molekulákhoz, amelyek kereszt alakúak. Például ha egy ilyen molekula egyik karjához aszparagin kapcsolódik, akkor a kar másik vége az úgynevezett antikódonhoz kapcsolódik, ami az AAC kódon megfelelője, vagyis a CCA. Amikor a riboszóma kiolvassza egy kódot, akkor megkeresi a megfelelő antikódot, kihalássza, majd eltávolítja a hozzá kapcsolódó aminosavat, és ezt hozzácsatolja a már összeszerelt aminosavakhoz. Így jön létre fokozatosan az új fehérje.

Ezek az apró mechanizmusok – olyan kicsik, hogy csak nagy teljesítményű mikroszkóp alatt láthatók – hihetetlenül bonyolultak és kifinomultak. Erről meggyőződhetünk, ha bepillantunk a molekuláris biológia valamelyik tankönyvébe. Komplexitásuk oly mértékű, hogy még az olyan meggyőződéses evolucionista biológusok is, mint John Maynard Smith és Eörs Szathmari, bevallják: „A létező dekódoló gépezet olyan komplex, univerzális és nélkülözhetetlen, hogy nehéz megérteni, hogyan jöhetett létre, vagy hogyan létezhetett az élet nélküle”.³⁰¹ Csaknem tíz évvel később Carl Woese azon siránkozott, hogy még a legintelligensebb emberek sem képesek megszerkeszteni egy ilyen mechanizmust: „Nem tudjuk, hogyan lehet újdonságot létrehozni a semmiből – ez a fő kérdés a jövő biológusai számára”.³⁰²

Mind ez benne van a génekben?

Itt meg kell állnunk egy pillanatra, hiszen amikor információban gazdag bio-molekulákról (mint a DNS) és genetikai kódról beszélünk, könnyen azt a benyomást keltjük, hogy a gének mindent elmondanak nekünk arról, mit jelent embernek lenni. A molekulár-biológusok sok éven át „fő dogmának” tekintették – ahogy Francis Crick nevezte –, hogy a genom teljes mértékben számot ad az organizmus örökölt tulajdonságairól. Ez elkerülhetetlenül táplálta azt a fajta bio-determinizmust, amely az egyes géneket tartotta felelősnek az összes emberi betegségért és tulajdonságért, az erőszakra és az elhízásra való hajlamtól a matematikai tehetségig.

301 *The Major Transitions in Evolution* [A fő átmenetek az evolúció során], Oxford and New York, Freeman, 1995, p.81; see also *Nature* 374, 227–232, 1995

302 Idézet innen: Whitfield, *Origins of Life: Born in a watery commune* [Az élet eredete: Vizes közegben született], *Nature*, 427, 674–676





A komplexitás hierarchiája

Azonban egyre több bizonyíték van arra, hogy ez valószínűtlen. Hiszen kiderült, hogy az emberi genom mindössze 30 000–40 000 gént tartalmaz. Ez nagy meglepetés volt sokak számára – végül is az emberi sejtgépezet körülbelül 100 000 különböző fehérjét termel, tehát az ember azt várná, hogy legalább ennyi gén áll rendelkezésre ezek kódolásához. Egyszerűen túl kevés gén van ahhoz, hogy számot adjanak örökölt tulajdonságaink komplexitásáról vagy mondjuk a növények és az emberek közötti nagy különbségekről. Ezért Steve Jones genetikus óva int minket: „Lehet, hogy a csimpánz DNS-ének 98 százaléka azonos a miénkkel, de ez nem jelenti azt, hogy 98 százalékban emberi: Egyáltalán nem emberi – ő egy csimpánz. És vajon mond-e bármit is az emberi természetéről az a tény, hogy vannak közös génjeink az egerrel vagy a banánnal? Egyesek szerint a gének megmondják nekünk, mik vagyunk valójában. Ez a gondolat abszurd”.³⁰³

Vegyük például azt a tényt, hogy a gének be- és kikapcsolhatók – mégpedig egy organizmus fejlődésének különböző stádiumaiban. Ennek a kapcsolásnak a vezérlését az aktivátoroknak (promoters) nevezett szekvenciák végzik, amelyek általában a gén elejéhez közel találhatók. Most képzeljünk el egy organizmust n génnel, amelyek mindegyike kétféle állapotban lehet – bekapcsolt vagy kikapcsolt állapotban, vagy genetikai terminológiával: kifejezett vagy kifejezetlen állapotban. Akkor nyilván 2^n lehetséges kifejezettségi állapot van. Most tételezzük fel, hogy az A organizmusnak 32 000, a B organizmusnak pedig 30 000 génje van. Ekkor a kifejezettségi állapotok száma $2^{32.000}$ ill. $2^{30.000}$, vagyis A-nak 2^{2000} -szer több kifejezettségi állapota van, mint B-nek – és 2^{2000} nagyon nagy szám, sokkal nagyobb, mint az univerzumban található elemi részecskék becsült száma (kb. 2^{80}).

Tehát a gének számában lévő viszonylag kis különbség nagyon nagy különbséget eredményez az organizmusok fenotípusában. De ez csak a kezdet, hiszen túlságosan leegyszerűsítő a legutóbbi számításnál tett feltételezés, miszerint a gének vagy bekapcsolt, vagy kikapcsolt állapotban vannak – különösen, ha a komplexebb organizmusokra gondolunk. Az ilyen organizmusok génjei „ügyesebbek” abban az értelemben, hogy sokkal több fajta molekuláris gépet képesek építeni és vezérelni. Például lehetnek részlegesen kifejezett – se nem teljesen bekapcsolt, se nem teljesen kikapcsolt – állapotban. Az ilyen vezérlő mechanizmusok képesek reagálni a sejt környezetére oly módon, hogy meghatározzák, milyen mértékben legyen bekapcsolva egy gén. Vagyis olyanok, mint

303 *The Language of the Genes* [A gének nyelve], Revised Edition, London, Harper Collins, 2000, p.35





egy miniatűr vezérlő számítógép. És mivel a gének be- vagy kikapcsoltságának mértéke változik, a fenti számítást drasztikusan módosítani kell. A fehérjékre ható fehérjék hatása azt jelenti, hogy belépünk a komplexitás hirtelen növekvő szintjeinek hierarchiájába, amelynek még a legalacsonyabb szintjét is nehéz felfogni.

De a komplexitás ennél még sokkal több meglepetést tartogat, hiszen ma már nyilvánvaló, hogy bármely egyéni sajátosság vagy funkció kialakításában gének sokasága vehet részt – itt a megfelelés nem egy az egyhez, hanem sok az egyhez. Ennek okai most kezdenek feltárulni. Barry Commoner, a Kritikus Genetikai Projekt vezető tudósa és igazgatója a Természeti Rendszerek Biológiájának Központjában (Critical Genetics Project at the Centre for the Biology of Natural Systems at Queens College, City University of New York), “Unravelling the DNA Myth” [A DNS mítoszának megfejtése] című cikkében³⁰⁴ megnevez három felfedezést, amelyek alátámasztják azt az állítást, hogy az élet több, mint csupán DNS.

1. Alternatív splicing. Commoner felvetette, hogy alaposan felül kell vizsgálni a „fő dogmát” – Crick szekvencia-hipotézisét, hogy tudniillik egyetlen gén nukleotid-szekvenciája egyetlen fehérje aminosav-szekvenciáját kódolja. Hiszen megmutatták, hogy egyetlen gén sok fehérjeváltozatot hozhat létre egy alternatív splicing-nak (kivágás) nevezett folyamat segítségével, ami akkor történhet meg, amikor egy gén nukleotid-szekvenciája átvivődik a hírvívő RNS-re. Más szóval, a gének és a fehérjék nem egy az egyben felelnek meg egymásnak. Az történik, hogy egy legfeljebb 150 fehérjéből álló speciális csoport – öt RNS-molekulával együtt, amit spliceosome-nak (csatlakoztató test) neveznek – összegyűlik az mRNS különböző helyein, és egy molekuláris gépet alkot, amely az mRNS-t szegmensekre vágja szét, amelyeket aztán sokféle különböző sorrendben illeszthet össze (rekombináció). Egyes darabokat eltávolít, másokat hozzáad. Tehát az újra-összeillesztett anyag szekvenciája különbözik az eredetitől. Ily módon, az alternatív splicing kivágásos technikája révén, egyetlen génből sok különböző fehérje jöhet létre. Például a csirkék és az emberek belső fülében is van egy ilyen gén, amely 576 fehérjeváltozatot képes létrehozni.³⁰⁵ A gyümölcsleányban is van egy gén, amely 38.016 különböző fehérjét képes előállítani.

Commoner rámutat e felfedezés megsemmisítő következményeire arra a hiedelemre nézve, hogy az eredeti DNS-szekvenciából származó genetikai infor-

304 Harper's Magazine, February 2002

305 D.L. Black, Splicing in the inner ear: a familiar tune, but what are the instruments? [Splicing a belső fülben: ismerős dallam, de milyen hangszerek játsszák?], Neuron, 20 (2), 1998, 165–168





máció változatlanul megjelenik a fehérje aminosav-szekvenciájában. Crick azt állította, hogy „akár egyetlen sejt felfedezése”, amelyben a genetikai információ fehérjéről nukleinsavra vagy fehérjéről fehérjére adódik át, „megrázná az egész molekuláris biológia intellektuális alapját”.³⁰⁶

Itt pedig pontosan ez történik: A splicing folyamat új genetikai információt hoz létre az RNS-ben. Ennek a folyamatnak részesei a spliceosome fehérjei is. Tehát egyszerűen nem tudjuk megjósolni egyetlen gén hatását azzal, hogy meghatározzuk a nukleotid-szekvenciájában lévő utasításokat. A splicing folyamat átszerkeszti ezeket az utasításokat, lehetővé téve számukra, hogy sokféle jelentést hordozzanak. Shin Kwak, a Tokiói Egyetem munkatársa 2002-ben kimutatta, hogy nagy valószínűséggel a splicing hibái okozzák a Lou Gehrig-kórt (amiotropikus laterális szklerózis), ezt a végzetes és bénító betegséget.

Korábban úgy gondolták, hogy a splicing nagyon ritka. Újabban azonban megfigyelték, hogy az alternatív splicing előfordulási gyakorisága nő a szóban forgó organizmus komplexitásával, és manapság úgy becsülik, hogy az emberi gének kb. 75 százaléka átmegegy ezen a folyamaton. Ma már egyértelmű, hogy az alternatív splicing során hozzáadott információ mennyisége óriási, így nem meglepő, hogy a nagyon hasonló génkészlettel rendelkező organizmusok között hatalmas különbségek lehetnek.

2. Hibakorrekción. A DNS hihetetlenül pontos megkettőzését (duplikáció) nem egyedül maga a DNS hajtja végre, hanem az függ az élő sejt jelenlététől is. A sejten belüli megszokott környezetében a DNS replikációjának hibája kb.: hárommilliárd nukleotidból egy (emlékezzünk rá, hogy az emberi genom hossza kb. hárommilliárd nukleotid). Azonban egy kémcsőben a hibaarány drámaian megnő: értéke kb. 1 : 100. Ha viszont a kémcsőbe megfelelő fehérjeenzimeket adagolunk, a hibaarány lecsökken kb. 1 : 10 millió értékre. A végső alacsony hibaarány úgy érhető el, hogy még több fehérjét adagolunk „javító” enzimek formájában, amelyek detektálják és korrigálják a hibákat³⁰⁷.

A nukleinsav-replikáció folyamata tehát nem csupán magától a DNS-től függ, hanem az ilyen fehérjeenzimek jelenlététől is. James Shapiro érdekes megfigyést tesz a hibajavító rendszerrel kapcsolatban: „Meglepődtem, ami-

306 The Central Dogma of Molecular Biology [A molekuláris biológia központi dogmája], Nature 227, 1970, 561–563, see p.563

307 Bizonyíték van arra, hogy a javító mechanizmusok még ennél is kifinomultabbak lehetnek. Robert Pruitt a Nature folyóiratban (434, 2005 p.505) arról a meglepő tényről számol be, hogy a lúdfű (*Arabidopsis thaliana*) bizonyos genetikai mutánsai normális utódokat produkálnak, amelyek nem a szüleiktől, hanem korábbi normális őseiktől kapják a genetikai információt. Ez a mendeli genetikai törvényei szerint lehetetlen. Pruitt felveti, hogy a korábbi nemzedékektől örökölt RNS-minták talán részt vesznek a mutáns géneikben lévő DNS kija-vításában, visszaállítva eredeti mintájukat.





kor megtudtam, hogy a sejtek milyen alaposan védekeznek éppen azok ellen a genetikai változások ellen, amelyek a hagyományos elmélet szerint az evolúciós sokféleség forrásai. Hála hibakorrigáló rendszereiknek, az élő sejtek nem passzív áldozatai a kémia és a fizika véletlen erőinek. Jelentős erőforrásokat fordítanak arra, hogy elnyomják a véletlen genetikai változásokat, és képesek beállítani a háttérbeli lokalizált mutabilitás (background localized mutability) szintjét azáltal, hogy szabályozzák korrekciós rendszereik aktivitását.³⁰⁸

Mi volt előbb — a tyúk vagy a tojás?

Az alternatív splicing és a hibajavító mechanizmusok létezésének egy fontos következménye, hogy a DNS létezése inkább függ az élettől, mint az élet létezése a DNS-től, ami megkérdőjelezi azt a közhiedelmet, hogy az élet eredete az RNS-DNS-élet láncban keresendő (az „RNS-világ” forgatókönyve). Commoner kertelés nélkül fogalmaz: „Az élettelen és élő dolgok közötti szakadék áthidalásának legnagyobb buktatója továbbra is fennáll. Minden élő sejtet a DNS-ben tárolt információ vezérel, amely átíródik az RNS-be és amelynek alapján fehérje készül. Ez egy nagyon bonyolult rendszer, és e három molekula közül bármelyik megkívánja a másik kettő létezését – akár ahhoz, hogy össze lehessen szerelni, akár ahhoz, hogy működni tudjon. Például a DNS hordozza az információt, de nem képes hasznosítani, sőt még önmagát lemásolni sem, az RNS és fehérje segítségével”.³⁰⁹

Itt egy tovább nem egyszerűsíthető szimbiózisról van szó, amit az eredet leegyszerűsítő modelljei nem tudnak megragadni. Leslie Orgel, a Salk Institute for Biological Studies munkatársa, hasonló példát közöl: „Nincs egyetértés a tekintetben, hogy az anyagcsere milyen szintre tud fejlődni egy genetikai anyagtól függetlenül. Véleményem szerint jelenlegi kémiai ismereteink nem támasztják alá azt a nézetet, hogy a reakciók hosszú sorozatai spontán módon megszerveződhetnek – és minden okunk megvan azt hinni, hogy erre nem képesek. Az elégséges specifikusság (sufficient specificity) elérésének problémája – akár vizes oldatban, akár egy ásvány felületén – olyan komoly, hogy elenyésző annak a valószínűsége, hogy lezáródjon egy olyan komplex reakciókör, mint a fordított citromsav-ciklus (reverse citric acid cycle)”.³¹⁰

308 A Third Way [Egy harmadik út], i.m. p33

309 Kenneth R Miller and Joseph Levine, *Biology: The Living Science* [Biológia: az élő tudomány], Upper Saddle River NJ, Prentice Hall, 1998 p.406–407

310 The origin of life – a review of facts and speculations [Az élet eredete – a tények és spekulációk felülvizsgálata], Trends in Biochemical Sciences, 23 1998, 491–495





3. A fehérjék geometriája. Amikor a fehérjék elkészülnek, egy pontosan meghatározott háromdimenziós alakzatba tekerednek – ettől függ későbbi biokémiai aktivitásuk. Korábban feltételezték, hogy mihelyt aminosav-szekvenciája meg van határozva, a fehérje azonnal „tudja”, hogyan kell a megfelelő alakzatba tekerednie. Most már tudjuk, hogy egyes fehérjéknek szükségük van egyéb kísérő fehérjékre (chaperone proteins) is, amelyek segítenek nekik megfelelően tekeredni – különben biokémiaailag inaktívak maradnának.

Továbbá vannak nukleinsav-mentes fehérjék (prionok), amelyek például az olyan degeneratív betegségek kialakulásáért felelősek, mint a kergemarha-kór. A kutatások bebizonyították, hogy a prion behatol egy normális agyi fehérjébe, és ráveszi azt, hogy újratekeredjen a prion háromdimenziós struktúrájának megfelelően. Ez a folyamat az újratekeredett fehérjét fertőzővé teszi, és végzetes láncreakciót vált ki. Az egészben az a legfurcsább és legérdekesebb, hogy a prionnak és az általa megzavart fehérjének ugyanaz az aminosav-szekvenciája, mégis az egyik végzetesen fertőző, a másik pedig normális és egészséges. Ez azt jelenti, hogy a fehérje információtartamának megbecslésekor figyelembe kellene venni a feltekeredés háromdimenziós geometriáját, ami szinte megoldhatatlan probléma.

Annak fényében, hogy ez már régóta ismeretes a tudósok előtt, Commoner felteszi a kérdést, vajon miért maradt fenn mégis a fő dogma. Válasza a következő: „Az elméletet bizonyos fokig óvták a kritikáktól, méghozzá egy olyan eszközzel, amely inkább jellemző a vallásra, mint a tudományra: A szektásság vagy csupán egy kellemetlen tény felfedezése megbocsáthatatlan bűn – eretnokség, ami könnyen szakmai kiközösítéshez vezet. Ez az elfogultság jórészt az intézmények tehetetlenségének és a szigor kudarcának tulajdonítható, de vannak más, alattomosabb okai is annak, hogy a molekulár-genetikusok miért elégednek meg a status quo-val: A fő dogma olyan kielégítő, csábítóan egyszerű magyarázatot kínált az öröklődésre, hogy szentségtörésnek tűnt kétségbe vonni. A fő dogma egyszerűen túl jó volt ahhoz, hogy ne legyen igaz.” Ezért úgy tűnik, sokkal fontosabb az, hogy mit jelent embernek lenni, mint az, hogy mi van a génekben.

Proteomika

A komplexitás szintjeinek hierarchiája nem ér véget a genetikai kódnak fehérjékre való lefordításával, hiszen a fehérjék sokféleképpen módosíthatók, sőt szétvághatók és újra összerakhatók, ahogy az mRNS-molekulák is. Ez a felismerés vezetett el a proteomika új tudományához, ahol a proteom mindazon fehérjék és fehérjevaltozatok halmaza, amelyek egy adott genomból létrehozha-





tók. Megmagyarázni a proteom elképesztő komplexitását, amely jóval nagyobb, mint a genomé – ez az egyik legnagyobb intellektuális kihívás a tudomány számára.

Információfeldolgozás a sejtben

Tehát minél több élő sejtet tanulmányozunk, annál több olyan tulajdonságukat fedezzük fel, amelyek ez emberi értelem legbonyolultabb csúcstechnológiai termékére, a számítógépre emlékeztetnek. De van egy kivétel: A sejt információ-feldolgozási kapacitása sokkal nagyobb, mint akár a legmodernebb számítógépeké. A Microsoft Corporation alapítója, Bill Gates mondta: „A DNS olyan, mint egy számítógépes program, csak sokkal de sokkal fejlettebb, mint bármely szoftver, amit eddig megalkottunk”.³¹¹

Gödel, Escher, Bach – an Eternal Golden Braid [Gödel, Escher, Bach – Örök aranyfonál] című könyvében³¹² Douglas Hofstadter ezt írja: „E hihetetlenül és bonyolultan összefonódó szoftverrel és hardverrel kapcsolatban felmerül egy természetes és alapvető kérdés: 'Hogyan fejlődtek ki annak idején?' ... egyszerű molekulákból egész sejtekké – ez meghalad minden emberi képzeletet. Az élet eredetével kapcsolatban számos elmélet létezik, de mind egyetlen központi kérdés körül forog: 'Honnan ered a Genetikai Kód, a lefordításához szükséges mechanizmussal együtt?' A választ megnehezíti, hogy ezt a kódot rendkívül ősrinek tekintik. Werner Loewenstein, akit a sejtek közötti kommunikáció és a biológiai információátvitel területén tett felfedezései tettek világhíróvá, ezt mondja: „Ez a genetikai lexikon nagyon hosszú múltra tekint vissza. Úgy tűnik, hogy egyetlen betű sem változott benne kétmilliárd éven keresztül; az összes földi élőlény – a baktériumtól az emberig – ugyanazt a hatvannégy betűs ábécét használja”.³¹³

Vizsgáljuk meg e problémahalmaz egyetlen vonatkozását – a DNS genetikai szoftverének eredetét. Gyakran halljuk, hogy a genetikai információ keletkezését elősegítik az információt hordozó molekulák közötti bizonyos kémiai affinitások. Azonban logikailag könnyen belátható, hogy ez nem lehet igaz. Gondoljunk az ábécére. Az angolban van egy szabály, miszerint a *q* betűt mindig egy *u* betűnek kell követnie. Most képzeljük el, hogy más betű-párok között is hasonló „affinitások” vannak. Világos, hogy minél több ilyen „affinitás” van, annál kevesebb kifejezést írhatunk le. Ahhoz, hogy kellően gazdag szókincsünk legyen, elengedhetetlen, hogy csaknem tetszőleges sorrendben írassuk

311 *The Road Ahead* [Az előttünk álló út], Boulder, Blue Penguin, 1996, p.228

312 London, Penguin, 1979, p 54

313 *The Touchstone of Life* [Az élet próbaköve], London, Penguin Books, 2000 p.64





le a betűket. Ugyanez a helyzet a DNS-sel. A nukleotid-bázisok (A, C, G, T) lényege, hogy véletlenszerűen helyezkedhetnek el. Ha bármilyen affinitás lenne közöttük, drasztikusan csökkenne információhordozó kapacitásuk.

Mármost a DNS létrafokait alkotó bázismolekula-párokat gyenge kémiai kötések tartják össze. De a létrafokok között, amelyeknek sorrendje a fehérjék előállításához szükséges információt kódolja, egyáltalán nincsenek kémiai kötések. Michael Polanyi elmagyarázza, hogy ennek milyen következményei vannak: „Tegyük fel, hogy a DNS-molekula tényleges struktúrája annak köszönhető, hogy bázisainak kötési erők sokkal erősebbek, mint lennének a bázisok bármely más elrendezése esetén. De akkor a DNS-molekulának nem lenne információtartalma. Kódszerű jellegét elhomályosítaná a hatalmas redundancia ... Bármilyen is az eredete egy DNS-konfigurációnak, csak akkor működhet kód-ként, ha sorrendje nem függ fizikai, vagyis potenciális energiából származó erőkötől. Fizikailag ugyanúgy nem lehet determinált, mint a szavak sorrendje egy nyomtatott lapon”.³¹⁴ A kulcsszó itt a „fizikailag”. Mint már korábban láttuk, az üzenet nem vezethető le a papír és a tinta fizikájából és kémiájából.

Hubert Yockey, az *Information Theory and Biology* [Információelmélet és biológia] című könyv szerzője³¹⁵, megerősíti ezt a véleményt: „Az arra irányuló kísérletek, hogy a sorrendet kapcsolatba hozzák a biológiai szerveződéssel vagy specifikussággal, merő szójátékok, amelyek nem állják ki a tüzetesebb vizsgálat próbáját. Ezek a makromolekulák azért képesek genetikai üzeneteket kódolni és információt hordozni, mert bázisaik sorrendjét nem vagy alig befolyásolják fizikai és kémiai tényezők”.³¹⁶ A genetikai szöveget nem a molekulák közötti kötések kémiája írja.

Ha a kémiai kötések alapuló magyarázatok nem működnek, milyen egyéb lehetőségek maradnak? Nagyon valószínűtlen, hogy a darwini folyamatok megoldást kínáljanak, hiszen biogenezisről beszélünk, az élet eredetéről beszélünk, és – bármire is képesek a darwini folyamatok – nehéz belátni, hogy miként indulhatnának be élet hiányában. Hiszen ahhoz, hogy a természetes szelekció bármit is végezhesen, szükség van egy mutáló replikátor létezésére. Már idéztük Theodosius Dobzhansky jól ismert kijelentését: „A prebiotikus evolúció önellentmondás”. Bár ez sokak számára idejétmúltnak tűnhet, óvatosságra int minket az olyan kifejezések használatában, mint „molekuláris evolú-

314 *Life's Irreducible Structure* [Az élet nem egyszerűsíthető struktúrája], Science, 160, 1968, p.1309

315 Cambridge, Cambridge University Press, 1992

316 H.Yockey, *A Calculation of the Probability of Spontaneous Biogenesis by Information Theory* [A spontán biogenezis valószínűségének kiszámítása az információelmélet segítségével], J. Theor., *Biology* 67, 1977, 377-398





ció”, amely azt sugallja, hogy hallgatólagosan feltételezzük: Rendelkezésünkre áll az a folyamat (replikáció, amely nélkül nincs értelme természetes szelekcióról beszélni, hiszen az éppen rajta fejt ki hatását), amelynek létezését éppen magyarázni próbáljuk. Amint John Barrow rámutat, James Clerk Maxwell már 1873-ban megfigyelte, hogy az atomok „olyan azonos részecskék populációi, amelyek tulajdonságaira nem hat a természetes szelekció, és amelyek tulajdonságai meghatározzák, hogy létezhet-e élet”.³¹⁷

Mindazonáltal továbbra is sokan próbálkoznak azzal, hogy az élet eredetének problémáját darwini típusú érvek segítségével oldják meg, amelyek kizárólag a véletlen és a szükségyszerűségeken alapulnak. Hogy ezeket az érveket megfelelő összefüggésbe helyezhessük, meg kell vizsgálnunk a matematika néhány további hozzájárulását a vitához.

317 The Selective Chemist, Pre-conference paper for Fitness of the Cosmos for Life: Biochemistry and Fine-Tuning Conference [A szelektív kémikus, előadás a kozmosznak az életre való alkalmasságáról, konferencia a biokémiáról és a finom összehangoltságról], Harvard University, Oct.11-12 2003





9. fejezet: Az információ kérdései

„Az élet digitális információ.”
Matt Ridley

„Az élet eredetének problémája lényegében ekvivalens a biológiai információ eredetének problémájával.”
Bernd-Olaf Küppers

„Az a feladatunk, hogy találjunk egy algoritmust, egy természeti törvényt, amely elvezet az információ eredetéhez.”
Manfred Eigen

„Egy gép nem hoz létre új információt, de a már ismert információt igen hatékonyan képes átalakítani.”
Leonard Brillouin

Mi az információ?

A könyvben eddig szabadon használtuk az „információ” szót. Eljött az idő, hogy közelebbről megvizsgáljuk ezt az alapfogalmat.

A könyvben az „információ” szót arra használjuk, hogy leírjunk valamit, amit most ismerünk, de korábban nem ismertünk – azt mondjuk, hogy információt kaptunk. Az információ számos módszerrel vihető át: verbálisan, kézírással, jelbeszéddel, titkos kóddal stb. Probléma akkor van, ha megpróbáljuk számszerűsíteni az információt. Szerencsére az információelmélet sokat fejlődött, aminek nagy jelentősége van, ha meg akarjuk vizsgálni a genetikai információnak nevezett dolog természetét.

Kezdjük annak az intuitív elképzelésnek a vizsgálatával, hogy az információ csökkenteni bizonytalanságunkat. Például megérkezünk egy kis szállodába, ahol szobát foglaltunk, és azt találjuk, hogy csak nyolc szoba van. Akkor – feltételezve, hogy az összes szoba hasonló, és nem valamelyik konkrét szobát kér-





tük – 1 : 8 annak a valószínűsége, hogy egy adott szobát kapjunk. A valószínűség bizonytalanságunk mértéke. Mihelyt közlik velünk azt az információt, hogy a 3-as szobát kaptuk, a bizonytalanság eltűnik. Az általunk kapott információ mérésének egyik módja, ha kiszámítjuk, hány eldöntendő kérdést (a válasz igen vagy nem) kell feltennünk ahhoz, hogy kitalálhassuk, melyik szobában helyeztek el. Egy kis gondolkodással könnyen rájöhettünk, hogy ez a szám 3. Azt mondjuk, hogy 3 *bit* információt kaptunk, vagy hogy 3 bit információra van szükségünk, hogy meghatározhassuk szobánkat. Megjegyezzük, hogy 3 éppen az a kitevő, amelyre 2-t kell emelnünk, hogy 8-at kapjunk (vagyis $8 = 2^3$), vagy fordítva: 3 a 8 2-es alapú logaritmus (vagyis $3 = \log_2 8$). Ezt az érvelést könnyű általánosítani: Ha a hotelben n szoba van, akkor egy konkrét szoba meghatározásához szükséges információ mennyisége $\log_2 n$.

Most gondoljunk egy angol nyelven írt szöveges üzenetre. Az angol mondatok szavakból és szóközből állnak, így „ábécénk” 26 betűből és a szóközből, vagyis összesen 27 szimbólumból áll. Ha üzenetre várunk mobil-telefonunkon, akkor annak valószínűsége, hogy egy adott szimbólumot (betűt vagy szóközt) kapjunk, $1/27$. Mindegyik szimbólum $\log_2 27$ (kb. 4,76) információt jelent, így egy m szimbólumból álló szöveg információtartalma $m \log_2 27$ (kb. $4,76m$).

Észrevehetjük, hogy az átvitt információ mennyisége *függ* az ábécé méretétől. Például ha tudjuk, hogy a szöveges üzenet számokat, betűket és szóközt tartalmaz, akkor ábécénk most 37 szimbólumból áll, vagyis egyetlen szimbólum $\log_2 37$ (kb. 5,2) információt képvisel.

A 2-es szám mindenhol kitüntetett szerepet játszik. A számítástechnikában használt „ábécé” csupán két szimbólumból – 0 és 1 – áll. Könnyű belátni, hogy legalább két szimbólumra van szükségünk ahhoz, hogy kódolni tudjunk bármely ábécét. Például ha egy angol szövegben csak a 26 betűt és a szóközt használjuk, akkor legfeljebb 5 hosszúságú bináris jelsorozatokra van szükségünk, hogy az összes szimbólumot kódolhassuk ($2^5 = 32 > 27$): A szóköz kódja lehetne 00000, az A betűé 00001, a B betűé 00010, a C betűé 00011 stb.

Szintaktikai és szemantikai információ

Most bevezetünk egy nagyon fontos fogalmat, amelyet elsőre nem könnyű megérteni. Tegyük fel, hogy mobil-telefonunkon a következő „üzenetet” kapjuk: ZXXTRQ NJOPW TRP. Ez az üzenet 16 szimbólumból áll, így információtartalma a fenti számítás szerint $16 \log_2 27$ bit. Erre valaki felkaphatja a fejét: „Álljunk meg egy pillanatra! Ez abszurdum, hiszen semmilyen üzenetet nem kaptam. Ebben a zagyvalékban nincs semmi információ.” Persze lehet, hogy az üzenet kódolt, vagyis rejtett. De tegyük fel, hogy nem ez a helyzet. Akkor mit





mondhatunk? Most elérkeztünk egy fontos definícióhoz: Ezen a szinten az „információnak” semmi köze sincs a „jelentéshez”, ezért *szintaktikai információnak* nevezzük.

Első látásra, mindennapi tapasztalataink alapján, ez ellentmond az intuíciónak, ezért részletesebb magyarázatra szorul. Tegyük fel, hogy valaki azt mondja Önnek, hogy fog kapni egy üzenetet a mobil-telefonján. Azt is közli, hogy négyféle szimbólumot kaphat: \sim , #, *, ^, és hogy az üzenet 5 szimbólumból fog állni. Ön ránéz a kijelzőre, és ezt látja: $\wedge \wedge \# \sim *$. Vajon mennyi „információt” kapott? Nos, semennyit, abban az értelemben, hogy fogalma sincs róla, mit jelent, sőt azt sem tudja, hogy jelent-e egyáltalán valamit. Szintaktikai értelemben mégis kapott információt. Négy lehetséges szimbólum van, így $1/4$ annak a valószínűsége, hogy egy adott szimbólumot kapjon, tehát egy szimbólum információtartalma 2 bit. A teljes „üzenet” 5 szimbólumból áll, így információtartalma 10 bit. Másképp fogalmazva: Ha megszámlálja, hogy hány lehetséges „üzenetet” kaphat, azt találja, hogy 2^{10} -t. Most már tudja, hogy mi az üzenet (nem azt, hogy mit jelent!). Korábban nem tudta. Ebben az értelemben Ön információt kapott.

Gondoljunk újra a mindennapos elektronikus kommunikációra egy csatornán, például egy közönséges telefonvonalon keresztül. Bármely adott pillanatban sokféle „információ” áramolhat rajta: hang, fax, adat – elektronikus „szimbólumok” bármilyen folyama, ami egyesek számára esetleg jelent valamit, mások számára pedig nem (például egy kínaiul beszélő személy nem közölhet információt – szemantikai értelemben – egy olyan személlyel, aki nem beszél kínaiul), vagy esetleg véletlen szimbólumok sorozata, például véletlen elektronikus hatások keltette zaj, ami semmilyen jelentést nem hordoz.

Mármost egy kommunikációs szakembert nem érdekli a csatornán keresztül áramló jelek jelentése. Nem igazán érdeklik az éppen átvitt specifikus szekvenciák, sokkal inkább az olyan dolgok, mint a csatorna kapacitása – másodpercenként hány szimbólum (bármilyen fajta) küldhető át rajta; a csatorna megbízhatósága – mi a valószínűsége, hogy egy szimbólum hibásan kerül átvitelre, például a csatorna zajossága miatt; a hibakorrekció lehetősége *stb.* És ezek a dolgok mindnyájunkat érintenek – sokan voltunk már frusztráltak a lassú adatátvitel miatt olyan lakásokban, ahol nincs szélessávú Internet.

Tehát a szintaktikai információ mérése nagyon fontos. Az ezzel kapcsolatos elméletet *Shannon-féle információelméletnek* nevezik Claude Shannon után, aki kidolgozta, és aki számos matematikai tételt bizonyított a zajos csatornák kapacitásával kapcsolatban. Ezek a tételek képezik az alapját a kommunikáció elméletének, amelytől olyannyira függ mai társadalmunk.





Nézzünk egy másik mindennapi példát, hogy biztosan megértsük az alapfogalmakat. Ön bemegy egy könyvtárba, és kér egy urológiai szakkönyvet. Lehet, hogy a könyvtáros sohasem hallott az urológiáról. De az „urológia” szó mint szimbólumsorozat 10 log₂ 27 bit információt tartalmaz (az angol ábécében – a fordító), és ha Ön közli a könyvtárossal ezeket a biteket (például betűzi a szót), ő begépelheti őket a számítógépes katalógusba, amely például azt válaszolja, hogy az MedSci 46 feliratú részlegben kell keresni, ahol Ön azután 3 könyvet talál a témával kapcsolatban. Vagyis a könyvtáros „csatornaként” működik, és továbbítja az információt a katalógus felé, bár számára az „urológia” szimbólumsorozatnak nincs semmilyen szemantikai jelentése³¹⁸.

Ebben a példában a könyvtáros az „urológia” szót kizárólag szintaktikai szinten kezeli – nem tudja, hogy a szó mit jelent, de nincs is szüksége rá. Az egyedüli információ, amire szüksége van, a szót alkotó betűk sorozata: A szót egyszerűen úgy kezeli, mint az ábécé betűinek egy jelentés nélküli sorozatát. De ha Ön orvos, az „urológia” szónak az Ön számára jelentése van – nem csak szintaktikai, hanem *szemantikai információt* is hordoz és közvetít. (A „szemantika” szó egy görög szóból ered, amelynek jelentése „jel”; vö.: „szemiotika” – a jelek tudománya).

A szemantikai információ mérése sokkal nehezebb feladat, mivel nehéz megragadni matematikailag, és eddig még nem találtak rá kielégítő módszert. Ez nem meglepő, hiszen egy szöveg jelentése erősen függ a kontextustól. Ha Ön azt látja, hogy mobil-telefonomon az IGEN üzenetet kapom, akkor sejtheti, hogy egy kérdésre kaptam választ, de azt nem tudhatja, hogy mi volt ez a kérdés: „Van egy jegyed a ma esti meccsre?” vagy „Elveszel feleségül?” Az üzenet jelentése nem határozható meg a kontextus előzetes ismerete nélkül. Más szóval: Nagyon sok további információ szükséges ahhoz, hogy egy adott információt értelmezni lehessen.

DNS és információ

Most alkalmazzuk ezt a gondolatmenetet a molekuláris biológiára. Gondoljunk a DNS-molekula „betűinek” kémiai ábécéjére. Tegyük fel, hogy Ön molekular-biológus, és tudja, mit „jelentenek” a betűsorozatok, abban az értelemben, hogy génekre tudja osztani őket, és meg tudja mondani, hogy az egyes gének mely fehérjéket kódolják. Vagyis az Ön számára a sorozatnak szemantikai dimenziója van. Az Ön számára a DNS ugyanazt a fajta specifikált komplexitást

318 Ugyanez érvényes, valahányszor felütünk egy szótárat, hogy megnézzük, vajon egy ismeretlen szó – pl. ‘scrabble’ – valóban létező angol szó-e.





mutatja, mint a nyelv, hiszen a betűk sorrendje egy génben meghatározza az aminosavak sorrendjét a megfelelő fehérjében³¹⁹.

Nem úgy az én számomra: Én semmi mást nem látok egy ilyen sorozatban, mint jelentés nélküli szimbólumok egy hosszú listáját: ACGGTCAGGTTCTA ... Mégis van értelme arról beszélni, hogy ismerem a szimbólumsorozat tartalmát szintaktikai vagy Shannon-féle értelemben. Valóban, annak ellenére, hogy nem ismerem a sorozat „jelentését”, pontosan meg tudom mondani, mennyi szintaktikai információt kell Önnek közölnie velem, hogy hibátlanul reprodukálni tudjam a sorozatot. A genetikai ábécé 4 betűből áll, így minden betű, amelyet Ön lediktál nekem, 2 bit információt tartalmaz. Így például az emberi genom DNS-e, amely durván 3,5 milliárd betűből áll, körülbelül 7 milliárd bit információt tartalmaz. Ha Ön lediktálja nekem ezeket a betűket, akkor én le tudom másolni a DNS-t anélkül, hogy érteném a leírt szöveg „jelentését”.

A genom-kutatás fontos szempontja, hogy olyan specifikus mintákat találjanak, amelyek megismétlődhetnek egy adott genomban, vagy olyan specifikus szekvenciákat, amelyek közösek több genomban. A specifikus szekvenciák keresését motiválhatják szemantikai megfontolások is, de a tényleges számítógépes keresés a genom nagy adatbázisában a statisztikai információ szintjén történik.

Komplexitás

Ebben a fejezetben eddig még nem említettük a komplexitás fogalmát. Mindazonáltal annak alapján, hogy az emberi genom 7 milliárd bit információt tartalmaz, némi fogalmat alkothatunk a komplexitásáról. De csak némi fogalmat. Gondoljunk például a következő bináris sorozatra:

001001001001001001001001...

Tételezzük fel, hogy ugyanígy folytatódik hatmilliárd számjegyig (3-al osztható számra van szükségünk). Ebben az esetben láthatjuk, hogy az eddigi megfontolások alapján 6 milliárd bit információt tartalmaz. Ez vajon azt jelenti, hogy (csaknem) olyan komplex, mint az emberi genom? Világos, hogy nem. Hiszen azonnal látjuk, hogy egy ismétlődő mintából áll – a 001 számhármass ismétlődik újra és újra. Tehát bizonyos értelemben a sorozatban lévő összes információ benne van a következő rövid állításban vagy utasításban: „Ismételd meg a 001 számhármast kétmilliárdszor”. Az ismétlésnek ez a mechanikus fo-

319 Az emberi genom legújabb vizsgálata azt mutatja, hogy a helyzet még ennél is bonyolultabb, amint az kiderül a „Mi az élet?” című szakaszban, a könyv vége felé. Ez a tény csak megerősíti érvelésünket, amit azonban egyszerűbb megfogalmazni ebben a formában.





lyamata jól példázza, mit értenek a matematikusok algoritmus³²⁰ alatt – olyan eljárást, amelyet egy számítógépes program meg tud valósítani. Ebben az esetben egy nagyon egyszerű programot írhatnánk: ‘for n = 1 to 2·10⁹ do write 001 end’. Csupán 35 leütésre volt szükségem, hogy legépeljem ezt a programot, és nyilvánvaló, hogy ha ezt a számot a program „hosszának” tekintem, akkor az sokkal pontosabb képet ad a sorozat információtartalmáról, mint a 6 milliárd jegyű szám tényleges hossza.

Íme egy másik példa, amely intuitív módon sugallja ezt a gondolatot: Tekintsük a következő betűsorozatot:

ILOVEYOUILOVEYOUILOVEYOUILOVEYOU...

és tegyük fel, hogy a sorozatban 2 milliárdszor ismétlődik az I LOVE YOU kifejezés. Világos, hogy a sorozatban lévő információ (ezúttal szemantikai értelemben) már az első három szóban benne van (bár úgy is lehetne okoskodni, hogy az ismétlés hangsúlyosabbá teszi a mondanivalót!). Mindenesetre a következő program a teljes szemantikai információt hordozza: ‘for n = 1 to 2·10⁹ do write ILOVEYOU end’. Vagyis az információtartalom mértékéről jobban tájékoztat a (rövid) programban lévő szintaktikai információ bitjeinek száma, mint a (hosszú) szövegben lévőé.

Algoritmikus információelmélet

Szimbólumok (bináris számjegyek, betűk, szavak *stb.*) adott sorozatának „összesűritése” (sokkal) kisebb méretre egy számítógépes program segítségével – ez az alapötlete az úgynevezett algoritmikus információelméletnek. Az „algoritmus” szó Mohamed Ibn-Mússa al-Hvárizmi arab matematikus nevéből származik, aki a híres Bölcsesség Házában dolgozott Bagdadban, a 9. században. Az algoritmus hatékony eljárás egy feladat elvégzésére véges számú lépésben. Például az $x = (-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac})/2a$ képlet hatékony eljárást ad az $ax^2 + bx + c = 0$ másodfokú egyenlet gyökeinek a kiszámítására, ahol a , b , és c számok. Ez tehát egy algoritmus. Hasonlóan, a számítógépes programok (szoftverek) olyan algoritmusok, amelyek lehetővé teszik a hardver számára, hogy feldolgozza a betáplált információt. A számítógépes programok általában sok algoritmust tartalmaznak, amelyek mindegyike hozzájárul a hatékony számításhoz. Az algoritmikus információelméletet (ATI) Kolmogorov és Chaitin dolgozta ki. Az ATI módszer ad egy jelsorozat információtartalmának vagy

320 Az „algoritmus” szó al-Hvárizmi arab matematikus nevéből származik. Szórákoztatón tárgyalja ezt a fontos fogalmat David Berlinski *The Advent of the Algorithm* [Az algoritmus eljövetele] című könyve (New York, Harcourt Inc. 2000).





komplexitásának megragadására: Ki kell számítani annak a legrövidebb algoritmusnak a méretét, amely elő tudja állítani a sorozatot³²¹.

Az ATI szerint X információtartalmának definíciója (ahol X például bináris számjegyeknek vagy bármely ábécé betűinek ill. számjegyeinek egy sorozata *stb.*):

$H(X)$:= az X -et előállítani képes legrövidebb program mérete bitekben.

Most tekintsünk egy karakterláncot, amelyet egy számítógép billentyűzetével játszó majom állít elő: Mtl3(#8HJD[;ELSN29X1TNSP]\@... , és tételezzük fel, hogy ez is 6 milliárd betűből áll, vagyis ugyanolyan hosszú, mint a korábban vizsgált sorozatok. Mivel a sorozat alapvetően véletlenszerű, bármely program, amely elő képes állítani, lényegében ugyanolyan hosszú, mint maga a sorozat. Vagyis ez a sorozat algoritmikusan nem sűrítendő össze. Az algoritmikus összesűrítetlenség valóban nagyon jó definíciója annak, hogy mit jelent a véletlenszerűség. Ezenkívül a fenti sorozat maximálisan komplex a komplexitásra vonatkozó kritériumunk alapján.

Végül, harmadik karakterláncként, vegyünk egy angol nyelvű könyvtár polcain lévő könyvek első 6 milliárd betűjét. Bár itt elérhetünk némi algoritmikus összesűrítést, ez elhanyagolható a karakterlánc hosszához képest. Vagyis ez a karakterlánc algoritmikusan ugyanúgy összesűrítetlenség, mint a második (így matematikai szempontból véletlenszerű). Ugyanezen okból nagyon komplex is. Komplexitása valahogy mégis különbözik a majom által előállított sorozat komplexitásától, hiszen annak nincs számunkra értelmezhető jelentése, míg ez tartalmaz szemantikai információt – a könyvekben lévő szavak és mondatok jelentését értjük. A harmadik karakterláncnak azért van jelentése számunkra, mert tudunk angolul, így felismerjük a sorozatban lévő betűk által alkotott szavakat. Egy ilyen karakterlánc nem csak komplex, de az úgynevezett *specifikált komplexitás* ismertetőjegyeit is mutatja, azt a fajta speciális komplexitását, amelyet a nyelvvel társítanak. A *specifikált komplexitás* kifejezést először Leslie Orgel használta *The Origins of Life* [az élet eredete] című könyvében³²², valamint Paul Davies *The Fifth Miracle* [Az ötödik csoda] című könyvében³²³, de egyikük sem definiálta pontosan. William Dembski matematikus viszont alaposan elemezte *The Design Inference: Eliminating Chance through Small Probabilities* [A tervezésre való következtetés: A véletlen kiküszöbölése kis valószínűségek által] című könyvében³²⁴.

321 Ellentétben az információ Shannon-féle elméletével, amely alapvetően statisztikai jellegű.

322 New York, Wiley, 1973

323 Simon and Schuster, 1999

324 Cambridge, University Press, 1998





Nyilván nagy különbség van az első példában szereplő, jelentősen összesűrithető és kristályszerű rendezettséget mutató sorozat és a másik két példában szereplő, gyakorlatilag összesűrithetetlen sorozatok között. E különbség miatt valószínűtlen, hogy a Rayleigh-Bénard-féle konvekcióban vagy a Belousov-Zhabotinski-féle reakcióban lezajló rendeződési folyamatoknak nagy jelentősége lett volna az élet keletkezésében.

Az, hogy egy sorozat algoritmikusan összesűrithetetlen, azt jelenti, hogy nem jelenhet meg egy viszonylag egyszerű algoritmikus folyamat „eredendő” tulajdonságaként úgy, ahogy egy csodálatos fraktál-kép ered egy meglehetősen egyszerű egyenletből. Mindnyájunkat elbűvölt a híres Mandelbrot-halmaz bonyolult önszimmetriája, amelynek számítógép által előállított képei sok könyv borítóját és lapjait díszítik. Ez a halmaz azonban visszavezethető egy viszonylag egyszerű matematikai függvényre: $f(z) = z^2 + k$, ahol z komplex változó. Vajon mondhatjuk-e, hogy az összetett fraktál ebből az egyszerű egyenletből „ered”?

Bizonyos értelemben igen, ha arra gondolunk, hogy az egyenlet ismeretében felrajzolhatjuk a fraktál-görbét (mondjuk egy számítógép képernyőjére). De itt is óvatosnak kell lennünk, hiszen ha azt kérdezzük, hogy a képernyőn megjelenő kép miként „ered” az egyenletből, akkor azt találjuk, hogy sokkal többről van szó, mint az egyenlet egyszerű felírásáról. A függvény sok különböző iterációját kell kiszámolni, a képernyő megfelelő képpontjaihoz színeket kell rendelni aszerint, hogy egy adott iteráció pályagörbéje rendelkezik-e bizonyos tulajdonságokkal (pl. lokális korlátosság), úgyhogy mindegyik pályagörbe esetén ellenőrizni kell ezt a tulajdonságot. Tehát az „eredő” kép csak azon az áron származtatható az egyszerű egyenletből, hogy jelentős mennyiségű többlet-információt kell bevinni programozási munka és intelligensen megtervezett hardver formájában. Vagyis nem adják „ingyen”.

Még nyilvánvalóbb ez azzal kapcsolatban, ahogy Dawkins szemléltette az „eredendő jelleget” egy Oxfordban tartott nyilvános előadásban³²⁵, amelyet már említettünk. Dawkins azt állította, hogy a szövegfeldolgozás képessége a számítógép „eredendő” tulajdonsága. Igen, az; de csak azon az áron, hogy bele kell táplálni azt az információt, amit egy olyan, intelligensen megtervezett szoftvercsomag tartalmaz, mint a Microsoft Word. Egy dolog bizonyos: Nincs olyan „vak órásmester”-szerű folyamat, amely létre tudná hozni egy digitális számítógép szövegfeldolgozó képességét.

Ismertetünk egy másik példát, hogy jól eszünkbe vessük a komplexitás második és harmadik fajtája közötti különbséget. Ha tinta ömlik egy darab papírra, akkor egy komplex esemény történik abban az értelemben, hogy végtelenül ki-

325 20th January 1999.





csiny annak a valószínűsége, hogy a lehetséges tintapacák közül éppen ez alakuljon ki. De a tintapaca komplexitása nem specifikált. Másrészt ha valaki üzenetet ír a papírra, akkor specifikált komplexitással van dolgunk. Mellesleg a tintapacát gondolkodás nélkül a véletlennek tulajdonítjuk, az írást pedig egy intelligens szerzőnek, nemde?

Most alkalmazzuk ezt a gondolatmenetet a genomra. A DNS-molekulán lévő A, C, G és T bázisok bármelyik helyet elfoglalhatják, így képesek olyan kifejezések ábrázolására, amelyek algoritmikusan összesűrítetetlenek, vagyis – hangsúlyozzuk, hogy csupán matematikai szempontból – véletlenszerűek. De ne gondoljuk, hogy ez a matematikai véletlenszerűség azt jelenti, hogy a DNS-szekvenciák tetszőlegesek. Egyáltalán nem azok. Valójában az összes lehetséges szekvenciának csak nagyon kis hányada mutatja a biológiailag értelmezhető molekulák specifikált komplexitását, ugyanúgy, ahogy egy ábécé betűinek lehetséges sorozatai közül is csak nagyon kevés mutatja az adott nyelvben jelentéssel bíró mondatok specifikált komplexitását, vagyis felel meg a nyelv szintaktikai és grammatikai szabályainak. Derek Bickerton bepillantást enged számunkra a nyelvtudományba, elmagyarázva, hogy még a legegyszerűbb mondat is óriási problémát jelent: „Próbáljunk átrendezni egy tíz szóból álló értelmes mondatot. Ez elvben pontosan 3 628 800 módon tehető meg, de e permutációk közül nagy valószínűséggel csak az eredeti mondat lesz helyes és értelmes. Ez azt jelenti, hogy közülük 3 628 799 nyelvtanilag helytelen.” Ezután Bickerton felteszi a magától értetődő kérdést: „De vajon honnan tudjuk ezt? Nyilván nem a szüleink vagy a tanáraink mondták. Erre az egyetlen lehetséges magyarázat az, hogy birtokában vagyunk valamilyen receptnek, amely megmondja, miként kell mondatokat szerkeszteni. Ez a recept olyan komplex és átfogó, hogy automatikusan kizárja mind a 3 628 799 helytelen permutációt, és csak az egyetlen helyeset engedi meg. De mivel egy ilyen receptnek nem csak a megadott példamondat, hanem minden más mondat esetén érvényesnek kell lennie, több nyelvtanilag helytelen mondatot képes kizárni, mint amennyi atom van a kozmoszban”.³²⁶ Sajnos itt nem térhetünk ki a nyelvi képesség eredetének izgalmas kérdésére.

Hogy képet adjunk a biológiai rendszerekben előforduló nagy számokról, megjegyezzük, hogy az általunk ismert, biológiai funkcióval rendelkező legkisebb fehérjék legalább 100 aminosavat tartalmaznak, így a nekik megfelelő DNS-molekuláknak kb. 10^{130} lehetséges szekvenciájuk van, amelyeknek csak egy töredéke hordoz biológiai jelentést. Az összes lehetséges szekvencia hal-

326 (Derek Bickerton, *Language and Species* [Nyelv és faj], Chicago: University of Chicago Press, 1990, p.57-58)





maza tehát elképzelhetetlenül nagy. Sőt, egyensúlyi feltételek között – mivel a bázisok között nincsenek kémiai affinitások – egy adott hosszúsággal rendelkező összes szekvencia egyforma valószínűséggel létezik. Ebből következően elhanyagolható annak a valószínűsége, hogy egy biológiai jelentéssel bíró specifikált szekvencia merő véletlenségből jöjjön létre.

És ez még nem minden. A fehérjék nagyfokú molekuláris érzékenységet mutatnak abban az értelemben, hogy akár egyetlen aminosav helyettesítése egy életképes fehérjében katasztrofális hatással járhat³²⁷. Ezért elmondható, hogy a sejt molekuláris biológiája ugyanazt a finom összehangoltságot mutatja, mint amit korábban láttunk a fizikával és a kozmológiával kapcsolatban.

A lényeg itt az, hogy egy DNS-szekvencia, amely egy funkcionális fehérjét kódol, *egyidejűleg* mutatja a fehérje kódolásához szükséges specifikált komplexitást, következésképpen algoritmikusan összesűrítetetlen, vagyis matematikai szempontból véletlenszerű. Paul Davies írja: „Lehet-e a specifikus véletlenszerűség egy determinisztikus, mechanikus, törvényszerű folyamat garantált terméke (mintha az „ősleves” a fizika és kémia ismerős törvényeire hagyva, automatikusan kialakulna benne az élet)? Nem, nem lehet. A természet egyik ismert törvénye sem képes erre...”.³²⁸ Máshol ezt írja: „Arra következtethetünk, hogy a biológiailag releváns makromolekulák egyidejűleg rendelkeznek két létfontosságú tulajdonsággal: véletlenszerűséggel és rendkívüli specifikussággal. Egy kaotikus folyamat valószínűleg meg tudja valósítani az előbit, de elhanyagolható a valószínűsége, hogy megvalósítsa az utóbbit.”

Következő állítása meglepő: „Első látásra úgy tűnik, hogy a genom nem jöhet létre, hiszen sem az ismert törvények, sem a véletlen nem képesek létrehozni”. Hát igen. Mindazonáltal Davies kijelenti: „A mutáció és természetes szelekció által működő darwini evolúció képes arra, hogy ugyanabban a rendszerben létrehozza mind a véletlenszerűséget (információgazdagságot), mind a pontosan specifikált biológiai funkcionalitást”.³²⁹ Ezzel a maga részéről el is dönti a kérdést, hiszen a kérdés éppen az, hogy a természeti folyamatok (beleértve természetesen a darwini evolúciót is) rendelkeznek-e ezzel a képességgel – vagy Davis érvelése éppen azt bizonyítja, hogy nem rendelkeznek. Mivel az egész szövegrész a biogenezisről szól, Davies ellentmond annak, amit az imént mondott, amikor kijelenti: „Ami a biogenezist illeti, a probléma az, hogy

327 Ebben az összefüggésben lásd: D.D.Axe, Extreme functional sensitivity to conservative amino acid changes on enzyme exteriors [Extrém funkcionális érzékenység a konzervatív aminosav-változásokra az enzimek külsején], *Journal of Molecular Biology* 301, 585–596.

328 *The Fifth Miracle [Az ötödik csoda]*, i.m. p.88.

329 *Many Worlds [Sok világ]*, Ed. Steven Dick, Philadelphia and London, The Templeton Press, 2000, p.21





a darwinizmus csak akkor működhet, ha már létezik valamilyen élet. *Nem tudom megmagyarázni, hogyan jött létre az első élet.* (kiemelés tőlem).³³⁰

A véletlenül és a szükségszerűségeken kívül vajon milyen más lehetőség van? Nos – ahogy Sherlock Holmes mondta volna –, ha a véletlen és a szükségszerűség – akár külön, akár együtt – nem képesek a biogenezisre, akkor meg kell fontolnunk azt a lehetőséget, hogy egy harmadik tényező is szerepet játszott. Ez a harmadik lehetőség az információ kívülről való bevitel.

E javaslat ellen sokan tiltakozni fognak, mondván, hogy nem detektívtörténetről van szó, és hogy tudománytalan dolog és szellemi restség egy „hézagok intelligenciája” azaz „hézagok Istene” típusú megoldást javasolni. Bár a vádat komolyan kell venni – végül is elképzelhető, hogy egy teista szellemileg rest, ezért azt mondja: „Nem tudom megmagyarázni, tehát Isten tette” –, fontos megjegyezni, hogy ami jó az egyiknek, jó a másinak is. Végül is könnyű azt mondani, hogy „az evolúció tette”, ha valakinek halvány fogalma sincs, hogy miként, vagy egyszerűen kiagyalt egy spekulatív „csak úgy” elméletet, minden bizonyíték nélkül. Mint láttuk, a materialistának azt *kell* mondania, hogy egyedül a természeti folyamatok voltak felelősek, mivel az ő könyvében nincs elfogadható alternatíva. Tehát éppoly könnyű a „hézagok evolúciójánál” kikötni, mint a „hézagok Istenénél”. Sőt, könnyebb kikötni a „hézagok evolúciójánál”, mint a „hézagok Istenénél”, hiszen az előbbit valószínűleg sokkal kevesebb kritika érné, mint az utóbbit.

Hogy ez a dolog nehogy feledésbe merüljön, idézzük Robert Laughlin fizikus figyelmeztetését, aki az élet eredetének szakértője, és aki az anyagnak éppen azokat a tulajdonságait kutatja, amelyek lehetővé teszik az életet (egyébként nem szószólója az intelligens tervezésnek): „Jelenlegi biológiai tudásunk nagy része ideológiai jellegű. Az ideológiai gondolkodás egyik fő tünete az olyasféle magyarázat, amelyből nem vonhatók le következtetések és amely nem tesztelhető vagy ellenőrizhető. Az ilyen logikai zsákutcákat anti-elméleteknek nevezem, mivel hatásuk éppen ellentétes a valódi elméletekével: nem serkentik, hanem éppenséggel gátolják a gondolkodást. Például a természetes szelekció általi evolúció, amelyet Darwin úgy fogalmazott meg, mint nagy elméletet, manapság inkább anti-elméletként működik, és arra használják, hogy elleplezzék a zavarba ejtő kísérleti hibákat (hiányosságokat) és törvényesítsék azokat a felfedezéseket, amelyek legjobb esetben megkérdőjelezhetők, legrosszabb esetben pedig még csak nem is helytelenek. Fehérjéd dacol a tömeghatás törvényeivel? Az evolúció műve! Kémiai reakcióid bonyolult összevisszasága csirkévé változik? Evolúció! Az emberi agy olyan logikai elvek

330 i.m. pp.21–22





szerint működik, amelyeket egy számítógép nem tud emulálni? Az evolúció az oka!”³³¹

Akkor hogy lehet elkerülni a szellemi restség vagy a „hézagok Istene” típusú gondolkodás vádját? Hiszen első látásra úgy tűnik, hogy a vád megalapozott. Hogy megérthessük az érvelés következő lépését, kirándulást teszünk a tiszta matematika birodalmába. Ha egy sejtésen (mondjuk a híres ókori sejtésen, miszerint minden szög harmadolható csupán vonalzó és körző segítségével) régóta gondolkodnak, és a bizonyítására irányuló minden kísérlet kudarcba fulladt, akkor a matematikusok – bár nem adják fel szükségképpen a bizonyítási kísérleteket – megvizsgálják, vajon nem cáfolható, vagyis *bizonyíthatóan hamis*-e (ahogy az kiderült a szögharmadolásról, amint azt jól tudja minden diák, aki tiszta matematikát tanul).

Más szóval: Ha a matematikusok nem tudják bebizonyítani, hogy egy sejtés igaz, akkor nem feltétlenül hagyják abba erőfeszítéseiket vagy mennek tovább makacsul ugyanabban az irányban, hanem alternatív módon úgy is dönthetnek, hogy megkísérik *matematikailag bizonyítani*, hogy a sejtés nem igaz. Úgy tűnik nekem, hogy pontosan ezt a fajta gondolkodásmódot kell meghonosítani a fizikai és biológiai tudományokban az általunk vizsgált kérdéssel kapcsolatban. Azt mondtam, hogy meg kell honosítani. Ez nem teljesen korrekt, hiszen már jó ideje jelen van, sőt a legtöbben tudatában vagyunk – legalábbis a fizikai tudományokban.

Utalok az örökmozgó láthatóan vég nélküli keresésére. Évente számtalan cikket írnak olyan emberek, akik úgy gondolják, hogy felfedezték az örökké tartó mozgás titkát, és feltaláltak egy eszközt, amely, mihamarabb elindították, állandó mozgásban marad, minden további energia felvétele nélkül³³². De ezeket a cikkeket nem veszik komolyan azok a tudósok, akik tisztában vannak a termodinamika alapjaival. Valójában a legtöbbet el sem olvassák, és nem azért, mert szellemileg restek és nem készek az új érvek elfogadására, hanem ezért, mert az energia-megmaradás törvényét erős bizonyítékok támasztják alá. Ez a törvény *tiltó jellegű*, és közvetlenül maga után vonja, hogy az örökmozgók lehetetlenek. Következésképpen a tudósok tudják, hogy ha részletesen megvizsgálánának bármely vélt örökmozgót, úgymint rájönnének, hogy mozgásban tartásához kívülről energiát kell közölni vele. Tehát – és ez mondandónk lényege – éppen a *tudomány* mutatta meg, hogy örökmozgók nem léteznek. Ennek semmi köze a szellemi restséghez. Valójában szellemi megátalkodottság lenne elvetni ezt az érvet, és tovább folytatni az örökmozgó keresését.

331 *A Different Universe: Reinventing Physics from the Bottom Down* [Egy másféle univerzum: A fizika újra-feltalálása], New York, Basic Books, 2005 p.168-9.

332 A témának sok más változatát is megtalálhatjuk az Interneten.





Miért nem alkalmazzuk ugyanezt a logikát a genetikai információ eredetének kérdésére? Vajon az eddigi kísérletek kudarca, amelyek arra irányultak, hogy naturalista magyarázatot adjanak a genetikai információ eredetére, nem elég ok arra, hogy szellemi energiánknak legalább egy részét annak vizsgálatára fordítsuk, hogy van-e az energia-megmaradás törvényének valamilyen információelméleti megfelelője? Egy ilyen vizsgálat eredménye az lehet, hogy *tudományosan* cáfolhatjuk a biogenezis minden olyan magyarázatát, amely nem veszi figyelembe a külső intelligenciától származó információt.

A kockán forgó dolgok itt kétségtelenül más nagyságrendbe esnek, mint azok, amelyek az örökmozgó létezésével kapcsolatosak. Hiszen ha tudományosan bizonyítható lenne, hogy a biogenezis nem magyarázható kielégítően külső információ bevonása nélkül, az érdeklődés elkerülhetetlenül annak kiderítésére irányulna, hogy mi lehet ennek az információnak a forrása. Meg kell jegyeznünk, hogy az utóbbi egészen más kérdés, bármilyen nehéz is különválasztani a kettőt gondolkodásunkban. Az, hogy az információ forrása meghatározható-e, logikailag irreleváns abból a szempontból, hogy szükség van-e külső információ bevitelére. Ha elutaznánk a Marsra, és ott felfedeznénk titánkocka-rakások egy hosszú sorát, amely a Mars horizontjáig ér, és amelyben a rakásonkénti kockák száma sorban a prímszámokat adja: 1, 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19 ..., akkor azonnal arra következtetnénk, hogy ez az elrendezés csak valamilyen intelligenciától származhat, még akkor is, ha fogalmunk sem lenne a mögötte lévő intelligencia természetéről. De ha valami sokkal komplexebb dolgot fedeznénk fel – mondjuk egy DNS-molekulát –, akkor a naturalista tudósok feltehetően arra következtetnének, hogy az a véletlen és szükségszerűség következménye!

Megmaradó mennyiség-e az információ?

Kérdésünk tehát a következő: Van-e bármilyen tudományos bizonyíték arra, hogy az információ valamilyen értelemben megmaradó mennyiség? Ha kiderülne, hogy a kérdésre pozitív válasz adható, akkor sok értékes időt és energiát lehetne megtakarítani az élet eredetének kutatásában, felhagyva az örökmozgó információelméleti megfelelőjének hiábavaló keresésével.

Azt is észrevehetjük, hogy többé nincs értelme kifogásolni a gépi nyelvet az organizmusokkal kapcsolatban. Amint már többször is láttuk, manapság a gépi nyelv mindenütt jelen van a molekuláris biológiában, azon egyszerű oknál fogva, hogy a fehérjék, flagellumok, sejtek *stb.* molekuláris gépek. Lehet, hogy többek mint gépek, de információ-feldolgozó képességük szintjén bizonyosan (digitális adatfeldolgozó) gépek.





Ez azt jelenti, hogy a biológiai gépek alávethetők a matematikai elemzésnek általában, és konkrétan az információelméleti elemzésnek, amit az utóbbi években számtalan módon ki is használtak. Ezért most ehhez az elemzéshez folyamodunk, hogy ötleteket merítsünk azzal a kérdéssel kapcsolatban, hogy a molekuláris gépek előállíthatnak-e új információt. Klasszikus információelméleti művében Leonard Brillouin-nak nincs kétsége a válasz felől. A következőt mondja: „Egy gép nem hoz létre új információt, de a már ismert információt igen hatékonyan képes átalakítani”.³³³

Húsz évvel később a Nobel-díjas Peter Medawar ezt írta: „A logikai érvelés semmilyen folyamata – semmilyen elme vagy számítógépre programozható algoritmus – nem növeli azoknak az axiómáknak, posztulátumoknak vagy tapasztalati állításoknak az információtartalmát, amelyekből kiindul”.³³⁴ Ebből a megfigyelésből arra következtetett, hogy léteznie kell az információ-megmaradás valamifajta törvényének. Medawar nem próbált meg bizonyítani egy ilyen törvényt, megelégedett azzal, hogy felszólította olvasóit, „találjanak olyan logikai műveletet, amely növeli bármely kijelentés információtartalmát”. Mindazonáltal adott egy matematikai példát, hogy szemléltesse, mire gondol. Rámutatott, hogy Eukleidész híres geometriai tételei egyszerűen „kifejtik vagy világosan kifejezik azt az információt, ami már az axiómákban és posztulátumokban is benne van”. Végül is – teszi hozzá – a filozófusoknak és a logika művelőinek Bacon óta nem jelent nehézséget felismerni, hogy a dedukció folyamata csupán explicitté teszi (kifejezi) a már meglévő implicit (ki nem fejezett, hallgatólagos) információt, és nem hoz létre új információt.

Másképp fogalmazva: Eukleidész tételei redukálhatók axiómáira és posztulátumaira. Ez a körülmény emlékeztet a matematikai redukciónak a Gödel-tétel által előírt határaitra (3. fejezet). Valóban, Gödel, aki a huszadik század – ha nem minden idők – egyik legnagyobb matematikusa volt, jelezte: Ő is úgy gondolja, hogy az élőlényekre jellemző az információnak valamiféle megmaradása. Ezt mondta: „Az élő testek komplexitásának jelen kell lennie az anyagban [amelyből származnak] vagy a törvényekben [amelyek a bennük lévő információt szabályozzák]. Nevezetesen, a szerkezet alkotó anyagoknak – ha mechanikai törvények irányítják őket – ugyanolyan nagyságrendű komplexitással kell rendelkezniük, mint az élő testnek”. Gödel saját megfogalmazása (egy-egy harmadik személyben) így hangzik: „Általánosabban, Gödel úgy hiszi, hogy a mechanisztikus szemlélet a biológiában korunk előítélete, amit meg fognak cáfolni. Ebben az esetben a cáfolat – Gödel véleménye szerint – egy matematikai

333 *Science and Information Theory* [Tudomány és információelmélet], 2nd Ed. New York, Academic Press, 1962

334 *Limits of Science* [A tudomány határai], i.m. p.79





tétel lesz, amely szerint annak valószínűsége, hogy az emberi testet a fizika törvényei (vagy bármilyen más, hasonló természetű törvények) geológiai időközön belül kialakítsák az elemi részecskék egy véletlen eloszlásából kiindulva, olyan valószínűtlen, mint az, hogy az atmoszféra véletlenszerűen alkotórészeire válik szét”.³³⁵

Ebben az a legmeglepőbb, hogy Gödel azt várta, hogy egy napon ezt matematikailag bizonyítani fogják – más szóval, hogy a matematika döntően hozzájárul majd a biológiai információ eredete problémájának megoldásához. Ez a sors iróniája, hiszen maga Gödel tüzte ki az utat e probléma megoldása felé. Az algoritmikus információelmélet segítségével Gregory Chaitin olyan bizonyításokat talált, amelyek eredményei még Gödel állításainál is erősebbek, és amelyek közvetlen kihatással vannak arra a kérdésre, hogy az algoritmusok előállítanak-e új információt – tehát közvetve a biogenezisre is.

Az első dolog, amit meg kell jegyezni, az a jól megalapozott tény, hogy van *valamilyen* információelméleti határa annak, amit az algoritmusok meg tudnak valósítani. Fontos művében Gregory Chaitin megállapította, hogy egy adott számsorozatról nem lehet eldönteni, hogy nagyobb-e a komplexitása, mint az öt előállító programnak.³³⁶

De Chaitin művének vannak további következményei is. Bernd Olaf Küppers, az élet eredetének kiváló kutatója, az alábbi érdekes konzekvenciát vonja le belőle: „A szemantikai információt hordozó szekvenciákban az információ tovább nem egyszerűsíthető módon van kódolva abban az értelemben, hogy tovább nem sűrítendő. Ezért nem léteznek olyan algoritmusok, amelyek jelentéssel bíró szekvenciákat állítanak elő, és rövidebbek, mint az általuk előállított szekvenciák”.³³⁷ Küppers rámutat, hogy ez csupán egy sejtés, hiszen Chaitin műve, amelyet tárgyalt, megmutatja, hogy egy adott szekvencia és algoritmus esetén lehetetlen bizonyítani, hogy nem létezik rövidebb algoritmus, amely elő tudja állítani ugyanazt a szekvenciát.

Chaitin érvei a Turing-gép fogalmán alapulnak. Ez egy absztrakt matematikai fogalom, amelyet feltalálójáról, a zseniális matematikusról, Alan Turing-ról neveztek el, aki a második világháború alatt a Bletchley Parkban dolgozott az Egyesült Királyságban, és aki azt a csapatot vezette, amely feltörte a híres

335 Lásd Hao Wang's cikkét: *Nature's Imagination – The Frontiers of Scientific Vision* [A természet képzelőereje – a tudományos vízió határai], Ed. John Cornwell, Oxford, Oxford University Press, 1995 p.173

336 Complexity and Gödel's Incompleteness Theorem [A komplexitás és Gödel nem-teljességi tétele], ACM SIGACT News, No.9, April 1971, 11-12

337 Der Semantische Aspekt von Information und seine Evolutionsbiologische Bedeutung [Az információ szemantikai aspektusa és ennek evolúció-biológiai jelentősége], Nova Acta Leopoldina, NF 72, Nr. 294, 195-219, 1996





Enigma-kódot. Chaitin művének eredménye az, hogy plauzibilissé tette azt a gondolatot, miszerint egyetlen Turing-gép sem képes olyan információt generálni, amelyet sem bemenete, sem saját információs struktúrája nem tartalmaz.

Hogy ez miért fontos? Azért, mert a Church-Turing-tézis szerint bármely (múltbeli, mai és jövőbeli) számítógép szimulálható egy Turing-géppel. Tehát bármely eredmény, amit a Turing-gépre kapnak, azonnal alkalmazható az egész digitális világra. Ennek az lehet az egyik következménye, hogy egyetlen molekuláris gép sem képes olyan információt előállítani, amelyet sem bemenete, sem saját információs struktúrája nem tartalmaz.

Újabban William Dembski az információ megmaradásának egy nem-determinisztikus törvénye mellett érvel, abban az értelemben, hogy bár azok a természeti folyamatok, amelyek csak a véletlen és a szükségszerűségeken alapulnak, hatékonyan képesek átvinni a komplex specifikált információt, előállítani azonban nem tudják.³³⁸

Ezen a területen sok érdekes és nehéz munka van még, amit el kell végezni. De legalább most már abban a helyzetben vagyunk, hogy tesztelhetjük ezeket az érveket az élet eredetének szimulációjával kapcsolatban. Hiszen ha az információ bizonyos értelemben megmarad, akkor logikus feltételezni, hogy az élet eredetének azok a szimulációi, amelyekről azt állítják, hogy „ingyen”, vagyis tisztán természeti folyamatok által kapnak információt, valahogy mégiscsak becsempészik kívülről ezt az információt. Tehát ha az utóbbit meg tudjuk alapozni, akkor legalább van egy plauzibilis érvünk, hogy az élet keletkezéséhez információ bevitelére volt szükség.

Ennek fényében most megpróbáljuk elemezni az egyik leghíresebb kísérletet arra, hogy szimulálják a DNS specifikált komplexitásának eredetét természeti folyamatok segítségével. Nézzük a gépelő majmokat!

338 *Intelligent Design as a Theory of Information* [Az intelligens tervezés mint lehetséges információelmélet], *Perspectives on Science and Christian Faith*, 49, 3, 1997, pp.180-190, szintén tőle lásd még: *No Free Lunch* [Nincs ingyen ebéd], Lanham, Rowman and Littlefield, 2002





10. fejezet:

A majom-gép — A véletlen megszelídítése intelligencia nélkül?

Arthur Dent így szól Ford Prefect-hez: „Ford” — mondta —, „oda-kint végtelen sok majom van, akik beszélni akarnak velünk a Hamlet általuk írt változatáról.”

Douglas Adams

„Nem kell matematikusnak vagy fizikusnak lennünk ahhoz, hogy kiszámítsuk: Ahhoz, hogy egy szem vagy egy hemoglobin-molekula véletlenszerűen összeálljon, az örökkévalóság is rövid lenne.” Richard Dawkins

Gépelő majmok

Richard Dawkins azt állítja, hogy az irányítatlan természeti folyamatok számot adhatnak a biológiai információ eredetéről – nincs szükség külső információforrásra. *The Blind Watchmaker* [A vak órásmester] című könyvében egy olyan analógiát használ, amely visszavezethető arra az évrre, amit állítólag T. H. Huxley használt Wilberforce-al folytatott híres oxfordi vitájában, 1860-ban. Huxley állítólag azzal érvelt³³⁹, hogy ha sok majom vaktában gépel, és elég hosszú ideig élnek, elég energiájuk van és elég papír áll rendelkezésükre, akkor előbb-utóbb véletlenszerűen leírják Shakespeare valamelyik költeményét, vagy akár egy egész drámáját. Nos, nem valószínű, hogy Huxley ilyet mondott, hiszen az írógépek csak 1874-ben jelentek meg a piacon³⁴⁰. De mindegy. Ez

339 Sir James Jeans, *The Mysterious Universe* [A titokzatos univerzum], New York, MacMillan, 1930 p.4.

340 Az azonban bizonyos, hogy Eddington használt egy ilyen analógiát, hogy jelezze, milyen valószínűtlen, hogy egy gáz, ha egyszer szétterjedt egy edényben, spontán módon összegyűljön az edény egyik felében: „Ha hagyom, hogy ujjaim összevissza ugráljanak egy írógép billentyűin, véletlenül előfordulhat, hogy egy értelmes mondatot gépelek be. Ha egy seregnyi majom szünet nélkül ütögeti a billentyűket egy sor írógépen, előbb-utóbb leírhatják a British Museum összes könyvének szövegét. Ennek valószínűsége még mindig sokkal de sokkal nagyobb, mint annak a valószínűsége, hogy a molekulák összegyűlnek az edény egyik felében. (Arthur S. Eddington, *The Nature of the Physical World* [A fizikai világ természete], Gifford Lectures, 1927. New York, Macmillan, 1929 p.72).





egy kedves történet, és – az univerzum korára megállapított határon belül – könnyű belátni, hogy matematikai képtelenség. Gian Carlo Rota, a kiváló matematikus ezt írta a valószínűségről szóló könyvében, amelyet haláláig nem fejezett be: „Ha a majom minden nanoszekundumban képes lenne leütni egy billentyűt, a várható várakozási idő, amíg véletlenül legépel az egész *Hamletet*, akkor is olyan hosszú lenne, hogy ehhez képest az univerzum becsült kora elenyésző... Ez nem túl praktikus módja a drámaírásnak”.

A számításokat nem nehéz elvégezni. Például Russell Grigg számítása szerint³⁴¹ ha egy majom másodpercenként egy billentyűt ütne le véletlenszerűen, a „the” szót várhatóan 34,72 óra múlva produkálná. Egy olyan hosszú szövegre, mint a 23. zsoltár (egy rövid héber nyelvű költemény, amely 603 betűből, versszámból és szóközből áll), várhatóan 10^{1017} évet kellene várni. Az univerzum becsült kora $4 \cdot 10^9$ és $15 \cdot 10^9$ év között van. Tehát Dawkins definíciója szerint a 23. zsoltár komplex objektum: Olyan, előre meghatározható minőséggel rendelkezik, aminek véletlenszerű elérése fölöttebb valószínűtlen”.³⁴²

2003. július 1. óta működik egy gépíró majmokat szimuláló véletlenszám-generátor. A majmok másodpercenként egy billentyűt ütnek le. 100 majommal kezdtek, és ez a szám *pár naponként megduplázódik* – és persze a banánutánpótlás kifogyhatatlan. A jelenlegi rekord 24 egymást követő betű Shakespeare IV. Henrikjében, amit kb. 10^{40} majomévtől produkáltak (az univerzum becsült kora kevesebb mint 10^{11} év)³⁴³.

Az efféle számítások már régen meggyőzték a tudósokat arról, hogy a tisztán véletlen folyamatok nem adhatnak számot a komplex információval teli rendszerek eredetéről – beleértve Dawkins-t is. Dawkins hivatkozik Isaac Asimov-ra, aki megbecsülte annak valószínűségét, hogy egy hemoglobin-molekula véletlenszerűen összeálljon aminosavakból.³⁴⁴ Egy ilyen molekula négy összetekeredett aminosav-láncból áll. Mindegyik lánc 146 aminosavból áll, és az élőlényekben 20 különféle aminosav található. E 20 aminosav különböző elrendezéseinek száma egy 146 elemű láncban 20^{146} , ami kb. 10^{190} . (Az egész univerzumban csak kb. 10^{70} proton van).

Dawkins így fejezi be, a maga barátságatlan módján: „Kínzóan, nyomasztóan, halálosan nyilvánvaló, hogy ha a darwinizmus valóban a véletlenen alapulna, nem működhetne. Nem kell matematikusnak vagy fizikusnak lennünk ah-

341 *Could Monkeys Type the 23rd Psalm?* [Vajon a majmok le tudnák gépelni a 23. zsoltárt?], *Interchange* 50, 1993, pp. 25-31

342 i.m. p.9

343 A szimulátor honlapja: <http://user.tninet.se/~ecf599g/aardasnails/java/Monkey/webpages/index.html>

344 i.m. p 45





hoz, hogy kiszámítsuk: Ahhoz, hogy egy szem vagy egy hemoglobin-molekula véletlenszerűen összeálljon, az örökkévalóság is rövid lenne...”.³⁴⁵

Sir Fred Hoyle csillagász és Chandra Wickramasinghe asztrofizikus osztják Dawkins véleményét: „Nem számít, milyen nagy a figyelembe vett környezet, az élet nem kezdődhetett véletlenül. Shakespeare műveit nem reprodukálhatják írógépeket véletlenszerűen ütögető majmok, azon egyszerű oknál fogva, hogy a megfigyelhető világegyetem nem elég nagy ahhoz, hogy tartalmazza a szükséges majomsereget, a szükséges írógépeket és persze a szükséges papírkosarakat, amelyek ahhoz kellene, hogy beléjük dobálják a sikertelen próbálkozásokat. Ugyanez érvényes az élő anyagra. Annak a valószínűsége, hogy az élet spontán módon kialakuljon az élettelen anyagból, $1 : n$, ahol n egy irtatlan nagy szám, amelynek végén 40.000 nulla áll – elég nagy ahhoz, hogy eltemesse Darwint és az egész evolúcióelméletet. Nincs őseles – sem ezen a bolygón, sem máshol –, és ha az élet nem véletlenszerűen kezdődött, akkor szükségképpen egy céltudatos intelligencia alkotása”.^{346 347}

A valószínűtlenség hegyének megmászása

Mindnyájan egyetértenek tehát, hogy nagyon valószínűtlen, hogy az élet alkotóelemei véletlenszerűen jöttek létre az őselesben. Hogyan magyarázható hát ennek a komplexitásnak az eredete? Dawkins úgy próbálja megoldani az olyan rendszerek eredetének problémáját, amelyek specifikált komplexitása kizárja a véletlen eredetet, hogy „a nagy valószínűtlenséget kicsi, kezelhető részekre osztja oly módon, hogy megkerüli a Valószínűtlenség Hegyének meredek sziklafalát, és a hegy túlsó oldalának lankáin mászik fel, centiről centire (évmillióról évmillióra)”.³⁴⁸

Kövessük hát Dawkins-t, ahogy megmássza a hegyet, és próbáljuk csökkenteni mondjuk a (fent leírt) hemoglobin-molekula előállításának valószínűtlenségét oly módon, hogy a folyamatot kis lépésekre osztjuk. Legyen mondjuk 1000 lépés a hegy csúcsáig, és vizsgáljuk meg azt a nagyon leegyszerűsített esetet, amikor csak 2 választás van minden lépésnél: Az egyik valami élőhöz vezet, a másik nem, úgyhogy a Természetes Szelekció kiszelektálja, és minden lépés független. Mi a valószínűsége annak, hogy megtaláljuk a hegycsúcsra ve-

345 *Climbing Mount Improbable* [A Valószínűtlenség Hegyének megmászása], New York, Norton, 1996, p 67

346 *Evolution From Space* [Evolúció az űrből], Simon and Schuster, New York, 1984, p.176

347 Lásd még *Cosmic Life Force* [Kozmikus életerő] című könyvük utolsó fejezetét, Dent, London 1988

348 *i.m.* p. 68





zető helyes ösvényt? Nos $1 : 2^{1000}$, vagyis kb. $1 : 10^{300}$, ami kisebb, mint a hemoglobin-molekula véletlen összeállításának valószínűsége. Dawkins sikeres hegymászása valószínűtlen, több értelemben is.

Brian Josephson, Nobel-díjas cambridge-i fizikus rámutat egy másik rejtett feltevésre Dawkins hegymászásával kapcsolatban: „Az olyan könyvekben, mint *A vak órásmester*, az érvelés döntő része azzal kapcsolatos, hogy létezik-e egy folytonos ösvény, amely az élet eredetétől az emberig vezet, és amelyen minden lépést előnyben részesít a természetes szelekció, és mindegyik lépés elég kicsi ahhoz, hogy véletlenszerűen megtörténhessen. Logikai szükségszerűségnek tekintik, hogy ilyen ösvény létezik, de valójában nincs ilyen logikai szükségszerűség, hanem inkább az evolúcióelmélet feltevései követelik meg egy ilyen ösvény létezését”³⁴⁹

Az egyetlen kiút a valószínűségi zsákutcából az, hogy megpróbáljuk drasztikusan növelni a valószínűségeket, és Dawkins pontosan ezzel próbálkozik „A vak órásmester” című művében. Azt állítja, hogy az élet kezdete nem tisztán véletlen folyamat volt, bár – hangsúlyozza – egy olyan dologgal kellett kezdődnie, ami elég egyszerű volt ahhoz, hogy véletlenszerűen létrejöhessen. De szerinte ezt követően – egy tisztán egy lépéses „szűrő” folyamat helyett, mint amikor összerázzuk egy aminosav összes alkotórészét, és azt várjuk, hogy véletlenszerűen megkapjuk a molekulát – a folyamat egyfajta kumulatív szűrés vagy „szelekció” volt³⁵⁰, amelyben az egyik szűrőfolyamat eredménye betáplálódott a következőbe. Dawkins szerint ez bevezeti a törvényszerűség egy mértékét a folyamatba, ami ezek után úgy képzelhető el, mint a véletlen és a szükségszerűség egy kombinációja. Ezt szemléltetendő, Huxley „gépelő majmainak” egy számítógépes szimulációját használja, és megad egy ezen alapuló algoritmust³⁵¹. Úgy képzelem, hogy a majmoknak van egy célmondatuk – választott példája Shakespeare mondata – “Methinks it is like a weasel” –, amely a *Hamlet*-ből való. Ez a mondat 28 „betű” hosszúságú (a szóköz is betűnek számít, így a teljes abécé 26 betűből és egy szóközből áll). Tehát a helyzet a következő: Van 28 majmunk (a célmondat mindegyik betűjének megfelel egy majom), amelyek egy sorban ülnek és gépelnek³⁵². Vagyis mindegyik majomnak van egy célbetűje a célmondatban. Először kiszámítjuk annak a valószínű-

349 Letter to the Editor [Levél a szerkesztőhöz], London, The Independent, January 12, 1997

350 Ne feledjük el, hogy az élet keletkezéséről beszélünk, így a „szelekció” szóval óvatosan kell bánnunk – ez nem feltételezi, hogy léteznek mutáló replikátorok.

351 A sors iróniája, hogy Dawkins, aki elítéli az analógiák használatát azok részéről, akik a tervezésre következtetnek, szíves-örömmel használja őket, amikor a tervezésre való következtetés ellen érvel.

352 Dawkins eredeti változatában csak egy majom van, de ez a csekély változtatás lehet, hogy egyszerűbbé teszi elképzelni a dolgot.





ségét, hogy véletlen gépeléssel eljutnak a célmondatig. Annak valószínűsége, hogy véletlen gépeléssel elsőre megkapják a mondat egy adott betűjét (a mutáció analógiája), $1 : 27$, két betűjét, $1 : 27^2$ stb. Így annak valószínűsége, hogy a billentyűk véletlenszerű leütésével első kísérletre megkapják a teljes mondatot, $1 : 27^{28}$, vagyis kb. $1 : 10^{40}$, ami megint csak elképzelhetetlenül kicsi, kevesebb mint $1 : \text{billió billió billió}$. Másképp fogalmazva: A célmondat egyetlen pont a több billió-billió-billió pont terében – egy pont, amelyet meg kell találnunk valamilyen hatékony eljárás segítségével.

Most nézzük annak valószínűségét, hogy n kísérletre eltalálják a helyes mondatot, vagyis ennél a pontnál kössenek ki. Tekintsük az első kísérletet. Annak valószínűsége, hogy elsőre nem találják el a célmondatot, vagyis nem mindegyik majom találja el célbetűjét, $1 - 1/(27^{28})$, így annak valószínűsége, hogy n kísérlet után sem érnek célba $(1 - 1/(27^{28}))^n$. Tehát annak valószínűsége, hogy n kísérlettel célba érnek, $1 - (1 - 1/(27^{28}))^n$. $n = \text{egymilliárd}$ esetén ez a valószínűség még mindig nagyon kicsi, kb. $1 : 10^{31}$, noha ez a betűsorozat egészen triviális egy emlős genomjához képest (az emberi genomban több mint 3 milliárd betű van).

Akkor vajon Dawkins miként növeli e kis valószínűségeket jobban kezelhető értékekre? Nos, a következőképpen: Valahányszor egy majom leüt egy billentyűt, a begépett betű összehasonlításra kerül saját célbetűjével – ez egy távrolól sem véletlenszerű folyamat. Ezt az összehasonlítást persze valamilyen mechanizmusnak kell végeznie, például egy számítógépnek (vagy ahogy David Berlinski matematikus tréfásan javasolja, egy Fő Majomnak). Ha a majom eltalálta a célbetűjét, az összehasonlító mechanizmus megtartja ezt a betűt – egy másik távrolól sem véletlenszerű folyamat –, és a majom abbahagyja a gépelést, vagyis végzett a munkájával. Különben addig folytathatja a véletlen gépelést, míg el nem találja célbetűjét.

Ennek az az eredménye, hogy nagyon gyorsan eléri a célmondatot – Dawkins tényleges szimulációjának esetében 43 lépésben. Így aminek a tiszta véletlen esetében csak durván $1 : 10^{31}$ az esélye egymilliárd kísérletben, annak most $1 : 43$. Megjegyezzük, hogy Dawkins modelljében egyszerre van jelen a véletlen (a gépelő majmok) és a szükségszerűség (a törvény jellegű algoritmus, amely a kísérletet összehasonlítja a céllal). Ez valójában a genetikai algoritmus egy példája. Azt méri, amit egy megoldás „alkalmasságának” nevezhetünk, mégpedig oly módon, hogy kiszámítja a különbséget vagy „távolságot” a megoldás és a célmondat között.

Most érkeztünk el Dawkins érvelésének lényegéhez. Emlékezzünk vissza, hogy mit akar megmutatni – azt, hogy a természetes szelekció, ez a vak, értelem nélküli és irányítatlan folyamat, képes biológiai információt produkálni. Dawkins





úgy oldotta meg a problémát, hogy bevezette azt a két dolgot, amit minden áron el akart kerülni. Könyvében azt mondja nekünk, hogy az evolúció vak és céltalan. Akkor pedig mit akar a célmondat bevezetésével? A célmondat egy pontos cél, ami Dawkins szerint egy mélységesen nem-darwini fogalom. És vajon a vak evolúció hogyan látja ezt a célt, és hogyan hasonlítja össze egy kísérlettel, hogy kiválassza, ha közelebb van a célhoz, mint az előző kísérlet? Dawkins azt mondja nekünk, hogy az evolúció értelem nélküli. Akkor mit akar azzal, hogy bevezet két olyan mechanizmust, amelyek az értelem minden ismertetőjegyét magukon viselik – egy mechanizmust, amely a kísérleteket összehasonlítja a céllal, és egy másikat, amely megtartja a sikeres kísérleteket. És – ami a legfurcsább – az az információ, amelyet feltételezése szerint a mechanizmusok produkálnak, láthatóan már jelen van valahol abban az organizmusban, amelynek eredetét éppen szimulálni akarja. Ez nem más, mint *circulus vitiosus*, vagyis körben járó okoskodás.

Meg kell jegyeznünk, hogy ez az a tulajdonság, ami megkülönbözteti Dawkins mechanizmusát egy evolúciós algoritmustól. Az evolúciós algoritmusok jól ismertek a mérnöki tudományokból és más alkalmazásokból, mint kiváló és jól bevált módszerek egy komplex probléma megoldásának megtalálására. Például Rechenberg³⁵³ demonstrált egy evolúciós stratégiát, amellyel egy komplex rendszer elektromos ellenállását lehet minimalizálni véletlen változtatások egymást követő alkalmazásával. Minden „evolúciós lépésben” a rendszer paramétereit önkényesen (véletlenszerűen) változtatják, majd mérik az ellenállást. Ha a változtatások növelik az ellenállást, akkor megfordítják őket, ha pedig csökkentik, akkor megtartják őket, és kiindulási pontként használják a következő lépésben. Egy ilyen evolúciós stratégia feltételezi, hogy létezik egy olyan mérhető paraméter, amelyet optimalizálni akarunk, például az elektromos ellenállás. Az ellenállás minimalizálásának céljával, a modell teszteli az összes, véletlen változtatással elért lehetséges formát, és végül előállítja az előzőleg ismeretlen optimális formát.

Tehát – és ez itt a lényeg – a folyamat elején a megoldás ismeretlen. Dawkins forgatókönyvében pont fordított a helyzet, amint láttuk. Vagyis elég naiv dolog lenne azzal érvelni, hogy Dawkins szimulációja plauzibilis, csak azért, mert az evolúciós algoritmusok sikeresek.

David Berlinski matematikus egy sokat vitatott cikkében csípősen megjegyzi: „Az egész gyakorlat... merő önámítás. Célmondat? Iterációk, amelyek közelítenek a célhoz? Számítógép vagy Fő Majom, amely méri a kudarc és a siker közötti távolságot? Ha a dolgok vakak, akkor ki és hogyan ábrázolja a célt, és hogyan becsüli meg a véletlenszerűen generált mondatok és a célmondat között távolságot? És a Fő Majom? A céltudatos tervezés mechanizmusa, amelyet a

353 Ingo Rechenberg, *Evolutionsstrategie '94*, Stuttgart, Frommann Holzboog, 1994





darwini elmélet száműzött az organizmus szintjén, újra megjelent magának a természetes szelekciónak a leírásában, ami kiválóan példázza, mit értett Freud az elfojtott dolgok visszatérésén.³⁵⁴

Furcsa módon Dawkins beismeri, hogy analógiája félrevezető, pontosan azért, mert a kumulatív természetes szelekció „vak, ezért nem látja a célt”. Azt állítja, hogy a program módosítható oly módon, hogy ezzel a problémával is megbirkózzon – nem meglepő, hogy ezt az állítást sohasem bizonyították, mert nem is lehet. Valójában egy ilyen állítás – még ha igaz lenne is – szöges ellentétben állna azzal, amiben Dawkins hisz, hiszen egy program módosítása maga után vonja, hogy még több intelligenciát vigyünk egy intelligens módon megtervezett rendszerbe – az eredeti programba. Dawkins még kifinomultabb biomorf programja – egy számítógépes csomag, amelyben a számítógép bizonyos formákat generál, amelyek megjeleníthetők a képernyőn, és amelyek közül az operátor válogathat célszerűségük, eleganciájuk *stb.* alapján, ami végül biomorfoknak nevezett, egyre komplexebb mintákhoz vezet – hasonló módon tartalmaz egy intelligensen megtervezett szűrési elvet. Távolítsuk el a szűrési elvet, a célt és a Fő Majmot, és végül csak zagyvaság marad. Dawkins analógiái csak akkor működnek, ha plauzibilitásuk érdekében bevezeti modelljébe azokat a dolgokat, amelyekről éppen ő tagadja, hogy a való világban léteznek.

Dawkins valójában éppen azt mutatta meg, hogy a kellően komplex rendszerek, mint a nyelvek, beleértve a DNS genetikai kódját, nem magyarázhatók anélkül, hogy a rendszerbe előre be ne táplálnánk a keresett információt.

Hogy miről is van itt szó, azt jól példázza az önfelhúzó karóra, amely a csukló és a kar véletlen mozdulatait használja arra, hogy felhúzza magát. Hogyan csinálja ezt? Egy intelligens órásmeister megtervezett egy kilincskereket, amely lehetővé teszi, hogy egy nehéz lendkerék csak az egyik irányba mozoghasson. Ez a kilincskerék kiválasztja a csuklónak és a karnak azokat a mozdulatait, amelyek a lendkereket tovább lendítik, míg a többit blokkolja. A kilincskerék intelligens tervezés eredménye. Dawkins szerint egy ilyen mechanizmus nem lehet darwini. Az ő *Vak Óráskestere* nem előrelátó. Ismét idézzük Berlinski-t: „A darwini mechanizmus nem lát előre, és nem emlékezik. Nem ad irányt, és nem választ. Az evolúcióelméletben elfogadhatatlan és szigorúan tilos feltételezni egy olyan erőt, amely képes felmérni az időt, egy olyan erőt, amely megtart egy dolgot vagy tulajdonságot csak ezért, mert az később hasznos lesz [mint a kilincskerék a karórában]. Egy ilyen erő többé nem darwini. Honnan tudhatna egy vak erő ilyen dolgokat? És miként vihetné át a jelenbe a jövőbeli hasznosságot?”

354 *The Deniable Darwin* [A tagadható Darwin], *Commentary*, June, 1996, pp.19-29



Nem egyszerűsíthető komplexitású gépek

De vannak más problémák is Dawkins analógiájával. Különösen, ha megpróbáljuk alkalmazni a Michael Behe által leírt, nem egyszerűsíthető komplexitású gépek eredetére, amit korábban már elemeztünk. Az itt felmerülő problémát legjobban Dawkins analógiájának Elliott Sober-féle változata szemlélteti, amelyben elképzeli egy kombinációs zárat, amely csak a METHINKSITISAWEASEL kombinációval nyitható. A kombinációs zár 19, egymás mellé helyezett tárcsából áll. Mindegyik tárcsa tartalmazza az ábécé 26 betűjét, és fel van szerelve egy ablakkal, amelyen keresztül az ábécé egyetlen betűje látható. Képzeld el, hogy a tárcsák véletlenszerűen pörögnek, és egy mechanizmus megállítja egy adott tárcsát, ha a nézőablakában látható betű megegyezik a célkombináció megfelelő betűjével. A többi tárcsa tovább pörög, és a folyamat ismétlődik. Tehát a rendszer lényegében ugyanaz, mint Dawkins rendszere.

Michael Behe rámutat, hogy az analógia „a természetes szelekció analógiája kíván lenni, amely megkíván egy funkciót. De mi a funkciója egy helytelen zárkombinációnak? Tegyük fel, hogy miután a tárcsák pörögtek egy darabig, a betűk fele helyes értékre áll be, mint például a MDTUIFKQINIOAFERSCL sorozat esetén (minden második betű helyes). Az analógia azt sugallja, hogy ez javulás a betűk egy véletlen sorozatához képest, és hogy valamiképpen segít nekünk kinyitni a zárat. Nos, ha az olvasó gyermeknemzésének sikere a zár kinyitásától függene, bizonyosan utód nélkül maradna. Sober és Dawkins szempontjából a sors iróniája, hogy a kombinációs zár egy erősen specifikált, nem egyszerűsíthető komplexitású rendszer, amely kiválóan szemlélteti, hogy az ilyen rendszerek esetén a funkció miért nem közelíthető meg fokozatosan”.³⁵⁵

Dawkins eredeti „gépelő majom” változatában a szelekció a célra irányuló kísérletek közül csak azokat tartja meg, amelyeknek van valamilyen funkciója, ami az analógia szempontjából azt jelenti, hogy amit a majmok a folyamat egyes közbenső lépéseiben gépelnek, annak értelmes szavakat kell alkotnia. Ilyen feltételek mellett – egyszerűen ránézve Dawkins szimulációjának kimenetére – a folyamat el sem indulhatna. Dawkins ötletei egyszerűen nem képesek megbirkózni a nem egyszerűsíthető komplexitással. „Ahelyett, hogy a véletlen mutációkra ható természetes szelekció analógiája lenne, a Dawkins-Sober-féle forgatókönyv éppen az ellenkezőjére példa: Egy intelligens alkotó irányítja egy nem egyszerűsíthető komplexitású rendszer felépítését”.³⁵⁶

És van itt más is. Úgy tűnik, hogy Dawkins majmai komplexitást generálnak. De valóban azt teszik? Végezzünk egy számítást. Képzeld el, hogy a fen-

355 i.m. p.221

356 Behe, i.m. p.221



ti első forgatókönyvben a 28 majom egyszerre gépel. Válasszunk ki egy majmot és tegyük fel a kérdést: Mi a valószínűsége, hogy n kísérletre megkapja a helyes betűt a célmondatban, a neki megfelelő pozícióban? Ezt a legkönnyebben úgy számolhatjuk ki, hogy először megnézzük, mi a valószínűsége, hogy a majom nem kapja meg a helyes betűt egyetlen (bármelyik) kísérletben. Ez 26/27. Bernoulli tétele szerint az egy kísérlet után maradó helytelen betűk száma átlagosan $28(26/27)$. Mivel a rendszer minden helyes betűt megtart, most megismételjük az eljárást, de csak azokkal a majmokkal, amelyek még nem kapták meg a helyes betűt, és így tovább. Ez a lényege a *kumulatív* szelekciónak. Ily módon n kísérlet után átlagosan $28(26/27)^n$ helytelen betű marad, amelyeket még ki kell szelektálni. Ez a szám 43 kísérlet után kb. 5 (tehát Dawkins jól végezte dolgát). 60 kísérlet után a helytelen betűk átlagos száma kb. 3, és 100 kísérlet után közel 0 (egy tényleges számítás szerint 0,64286).

Mi történik itt? Egy intelligensen programozott eszközt használtunk, hogy kiküszöböljük a valódi problémát, amelyet eredetileg meg akartunk oldani, ami nem az építőelemek vagy betűk generálása, hanem azoknak a helyes sorrendben való előállítására. Az lehet a felszínes benyomásunk, hogy a METHINKS IT IS LIKE A WEASEL karakterláncban lévő összes információt előállítottuk. Pedig nem. Csupán annyit tettünk, hogy részben véletlen módon előállítottunk egy *ismert* karakterláncot. Nem kaptunk semmilyen új információt.

Másképpen fogalmazva: Dawkins mechanizmusa állítólag a valószínűség növelésére szolgál. De ha ily módon növeljük a valószínűséget, annak az a hatása, hogy csökkentjük a komplexitást. Amint láttuk, ahhoz, hogy valami komplex legyen, sok más valóságos lehetőségnek kell léteznie, ami átveheti a helyét. De Dawkins algoritmusának csak egyetlen kimenetele lehet – az ő célmondata –, mégpedig 1 valószínűséggel. Így a folyamatban keletkező információ pontosan 0.

Azt is meg kell jegyeznünk, hogy az a tény, hogy egy helyesen begépelte betű megmarad, és sohasem vész el többé, egyenértékű azzal a feltételezéssel, hogy az előnyös mutációk mindig megmaradnak a populációban. De Sir Ronald Fisher alapművében megmutatta, hogy a természetben nem ez a helyzet.³⁵⁷ A legtöbb előnyös mutációt megsemmisítik a véletlen hatások vagy a valószínűleg sokkal nagyobb számban keletkező ártalmas mutációk. Ez ellentmond a Darwin óta fennálló közhitetnek, miszerint a természetes szelekció megőrzi a legkisebb hasznos változást is, amíg az uralkodóvá nem válik a populációban. Ez további bizonyítékot szolgáltat a nem egyszerűsíthető komplexitás érvére – amint Behe kombinációs zárja korábban szemléltette: Egy „előnyös” mutáció csak akkor elő-

357 *The Genetical Theory of Natural Selection* [A természetes szelekció genetikai elmélete], Second Revised Ed., New York, Dover, 1958





nyős, ha egy időben keletkezik nagy számú más „előnyös” mutációval – ez a végzetes hiba a gépelő majmokra vonatkozó „célmondat” érvben.

Dawkins analógiájának alapvető gyengeségét úgy is beláthatjuk, ha a METHINKS IT IS LIKE A WEASEL mondatot a teljes emberi genommal helyettesítjük, amely több mint hárommilliárd ($3 \cdot 10^9$) betűből áll, ahol az egyes betűk A, C, G és T. Dawkins forgatókönyve alapján azt képzelhetnénk, hogy most hárommilliárd gépelő majmunk van, és rendelkezésünkre áll a szokásos mechanizmus, amely megtart minden helyes betűt a szekvenciában. Ekkor annak valószínűsége, hogy bármelyik majom helytelen betűt üt le, $3/4$, és n kísérlet után a helytelen betűk száma kb. $3 \cdot 10^9 (3/4)^n$ lesz, ami 80 kísérlet után kevesebb mint 1. Így átlagosan 80 próbálkozással megkapnánk az emberi genomot.

Hozzá kell tenni, hogy a számítások szerint a DNS-nek csupán 1-5 százaléka aktív, és ha ezt figyelembe vesszük modellünkben, vagyis az eredeti szekvencia hosszának csak 5 százalékával számolunk, akkor az egész szekvencia kevesebb mint 65 próbálkozással elkészül.

Mit jelent ez? Azt, hogy Dawkins modellje alkalmatlan annak szimulálására, hogyan építhetik fel *irányítatlan* véletlen folyamatok a komplexitást – a betűk megfelelő sorrendjét – egy véletlen szekvenciából. Hiszen ha feltételezünk egy mechanizmust, amely minden kísérletet összehasonlít a célszekvenciával és megtartja azt, azt jelenti, hogy a betűk megfelelő sorrendbe rakásának valódi problémája már azelőtt megoldódott, hogy elkezdjük volna. Ezt a problémát teljesen kiküszöböltük azáltal, hogy beépítettük a rendszerbe, aminek az lett a hatása, hogy – nem meglepő módon – most már csupán néhány lépésben el tudjuk érni a célszekvenciát, mivel kezdettől fogva e felé törekszünk.

Ez az elemzés a kulcs az információ algoritmikus elméletének szempontjából, amelyet az előző fejezetben már röviden ismertettünk. Dawkins gépe csődöt mond, éspedig pontosan oly módon, ahogy Küppers eredménye alapján várjuk, miszerint a Dawkins algoritmikus gépének kimenetében lévő információ már benne van vagy a bemenetben vagy a gép információs struktúrájában. Küppers-nek igaza van. Jelen esetben az utóbbiban van.

Kiderül, hogy Dawkins egész javaslata nem más, mint egy újabb példa arra, hogy valaki eleve feltételezi, amit bizonyítani akar vagy vél. Nagyon találó Keith Ward megjegyzése: „Dawkins stratégiája a meglepetés és hihetetlenség csökkentésére nem működik. Csupán átirányítja a meglepetést egy komplex és fölöttebb óhajtott eredmény spontán keletkezéséről egy hatékony szabály spontán létezésére, amely időben produkálja a kívánt eredményt”.³⁵⁸

358 *God, Chance and Necessity* [Isten, véletlen és szükségszerűség], Oxford, One World Publications, 1996, p 108





Tower of Babel [Bábel tornya] című könyvében³⁵⁹ Pennock megpróbálja helyrehozni a tévedést, azt állítván, hogy a Dawkins-Sober modelleket nem a véletlen változással dolgozó természetes szelekció, hanem a *kumulatív* szelekció analógiájának szánták. A kísérlet kudarcot vall, hiszen a fő probléma az, hogy a folyamat egy olyan mechanizmustól függ, amely összehasonlítja a kísérleteket egy célmondatral. És pontosan e mechanizmus intelligensen megtervezett képessége – vagyis hogy megtartja a betűket a célmondatban, mihelyt azok létrejöttek, és mielőtt azoknak bármilyen előnyös hatása lenne – teszi kumulatívvá a szelekciós hatást. A megtervezett mechanizmus nélkül nincs kumulatív szelekció.

A Dawkins-Sober-féle érv tehát fatálisan téves, mint olyan érv, amely plauzibilissé akarja tenni azt a gondolatot, hogy irányítatlan természeti folyamatok információt képesek létrehozni. Érvük mégis tanulságos annyiban, hogy *növeli* az intelligens tervezés plauzibilitását. Hiszen megmutatja, hogy még azok az erős materialista előfeltevéseken alapuló kísérletek is, amelyek megpróbálnak számot adni a biológiai információ eredetéről, kénytelenek becsempészni az elméletbe intelligensen megtervezett mechanizmusokat. Robert Berwick számítógéptudós megjegyzi, hogy „a szimulált evolúcióval kapcsolatos minden tapasztalatunk – Dawkins biomorf programjaitól (amelyekben díjakat ajánlott fel azoknak, akik ki tudnak eszelni olyan módokat, amelyekkel érdekes organizmus-alakok szelektálhatók aktív módon) egészen a mesterséges étellel kapcsolatos szomorú tapasztalatokig (amelyeket Berlinski említ) – azt mutatja, milyen nehéz bárhova is eljutni anélkül, hogy mesterséges szelekciót végeznénk, vagy beépítenénk az általunk kívánt megoldásokat”.³⁶⁰ Phillip Johnson szellemesen fogalmazta meg ezt az alapvető problémát: „Több emberi intelligencia szükséges beprogramozni egy számítógépet arra, hogy generálja a “methinksitislikeaweasel” mondatot egy véletlen betűszelektáló program segítségével, mint megnyomni a Print billentyűt, és kinyomtatni a célmondatot a számítógép memóriájából, ahová előzőleg beírtuk”.

Marcel Schützenberger, a korábban már említett kiváló francia matematikus, aki részt vett a Wistar Konferencián, 1996-ban adott egy interjút, amelyben a mutációkat a sajtóhibákhoz hasonlította. Ezt mondja: „Az evolúció nem lehetett ilyen sajtóhibák felhalmozódása”.³⁶¹ A továbbiakban elemzi Dawkins modelljét, és rámutat, hogy annak semmi köze a kézzelfogható biológiai realitásokhoz, hiszen matematikai szempontból „teljesen figyelmen kívül hagyja a komplexitás, funkcionalitás és ezek kölcsönhatásainak hármasságát”.

359 Cambridge Mass., MIT Press, 1999 p.259ff

360 Robert Berwick, *Respond* [Válasz], The Boston Review, Feb/March 1995, p.37

361 *The Miracle of Darwinism* [A darwinizmus csodája], Origins and Design, Vol. 17 No. 2 Spring 1996 p.10-15





11. fejezet: Az információ eredete

„Kezdetben volt a bit.”
Han Christian von Baeyer

„Kezdetben volt az Ige.”
János apostol

Az információ és a tervezési érv

A komplex specifikált információ létezése tehát erős kihívás azzal a nézettel szemben, hogy az irányítatlan természeti folyamatok számot adhatnak az életről, és tudományosan plauzibilissé teszi azt a gondolatot, hogy az élet egy intelligens forrásból ered. Itt fontos észrevenni, hogy az intelligens forrásra való következtetés, ami a DNS természetén alapul, nem egyszerűen analógiás érvelés. Sok klasszikus tervezési érv ilyen természetű volt. Ezekben az esetekben hasonló hatásokból megpróbálták hasonló okokra visszakövetkeztetni, úgyhogy az érvelés érvényessége gyakran a két összehasonlított szituáció közötti hasonlóság fokától függött. Ezt a körülményt David Hume elemezte a tervezési érvekkel szemben megfogalmazott kritikájában, amint korábban láttuk. De a tervezésre való következtetés a DNS alapján sokkal erősebb, mint klasszikus elődei, mégpedig a következő okból, amit Stephen Meyer fogalmazott meg: „A DNS nem azért kívánja meg egy intelligens tervező létezését, mert bizonyos hasonlóságokat mutat egy számítógépes programmal vagy egy emberi nyelvel, hanem ezért, mert van egy olyan jellemzője (nevezetesen az információtartalom), amivel csak az intelligensen megtervezett emberi szövegek és számítógépes nyelvek rendelkeznek”.³⁶² Meyer véleményét alátámasztja Hubert Yockey elméleti informatikus: „Fontos megérteni, hogy nem analógia alapján érvelünk. A szekvencia-hipotézis (vagyis hogy a genetikai kód lényegében úgy működik, mint egy könyv) egyaránt vonatkozik a fehérjére és a genetikai szövegre, valamint az írott nyelvre, ezért ezek matematikailag azonosan kezelhe-

362 *i.m.* p.23





tők”.³⁶³ Tehát nem analógia alapján érvelünk, hanem egyszerűen a legjobb magyarázatra következtetünk. És amint azt minden detektív tudja, az olyan okok, amelyekről tudjuk, hogy képesek kiváltani a megfigyelt hatást, jobb magyarázatot jelentenek a hatásra, mint az olyan okok, amelyekről nem tudjuk, hogy képesek-e kiváltani a hatást, és – *a fortiori* – az általunk ismert okok nem képesek erre.

Dembski annak szenteli *The Design Inference* [A tervezésre való következtetés] című művét³⁶⁴, hogy kifejtse a tervezésre való ama következtetések pontos természetét, amelyeket az olyan, információban gazdag rendszerekkel kapcsolatos tapasztalataink alapján vonunk le, mint a nyelvek, kódok, komputerek, gépek *stb.* A tervezésre való ilyen következtetések eléggé elterjedtek a tudományban. Néhány apró jel egy kovakövön elég ahhoz, hogy az azt vizsgáló régész tudja, hogy megmunkált tárgyval van dolga, és nem szél vagy víz alakította kődarabbal. Az intelligens alkotóra való következtetés rutinszerűnek számít az olyan tudományokban mint a régészet, a kriptográfia, a számítógép-tudomány vagy a törvényszéki orvostan.

A földön kívüli intelligencia keresése és ennek következményei

Az utóbbi években a természettudomány is felkészült arra, hogy bizonyos esetekben a tervezésre következtessen. Figyelemre méltó vállalkozás a Földön Kívüli Intelligencia Keresése (SETI) nevű program. A NASA (Észak-Amerikai Űradminisztráció) szakemberei dollármilliókat költöttek arra, hogy rádióteleszkópokat állítsanak fel, és több millió csatornát figyeljenek abban a reményben, hogy egyszer észlelnek egy intelligens lényektől származó üzenetet, akik a kozmosz egy másik részén élnek³⁶⁵.

Bár lehet, hogy egyes tudósok némi szkepszissel figyelik a SETI programot, az nyilvánvalóan felvet egy alapvető kérdést az intelligencia észlelésének pontos tudományos meghatározását illetően. Hogyan lehet *tudományosan* felismerni egy intelligens forrásból eredő üzenetet, és megkülönböztetni a kozmoszból eredő véletlen háttérzajtól? Ennek egyetlen módja nyilván az, hogy a vett jeleket összehasonlítjuk bizonyos előre meghatározott mintákkal, ame-

363 *Self-Organisation, Origin of Life Scenarios and Information Theory* [Önszerveződés, az élet eredetének forгатókönyvei és az információelmélet], *Journal of Theor. Biol.* 91, 1981, p.13-31

364 Cambridge, Cambridge University Press, 1998

365 Nem tudjuk, kitől származik a következő humoros megjegyzés: A földön kívüli intelligens lények létezésének egyik legfőbb bizonyítéka, hogy meg sem próbálnak kapcsolatba lépni velünk!





lyekről úgy véljük, hogy nyilvánvalóan és megbízhatóan jelzik az intelligenciát – mint például prímszámok egy hosszú sorozata –, majd ebből a tervezésre következtetünk. A SETI programban az intelligens tevékenység felismerését úgy tekintik, hogy az a természettudomány illetékességi körén belül van. Carl Sagan csillagász úgy gondolta, hogy egyetlen üzenet az űrből elég lenne ahhoz, hogy meggyőzzön minket: A világegyetemben a miénken kívül is létezik intelligencia.

Itt észre kell vennünk egy fontos dolgot. Ha készek vagyunk a földön kívüli intelligens tevékenység tudományos bizonyítékait keresni, miért habozunk ugyanezt a gondolkodásmódot alkalmazni saját bolygónkra? Úgy tűnik, hogy ebben szembeszökő ellentmondás van, ami elvisz minket a kérdés lényegéhez, amelyre a bevezetésben hivatkoztunk: Tudományos dolog-e intelligens tervezést tulajdonítani az univerzumnak? Hangsúlyozzuk, hogy a tudósok szívest-örömmel tekintik tudománynak a törvényszéki orvostant és a földön kívüli intelligencia keresését (SETI). Akkor miért a tiltakozás, amikor egyes tudósok azt állítják, hogy tudományos bizonyítéka van az intelligens kiváltó oknak a fizikában (kisebb tiltakozás) vagy a biológiában (nagyobb tiltakozás)?

Vajon a tudományos módszer nem alkalmazható mindenütt? Ha így fogalmazzuk meg a lényegét, magától adódik a következő kérdés: Mire következtethetünk abból az iradatlan mennyiségű információból, ami még a legegyszerűbb élő rendszerben is megtalálható? Ez vajon nem sokkal erősebb bizonyíték az intelligens eredetre, mint az univerzum finom összehangoltsága, amely – mint láttuk – sok fizikust meggyőzött arról, hogy az emberi létnek van valamilyen célja? Vajon nem ez a földön kívüli intelligencia valódi bizonyítéka?

Az Emberi Genom Projekt befejezésének nyilvános bejelentésekor a program igazgatója, Francis Collins ezt mondta: „Megkapó és döbbenetes dolog számomra ráébredni, hogy először nyertünk bepillantást saját használati utasításunkba, amelyet korábban csak Isten ismert”. Gene Myers, a Celera Genomics marylandi központjának számítógépes szakembere, aki részt vett az emberi genom feltérképezésében, ezt mondta: „Elragadóan komplexek vagyunk molekuláris szinten... Mégsem ismerjük magunkat, ami lehangoló. Még mindig maradt valamilyen metafizikai, mágikus elem... Ami valóban bámulatba ejt, az az élet architektúrája... a rendszer rendkívül komplex. Olyan, mintha valaki megtervezte volna... Mérhetetlen intelligenciával állunk itt szemben. Nem gondolom, hogy ez tudománytalan. Lehet, hogy mások azt gondolják, de én nem.”

Az efféle megfontolásoknak nagy szerepük volt néhány prominens gondolkodó gondolkodásmódjának megváltozásában. Allan Sandage megfigyelő kozmológus, akit korábban már említettünk, a következőt mondta azzal kap-





csolatban, hogy ötven évesen keresztény hitre tért: „A világ minden részében és összefüggésében túl bonyolult ahhoz, hogy csupán a véletlen műve legyen. Meg vagyok róla győződve, hogy az élet – a minden organizmusában jelenlévő renddel – egyszerűen túl jól van összerakva”.³⁶⁶ Nemrégiben Anthony Flew filozófus a következőképpen indokolta, miért lett teista, miután több mint ötven évig ateista volt: „A DNS biológiai vizsgálata megmutatta – az élet létrejöttéhez szükséges elrendeződések hihetetlen komplexitása által –, hogy valamilyen intelligenciának szerepet kellett játszania”.³⁶⁷

Az információ mint alapmennyiség

Egyértelműen afelé a gondolat felé haladunk, hogy az információ és az intelligencia alapvető az univerzum és az élet létezésének szempontjából, és ezek nem egy irányítatlan természeti folyamat végtermékei, amely energiával és anyaggal kezdődött, hanem kezdetől fogva jelen voltak. Ma már sok fizikus is foglalkozik ezzel a gondolattal. Ilyen értelemben nyilatkozott a *New Scientist* egy vezércikkében Paul Davies: „Az információ fogalmának egyre gyakoribb alkalmazása a természetre egy furcsa sejtést sugall. Rendszerint a világot úgy képzeljük el, hogy egyszerű, rögszerű, anyagi részecskékből áll, az információt pedig úgy, mint egy leszármaztatott jelenséget, ami az anyag speciális, szervezett állapotaihoz kapcsolódik. De lehet, hogy épp fordítva van: Talán az univerzum valójában az elsődleges információ tobzódása, az anyagi objektumok pedig az információ komplex másodlagos megnyilvánulásai.”³⁶⁸ Davies azt mondja, hogy ezt a gondolatot először 1989-ben vetette fel John Archibald Wheeler, az ismert fizikus, aki ezt mondta: „A jövőben rá fogunk jönni, hogy az egész fizikát csak az információ nyelvén érthetjük meg”.

A *New Scientist* folyóiratban³⁶⁹ Hans Christian von Baeyer írt egy cikket „Kezdetben volt a bit” címmel, amelyben beszámol Anton Zeilinger, a Bécsi Egyetem fizikusának munkájáról. Zeilinger azt a tézist fejtegeti, hogy ha valaki meg akarja érteni a kvantummechanikát, azzal kell kezdenie, hogy a (bitekben kifejezetten) információt társítania kell a kvantummechanika úgynevezett elemi rendszereivel, amelyek – akárcsak egy elektron spinje – egy bitnyi információt „hordoznak” (a spin mérésének két lehetséges kimenetele van – „fel” vagy „le”). Zeilinger azt állítja, hogy alapelve hihetőségét nagyban növeli az a tény,

366 A Scientist Reflects on Religious Belief [Egy tudós elmélkedése a vallásos hitről], Truth 1 1985, p.54

367 Associated Press Report, December 9, 2004

368 30th January 1999, p.3

369 17 February 2001





hogy az közvetlenül elvezet a kvantumelmélet három tartópilléréhez – a kvantáláshoz, a bizonytalansághoz és a „kvantum-belekeveredéshez” (quantum entanglement). Ennek a javaslatnak, miszerint az információ alapmennyiségnek tekintendő, súlyos következményei vannak az univerzum és önmagunk megértése szempontjából. Súlyával hozzájárul a tervezésre való következtetéshez.

De ez egyáltalán nem új gondolat. Évszázadok óta jelen van. „Kezdetben volt az Ige... Minden általa lett” – írta János apostol, a negyedik evangélium szerzője. Az „Ige” szó görög megfelelője a „Logosz”. Ezt a szót először a sztoikus filozófusok használták az univerzum mögött rejlő racionális elv elnevezésére, majd később a keresztények új értelemmel ruházták fel, és a Szentháromság Második Személyének leírására használták. Maga az „Ige” szó a parancs, a jelentés, a kód, a kommunikáció, vagyis az információ fogalmát juttatja eszünkbe, valamint azt a teremtő erőt, ami annak megvalósításához szükséges, amit ez az információ előír. Az Ige tehát alapvetőbb, mint a tömeg-energia. A tömeg-energia a teremtett dolgok kategóriájába tartozik. Az Ige nem.

Bizonyára nagyon meglepő, hogy a teremtő aktusok bibliai elemzésének középpontjában – amit sokan olyan fölényesen elutasítanak – az a fogalom áll, amelyről a legutóbbi időkben a tudomány is bebizonyította, hogy kiemelkedő jelentőségű – az információ fogalma.

Ezt a fontos gondolatot, miszerint a Teremtő maga Isten, az Ige, tükrözi az *ezt mondta Isten [Legyen világosság stb.]* ismétlődő frázisa a zsidó teremtéstörténetben, és hangsúlyozza a Biblia csaknem minden állítása a teremtéssel kapcsolatban. Fejtegetésünk szempontjából különösen érdekes a következő kijelentés: „Hit által értjük meg, hogy a világokat Isten szava alkotta, úgyhogy a nem láthatókból állt elő a látható”.³⁷⁰ Ez az idézet az ókori bibliai irodalomból figyelemre méltó, mert felhívja a figyelmet az információ egyik alapvető jellemzőjére, nevezetesen arra, hogy *az információ láthatatlan*. Az információ hordozói lehetnek láthatóak – mint a papír és az írás, a füstjelek, a televíziós képernyők vagy a DNS –, de maga az információ láthatatlan.

De az információ nemcsak láthatatlan: anyagtalan is, nemde? Miközben Ön olvassa ezt a könyvet, fotonok verődnek vissza a papírról, majd a szemébe jutnak, ahol elektromos impulzusokká alakulnak, és továbbítódnak agyába. Tegyük fel, hogy Ön szavakban közöl egy barátjával valamilyen információt, amit a könyvben olvasott. Az Ön szájától hanghullámok szállítják az információt a barátja füléig, ahol elektromos impulzusokká alakulnak, és továbbítódnak barátja agyába. Barátja most már rendelkezik azzal az információval, ami az Ön elméjéből származik, pedig semmilyen anyagi dolog nem jutott el Öntől

370 Zsidókhöz írt levél 11:3





a barátjáig. Az információ *hordozói* anyagiak, de *maga az információ nem anyagi*.

1961-ben Rolf Landauer írt egy híres cikket “Information is physical” [Az információ fizikai] címmel.³⁷¹ A cím első látásra pont az ellenkezőjét mondja annak, amit az imént kifejtettünk. Ő azonban csak azt akarja mondani, hogy mivel az információt általában valamilyen anyagi dologra kódolják, az információ hordozói alá vannak vetve a fizika törvényeinek, és ebben az értelemben maga az információ is alá van vetve a fizika törvényeinek, ezért úgy kezelhető, mint ha fizikai volna. Ez azonban nem változtat azon a tényen, hogy az információ – szigorú értelemben – nem fizikai entitás.

Akkor mi a helyzet a minden létező dolog materialista magyarázatának álmával? Hogyan adhatnának számot tisztán anyagi okok anyagtalán dolgok létezéséről kielégítő módon?

Az isteni cselekvés és a Hézagok Istene

Azt hiszem, hogy egyes olvasók már türelmetlenek, mert azt gyanítják, hogy az itt felhozott érvek tudatlanságból vagy szellemi restségből fakadnak, amennyiben feltételezik a tervezést (következésképpen egy Tervezőt), hogy betömjenek egy hézagot a jelenlegi tudományos ismeretekben, ahelyett, hogy vállalnák a tudományos megoldás keresésének fáradtságos munkáját. Más szóval, ezek tipikus „hézagok Istene” magyarázatok. Amikor a tudomány haladása lehetővé teszi a hézag kitöltését, Isten fölöslegessé válik. Az ilyen „isten” megérdemli, hogy eltűnjön. Már válaszoltunk a szellemi restség vádjára, amikor elemeztük az információ eredetének kérdését, de még egyszer hangsúlyoznunk kell, hogy az Isten létezése melletti érvek nem tudatlanságon, hanem éppen tudáson alapszanak – azon, hogy az univerzum rendezett, matematikailag megérthető, finoman össze van hangolva *stb.* Ha ezzel tisztában vagyunk, meg kell vizsgálnunk maguknak a „hézagoknak” a természetét.

Mégpedig azért, mert úgy tűnik, hogy kétféle hézag van: azok, amelyeket a tudomány betömött, és azok, amelyeket éppen a tudomány fedett fel. Nevezhetjük ezeket „rossz hézagoknak” ill. „jó hézagoknak”. Rossz hézagra példa lehet Newtonnak az a gondolata, hogy Istennek időnként „meg kellett csavarnia” egyes bolygópályákat, hogy egy síkba hozza őket. Azt várjuk, hogy az ilyen hézagokat a tudomány betömi, mert megoldásuk a tudomány magyarázó erejének hatókörébe esik. A jó hézagokat éppen a tudomány fedi fel, hiszen ezek kívül esnek magyarázó erejének hatókörén. Ez az a kevés hely, ahol a tudomány mint

371 Physics Today, May 1961 p.23





olyan önmagán túlmutat, olyan magyarázatok felé, amelyek kívül esnek illetékességi körén.

Például a SETI program támogatói nem találnák meggyőzőnek azt a gondolatot, hogy egy idegen intelligenciának, mint az általuk vett, információban gazdag üzenet forrásának feltételezése egyenértékű a „hézagok idegenjének” feltételezésével. És ha a matematikai és információelméleti elemzés hasonló, nem lenne-e következetes dolog feltételezni, hogy a DNS-ben tárolt, információban gazdag üzeneteknek is intelligens forrása van? Mint korábban láttuk, nem nehéz egy intelligens szerzőre mint az írás forrására következtetni, hiszen tudjuk, hogy teljesen hiábavaló dolog megpróbálni redukcionista magyarázatot adni a papír és a tinta fizikájának és kémiájának segítségével. Másképp fogalmazva, amikor a papíron lévő írás teljes magyarázatára van szükség, van egy hézag a fizika és a kémia magyarázó erejében. Ez nem a tudatlanság hézaga, hanem elvi hézag; egy jó hézag, amelyet éppen a tudomány ismerete és nem a tudatlanság tárt fel. A papíron lévő írás (vagy a vásznon lévő festmény) olyasvalamit mutat, amit Del Ratzsch „ellenáramlatnak” nevez – olyan jelenséget, amelyet a természet nem képes létrehozni egy alkotó segítségével nélkül. Mivel tudjuk, hogy a fizika és a kémia még elvben sem képes magyarázatot adni az írásban megnyilvánuló „ellenáramlatra”, elutasítjuk a naturalista magyarázatot, és feltételezünk egy alkotót.

Hasonlóképpen, egyrészt a biológiai információ természetének ismerete, másrészt annak tudása, hogy az intelligens források az információ egyedüli ismert forrásai, azzal a ténnyel együtt, hogy a véletlen és a szükségszerűség nem képes előállítani azt a fajta komplex specifikált információt, ami a biológiában előfordul³⁷², a tervezésre mint legjobb magyarázatra utal az információban gazdag DNS létezését illetően. Erősen gyanítjuk, hogy egyes tudósok vonakodása attól, hogy az információban gazdag biomolekulák létezéséből a tervezésre következtessenek, nem annyira a tudománnyal kapcsolatos, mint inkább a tervezésre való következtetés konzekvenciáival a Tervező lehetséges identitását illetően. Ez tehát nem tudományos, hanem világnézeti kérdés. Végül is a tudósok szíves-örömezt vonnak le (tudományos) következtetéseket az emberi vagy akár földön kívüli tervezésre, tehát a nehézség bizonyosan nem abban van, hogy általában képtelenek a tervezésre következtetni.

Hangsúlyozni kell, hogy ha vannak is olyan „jó hézagok”, amelyek egy Teremtőre utalnak, ez nem jelenti azt, hogy ezek a hézagok Isten létezésének egyedüli bizonyítékai. Ezek legfeljebb *további* bizonyítékokkal szolgálnak, azokon a fő bizonyítékokon kívül, amelyekkel a teremtett világ csodái szolgál-

372 Lásd a 8. fejezetet.





nak. Végül is a komoly keresztény teológia azt tartja, hogy Isten nemcsak megteremtette a világot, de folyamatosan fenn is tartja azt és folyamatait – nélküle megszűnne létezni. A világnak azok a részei, amelyeket értünk, Isten dicsőségét mutatják, függetlenül attól, hogy mit készítünk azokból a részeiből, amelyeket nem értünk.

A materialista persze *a priori* elutasítja a jó hézagok létezésének lehetőségét, amelyek egy Teremtő tevékenységére utalnak³⁷³. Azok számára, akik hisznek Istenben, a helyzet egészen más. Ők hiszik, hogy a világegyetemet Isten hívta létre, ezért ő felelős annak természeti folyamataiért. Ezek után felmerül a kérdés: Ezeknek a folyamatoknak csak közvetett módon okozója Isten, amennyiben ezek egy olyan univerzumban zajlanak, amelyért végső soron ő a felelős, vagy pedig vannak olyan folyamatok és események, amelyeknek közvetlenül Isten az okozója. Egyes teológusok az előbbi nézetet vallják, és azt tartják, hogy a természetnek van egyfajta „funkcionális integritása”, ami azt jelenti, hogy a világot ugyan Isten teremtette, de „nincsenek funkcionális hiányosságai, nincsenek olyan hézagok a működésében, amelyek szükségessé tennék, hogy Isten közvetlenül beavatkozzon”.³⁷⁴

Mindazonáltal – amint Alvin Plantinga rámutatott – logikusnak tűnik, hogy ha van egy Isten, aki közvetett módon bármit cselekedhet a világban, akkor közvetlenül is kell cselekednie, vagy közvetlenül teremtenie kell valamit. Ha egyszer elismerjük, hogy Isten közvetlenül cselekedett legalább egyszer a múltban, amikor megteremtette a világot, akkor mi akadályozhatná meg abban, hogy többször is így cselekedjen, akár a múltban, akár a jövőben? Végül is a világegyetem törvényei nem függetlenek Istentől, hiszen ezek alkotják azt a törvénykönyvet, amelyben le vannak fektetve azok a szabályok, amelyeket Isten beépített az univerzumba. Ezért abszurd dolog lenne azt gondolni, hogy ezek oly módon kényszerítik vagy korlátozzák Istent, hogy soha nem tehet semmilyen rendkívülit. Plantinga így foglalja össze a lényegét: „Nem lehet-e ésszerűen arra következtetni, hogy Isten teremtette például az életet, az emberi életet, vagy valami más rendkívüli dolgot? (Nem azt mondom, hogy erre *kell* következtetni, csak azt hogy *lehet*; csak akkor kell, ha ez az, amit a bizonyítékok a legerősebben sugallnak).”³⁷⁵ És ez a bökkenő: Vajon készek vagyunk-e elmen-

373 Minthogy elutasít másféle érveket is, például a finom összehangoltságra vagy az eleganciára vonatkozó érveket, amelyek pedig a tudomány fő áramlatába tartoznak.

374 Lásd például H.J. van Till, *When Faith and Reason Co-operate* [Amikor a hit és az ész együttműködik], *Christian Scholar's Review*, 21, 1991, p.42

375 “Should Methodological Naturalism Constrain Science” [Kényszerítheti-e a módszertani naturalizmus a tudományt], *Christian Perspectives for the New Millennium* [Keresztény kilátások az új évezredre], Scott B Luley, Paul Copan and Stan W Wallace, Eds., Addison Texas, CLM/RZIM Publ., 2003





ni odáig, ameddig a bizonyítékok vezetnek – akkor is, ha az univerzum naturalista értelmezése ellen szólnak? Ha létezik egy cselekvő Teremtő Isten, akkor nem meglepő, ha arra irányuló kísérleteink, hogy naturalista előfeltevések alapján próbáljuk megérteni az univerzumot, legnagyobb részben nagyon sikeresek³⁷⁶, de azt találjuk, hogy van néhány (viszonylag kevés) terület (különösen azok, amelyek az eredettel kapcsolatosak), amelyek nem adják meg magukat semmilyen naturalista módszertannak, sőt egyre homályosabbak ezek számára³⁷⁷.

John Polkinghorne – akárcsak Plantinga – kifejezetten elutasítja a hézagok Istenének rossz teológiáját, mégis váltig állítja, hogy „nem szabad megelégednünk egy ilyen felületes válasszal, és azt hinnünk, hogy az Isten cselekedeteire vonatkozó intuíciónk sohasem kapcsolódnak össze a fizikai folyamatokról való tudásunkkal”. Nézete szerint „ha a fizikai világ valóban nyitott, és felülről lefelé irányuló szándékos kauzalitás működik benne, a természet alulról felfelé haladó magyarázatában kell lenniük belső „réseknek”, hogy helyet csináljanak a szándékos kauzalitásnak... Ebben az értelemben mi is a „rések emberei” vagyunk, és ebben az értelemben a „rések Istenében” nincs semmi kivetni való.” Ami Isten beavatkozását illeti, az „nem energia, hanem információ által történik”³⁷⁸.

Habár Polkinghorne váltig hangoztatja, hogy Istent nem szabad egyszerűen úgy tekinteni, mint egy okot a sok közül, vagy mint egy platóni értelemben vett főistent (demiurgosz), mindazonáltal ha Isten tett valamit közvetlen módon, akkor nyilván felelős valamilyen energetikai hatásért vagy kölcsönhatásért. Végül is az energia-megmaradás törvénye azt mondja nekünk, hogy az energia megmarad. Azt viszont nem mondja meg, hogy ez az energia honnan ered – erről könnyen és gyakran megfeledkeznek. Továbbá az igazhíttű kereszténység központi tartópillére – amit Polkinghorne is nyilvánosan vall – vagyis Krisztus feltámadása, egy olyan történelmi esemény, amely az Újszövetség szerint hatalmas mennyiségű isteni energia közlésével járt.³⁷⁹

376 Korábban már említettük, hogy amikor az univerzum törvényeit és mechanizmusait vizsgáljuk, többnyire nem számít, hogy valódi vagy csak látszólagos tervezést feltételezünk.

377 Megfigyelhető, hogy még a Teremtés Könyve is korlátozza az ilyen rendkívüli események számát. Továbbá a teremtés története azzal a szombattal végződik, amikor Isten beszünteti azokat a közvetlen tevékenységeket, amelyek a teremtés folyamatával jártak (lásd 1Mózes 1).

378 “The Laws of Nature and the Laws of Physics” [A természet törvényei és a fizika törvényei], *Quantum Cosmology and the Laws of Nature: Scientific Perspectives on Divine Action* [Kvantum-kozmológia és a természet törvényei: tudományos kilátások az isteni cselekvéssel kapcsolatban], Robert John Russell, Nancy Murphy and C.J. Isham, Eds., Second Ed., Vatican City and Berkeley, The Vatican Observatory and The Center for Theology and Natural Sciences [A Vatikáni Obszervatórium és A Teológia és Természettudományok Központja], 1999 p. 438

379 Pál levele az efezusiakhoz, 1:19-20





Isten komplexitása: döntő ellenév?

Egyesek a következő ellenvetéssel élnek: Ha Istent bevisszük az egyenletbe, azzal csak öngólt lövünk, hiszen úgy „magyarázzuk” a szervezett komplexitás létezését, hogy feltételezünk egy lényt, aki természeténél fogva még komplexebb, mint az, amit meg akarunk magyarázni. Richard Dawkins ezt így fogalmazta meg: „Ha úgy magyarázzuk a DNS/fehérje gép eredetét, hogy segítségül hívunk egy természetfölötti Tervezőt, akkor nem magyarázunk meg semmit, hiszen a Tervező eredete magyarázat nélkül marad. Valami olyasmit kell mondanunk, hogy 'Isten mindig is ott volt', és ha megengedjük magunknak az ilyenfajta könnyű kiutat, akár azt is mondhatjuk, hogy 'a DNS mindig is ott volt', vagy 'az élet mindig is ott volt', és ezzel a magunk részéről el is intéztük a dolgot”.³⁸⁰

Ez az elemzés azonban nagyon zavaros és elégtelen. Először is tudjuk, hogy a DNS nem volt mindig ott, és ez élet sem. Ez az egyik fő oka annak, hogy létezésük felől érdeklődünk. Sőt, „feltételezni egy lényt, aki természeténél fogva még komplexebb, mint az, amit meg akarunk magyarázni” olyasmi, amit nagyon gyakran teszünk. Például amikor egy régész először veszi észre a karcolásokat egy barlang falán, izgatottan felkiált: „Emberi intelligencia!” Abszurd dolog lenne azt mondani neki: „Ne légy neveltség. Ezek a karcolások nagyon egyszerűek. Miféle magyarázat egy olyan komplex dolgot feltételezni, mint az emberi agy, csak hogy számot adj ezekről az egyszerű karcolásokról a barlang falán?” Hasonlóan abszurd dolog lenne azt mondani, hogy ha a karcolásokat emberi tevékenységgel magyarázzuk, „nem magyarázunk meg semmit”. E karcolások szemiotikája fontos nyomravezető lehet azoknak az embereknek az identitását, kultúráját és intelligenciát illetően, akik a falba vájták őket.

Mellékesen nem különös, hogy régészünk intelligens eredetre következtet, amikor szembesül néhány egyszerű karcolással, miközben egyes tudósok, szembesülvén az emberi genom 3,5 milliárd betűs sorozatával, azt közlik velünk, hogy ez megmagyarázható kizárólag a véletlen és szükségszerűség alapján?

Általában akkor következtetünk komplex intelligens forrásra, amikor bizonyos struktúrákat vagy mintákat találunk, amelyek – bár önmagukban lehetnek „egyszerűek” – olyan jellemzőket mutatnak, amelyeket csak az intelligens tevékenységgel tudunk társítani. Persze itt azt az ellenvetést lehet tenni, hogy azért vonunk le ilyen következtetéseket, mert ismerjük az emberi lényeket és a tervezésre való hajlamukat. De vajon ez elegendő ok-e arra, hogy valamit, aminek a struktúrája összeegyeztethető az intelligens tevékenységgel, egy nem in-

380 *The Blind Watchmaker* [A vak órásmeister], i.m. p141





telligens forrásnak tulajdonítsunk, amellyel e struktúra teljesen összeegyeztethetetlen? Ne feledjük, hogy mire következtetnénk, ha meglátogatván egy távoli bolygót, tökéletes titánkockák rakásainak egy sorát találánk, ahol a rakásokban lévő kockák száma rendre a prímszámokat adja: 2, 3, 5, 7, 11 *stb.* Nagy valószínűséggel arra következtetnénk, hogy mesterséges tárgyakkal van dolgunk, amelyeket egy intelligens alkotó hozott létre, noha halvány fogalmunk sem lenne, miféle intelligens alkotó lehetett az. A kockarakások önmagukban sokkal „egyszerűbbek”, mint az őket megalkotó intelligencia, de ez nem akadályoz meg minket abban, hogy az intelligens eredetre következtessünk, ami a legjobb magyarázatra való ésszerű következtetés. A SETI projekt indoklása – amint láttuk – pontosan ugyanezt az érvet használja: Ha egy olyan jelet vennénk az űrből (ahogy az meg is történik Carl Sagan „Contact” [Kapcsolat] című regényében), amely prímszámok egy sorozatából áll, akkor feltételeznénk, hogy intelligens forrásból származik. Sőt, ha egy ilyen esemény megtörténne, a világsajtó szenzációként tudósítana róla, és egyetlen tudósnak sem jutna eszébe azt az ellenvetést tenni, hogy a sorozat intelligens eredetének feltételezése nem magyarázat, hiszen ez azt jelenti, hogy a sorozatot valami olyasmivel magyarázzuk, ami komplexebb, mint maga a sorozat. Meg kell hagyni, hogy ez sok más kérdést is felvetne, például az intelligencia természetének kérdését, de legalább egyetértenénk abban, hogy létezik egy földön kívüli intelligencia. Még Dawkins is úgy tekintené ezt, mint új ismeretet.

Korábban utaltunk Dawkins vágyára, hogy mindent olyan „egyszerű dolgokkal magyarázzunk, amiket a fizikusok megértenek”. Mármost egyrészt az atomok egyszerűbbek, mint az élőlények, hiszen az élőlények atomokból felépülő komplex struktúrákból állnak, másrészt az atomok egyáltalán nem egyszerűek, aminek folytán az elemi részecskék fizikája a világ legkiválóbb elméit vonzza. Minél mélyebbre hatolunk az univerzum struktúrájába, annál komplexebbé válik.

Gondoljunk a relativitáselméletre, a kvantummechanikára vagy inkább a kvantum-elektrodinamikára. Ezek olyan messze vannak az egyszerűségtől, hogy csak a legintelligensebb emberi elmék képesek felfogni őket, és még így is sok rejtély megoldatlan. Például senki sem tudja, miért működik a kvantummechanika, és – amint Richard Feynman rámutatott – még azt sem tudja senki, hogy mi az energia. Mármost itt van a furcsa dolog. Ha Richard Dawkins kifogásolja Istennek mint végső magyarázatnak a komplexitását, akkor kifogásolnia kellene a részecskefizika univerzuma struktúrájának komplexitását is, és elégedetlennel kellene lennie az olyan végső magyarázatokkal, amelyek olyan fogalmakat használnak, mint az „energia”, hiszen valójában nem értjük őket.





Úgy tűnik, hogy Dawkins két dologban téved. Először is azok a dolgok, amelyeket egyszerűnek hisz, nem egyszerűek. Másodszor, a tudósok nem azért fogadják el a komplex fizikai elméleteket, mert azok egyszerűek, hanem magyarázó erejük miatt. És a magyarázó erő épp oly fontos – ha nem fontosabb – kritériuma egy tudományos elmélet érvényességének, mint az egyszerűség. Olykor az egyszerűbb elméleteket elvetették, mert nem rendelkeztek kellő magyarázó erővel. Einstein mondta: „A magyarázatoknak olyan egyszerűeknek kell lenniük, amennyire csak lehetséges, de nem egyszerűbbeknek.”³⁸¹

Ki teremtette Istent?

Egyesek, akik nehéznek tartják elfogadni Istent mint végső realitást, feltehetik a kérdést: „És ki teremtette Istent?” Mármost minden „Ki teremtette X-et?” típusú kérdés feltételezi, hogy X a teremtett dolgok kategóriájába tartozik. Így a következő logikus kérdés ez: Vajon a teremtett dolgok kategóriája kimeríti a teljes valóságot? Nincs semmi, ami örök? Persze, ha úgy tetszik, *a priori* feltételezhetjük, hogy semmi sem örök. De ha ezt tesszük, tudnunk kell, hogy ezt a feltételezést sem a tudomány, sem a filozófia nem igazolja. Sőt, voltak idők – és nem biztos, hogy ez már teljesen a múlté –, amikor a materializmus egyik alap-tétele volt, hogy az anyag / energia / univerzum örök, ezért amikor e nézet képviselői feltették a kérdést – „Ki teremtette Istent?” – akkor nem találhattak menedéket abban a hitben, hogy az örök dolgok kategóriája üres, hiszen ők maguk hittek legerősebben az anyag örökkévalóságában.

Logikailag nyilvánvaló, hogy az ok-hatás láncokat vagy követjük visszafelé a végtelen távoli múltba (végtelen regresszió – ez a fogalom filozófiailag is problematikus), vagy van egy pont, ahol megállunk egy végső realitásnál. A tudományban a magyarázat – ha el akarja kerülni a végtelen regressziót – mindig elvezet bizonyos dolgokhoz, amelyeket végsőnek tekintünk. Austin Farrer emlékeztet minket gyermekkori kérdezősködéseinkre: „A magyarázat vég nélküli keresését úgy dicsérték, mint isteni elégedetlenséget. Valójában ez a hajlam leginkább a szellemi fogyatékosokra jellemző. „Miért hordja az a férfi azt a sapkát?” „Azért, mert rendőr.” „Miért rendőr?” „Azért, mert amikor kicsi volt, rendőr akart lenni.” „Miért akart rendőr lenni?” „Azért, mert pénzt akart keresni.” „Miért akart pénzt keresni?” „Azért, mert élni akart – mindenki élni akar.” „Miért akar mindenki élni?” „Hagyd abba a kérdezősködést, drágám, és aludj el szépen.” Igen, egyszer abba kell hagy-

381 További fontos kritérium a konzisztencia – logikai konzisztencia és konzisztencia a bizonyítékokkal.





nunk a kérdezést, mert elértünk valamihez, amit értelmetlen megkérdezni – például értelmetlen megkérdezni, hogy az élőlények miért akarnak élni.

Az ateista és a hívő nézete között nem az a különbség, hogy van-e értelme a végső tény felől érdeklődni. A kérdés csak az: Mi a végső tény? Az ateista végső ténye az univerzum, a teista végső ténye pedig Isten”.³⁸²

Van egy égető kérdés: Melyik irányba mutat a tudomány – az anyag volt az elme előtt, vagy az Elme volt az anyag előtt? A kérdés bizonyára csak úgy válaszolható meg – mint mindig –, ha követjük Szókratész tanácsát: megvizsgáljuk a bizonyítékokat, és megnézzük, hová vezetnek – bármennyire fenyegeti is ez előítéleteinket.

James Shapiro felteszi a kérdést: „Mi a jelentősége a biológia és az informatika között kialakuló interdiszciplináris tudománynak az evolúcióról való gondolkodás szempontjából? Nos, lehetővé teszi, hogy ne ideológiai, hanem tudományos választ adjunk arra a központi kérdésre, amelyet oly hevesen vitatnak a fundamentalisták a kreacionisták és darwinisták között folyó vita mindkét oldalán. Játszik-e szerepet bármilyen vezérlő intelligencia a fajok eredetében, amelyek az alkalmazkodás ragyogó példáit mutatják – a lambda profág repressziótól és Krebs-ciklustól kezdve, a mitózison és a szemén keresztül az immunrendszerig, a mimikriig és a társadalmi szerveződésig?”³⁸³ Dean Kenyon biofizikus, az élet eredetéről szóló kiváló könyv³⁸⁴ szerzője azt mondja, hogy minél többet tudtunk meg az utóbbi években az élet kémiai részleteiről – a molekuláris biológiával és az élet eredetével kapcsolatos tanulmányainkból –, annál valószínűlenebbé vált az élet eredetének szigorúan naturalista magyarázata. Kenyon-t tanulmányai arra a következtetésre vezették, hogy a biológiai információt megtervezték: „Ha a tudomány tapasztalaton alapul, akkor a tudomány azt mondja nekünk, hogy a DNS-ben kódolt üzenetnek egy intelligens szerzőtől kell származnia. Hogy miféle intelligens szerző volt ez? A tudomány nem tudja megválaszolni ezt a kérdést; ezt a vallásra és a filozófiára kell hagynia. De ez nem akadályozhatja meg a tudományt abban, hogy elismerje az eredet intelligens okának bizonyítékait, bárhol is találhatók ezek”.³⁸⁵

Az eddig mondottak fényében meglepődöm, amikor egy olyan kiváló tudós tollából, mint E. O. Wilson, az ilyen bizonyítékok létezésének tagadását olva-

382 Farrer, *A Science of God* [Isten tudománya], i.m. p.33-34

383 A Third Way [A harmadik út], Boston Review, Feb/March 1997 p.33

384 *Biochemical Predestination* [Biokémiai predesztináció], D.H. Kenyon and G. Steinman, New York, McGraw-Hill, 1969

385 *Pandas and People: The Central Question of Biological Origins* [Pandák és emberek: Az élet eredetének központi kérdése], P. Davis and D.H. Kenyon, Dallas, Texas, Houghton Publishing Co., 1989, p.7





som: „Bármely kutató, aki bizonyítani tudja az intelligens tervezés tényét a tudomány elfogadott keretei között, történelmet fog csinálni és örök hírnévre tesz szert. Végre be fogja bizonyítani, hogy *a tudomány és a vallási dogma összeegyeztethető!* Még egy kombinált Nobel-díj és Templeton-díj (az utóbbit éppen eme összhang kutatásának bátorítására alapították) sem lenne megfelelő elismerés. Minden tudós szeretne elérni egy ilyen korszakalkotó eredményt. De eddig még a közelébe sem jutott senki, mégpedig azért, mert nincs olyan bizonyíték, elmélet vagy kritérium, ami a legkisebb mértékben tudományos lenne. Csak a mulasztás reménye maradt meg, ami egyre halványul, ahogy a biológia tudománya fejlődik”.³⁸⁶ Meglepődve olvasom ezeket a sorokat, hiszen még ha valaki nem is vesz tudomást a biológiáról szóló előző fejezetekről, mert azok kétségbe vonnak bizonyos elterjedt nézeteket az eredetre vonatkozóan, hogyan veheti semmibe az ott felsorolt fizikai és kozmológiai bizonyítékokat, amelyek egyáltalán nem kérdőjelezik meg az elfogadott tudományt? Hasonlítsuk össze Wilson álláspontját Allan Sandage-éval, akit a legnagyobb élő kozmológusnak tekintenek: „A világ minden részében és összefüggésében túl bonyolult ahhoz, hogy csupán a véletlen műve legyen. Meg vagyok róla győződve, hogy az élet – a minden organizmusában jelenlévő renddel – egyszerűen túl jól van összerakva”.³⁸⁷

Ne feledjük, hogy az élet eredetének kérdéseivel kapcsolatos tudományos kutatás bizonyítéka volt az, ami meggyőzte Anthony Flew-t, a kiváló filozófust, aki egész korábbi életében ateista volt, hogy a DNS komplexitásának természete csak egy intelligens Teremtővel magyarázható.³⁸⁸ Wilson azt mondja, hogy nincs bizonyíték, Sandage és Flew pedig azt állítja, hogy van. Mindkét nézet nem lehet igaz.

386 Intelligent Evolution [Intelligens evolúció], Harvard Magazine, November 2005

387 A Scientist Reflects on Religious Belief [Egy tudós elmélkedése a vallásos hitről], Truth 1 1985, p.54

388 BBC Radio 4 Interview, 10th December 2004



EPILOGUS: MI VÉGRE VAGYUNK ITT?

„Meg vagyok döbbenve, hogy a körülöttem lévő valóságos világ tudományos képe milyen tökéletlen és hiányos. A tudomány sok tényszerű információt közöl velünk, és összes tapasztalatunkat csodálatosan egységes rendbe szervezi, de mélyen hallgat mindenről, ami valóban közel áll a szívünkhöz, ami valóban fontos számunkra. Egy szót sem mond nekünk a pirosról és a kékről, a keserőről és az édesről, a testi fájdalomról és a testi élvezetről; semmit sem tud a szépről és a csúnyáról, a jóról és a rosszról, Istenről és az örökkévalóságról. A tudomány néha úgy tesz, mintha válaszolna ezekre a kérdésekre, de válaszai gyakran olyan ostobák, hogy nem is vesszük komolyan őket.”

Erwin Schrödinger (Nature and the Greeks [A természet és a görögök], Cambridge, Cambridge University Press, 1954).

Idáig azt bizonygattam, hogy bár a tudomány nem képes megválaszolni egyes alapvető kérdéseket, mindazonáltal a világegyetemben vannak bizonyos nyomravezető jelek a hozzá való viszonyunkat illetően – olyan jelek, amelyek tudományosan hozzáférhetőek. Az univerzum értelemmel való felfoghatósága például egy olyan Elme létezésére utal, aki felelős mind az univerzumért, mind a mi értelmünkért. Ez az oka annak, hogy képesek vagyunk művelni a tudományt és felfedezni azokat a csodálatos matematikai struktúrákat, amelyek a megfigyelhető jelenségek mögött rejlenek. Ez, valamint az a tény, hogy egyre mélyebb betekintést nyerünk az univerzum finom összehangoltságába – általában a világegyetemben és konkrétan a földön – összhangban van azzal az elterjedt nézettel, hogy valaki ide szánt minket. A föld az otthonunk.

De ha az univerzum mögött van egy Elme, és ha ez az Elme azt akarja, hogy itt legyünk, a valóban nagy kérdés ez: Miért vagyunk itt? Mi a célja létezésünknek? Ez az a kérdés, amely a leginkább gyötri az emberi szívet. Az univerzum tudományos elemzése nem adhat választ erre a kérdésre, ahogy Matild néni tortájának tudományos elemzése sem mondja meg nekünk, hogy miért sütötte. A torta tudományos vizsgálata elárulhatja nekünk, hogy jó az embereknek, sőt azt is, hogy nagy valószínűséggel emberek számára tervezték, hiszen táplálkozási



igényeik szerint van összeállítva. Más szóval, a tudomány igazolhatja azt a következtetést, hogy a torta mögött van egy cél, de nem tudja pontosan megmondani, mi ez a cél. Abszurd dolog lenne ezt a célt magában a tortában keresni. Ezt csak Matild néni árulhatja el. Az igazi tudomány nem jön zavarba attól, hogy ezen a ponton csődöt mond – egyszerűen felismeri, hogy nem képes megválaszolni az ilyen kérdéseket. Ezért komoly logikai és módszertani hiba lenne csupán az univerzum alkotóelemei – anyaga, struktúrái és folyamatai – között keresgélni, hogy kitaláljuk, mi a célja, és miért vagyunk itt. A végső válasznak – ha van ilyen egyáltalán – az univerzumon kívülről kell jönnie, valamitől vagy valakitől, aki hasonló viszonyban van az univerzummal, mint Matild néni a tortájával.

De hogy fogjuk ezt kitalálni? Azt mondtuk, hogy bizonyíték van arra, hogy az univerzum mögött van egy Elme, aki azt akarta, hogy mi itt legyünk. És mi rendelkezünk értelemmel. Ezért logikus, hogy nem csupán azért kaptunk értelmet, hogy képesek legyünk felkutatni bámulatos otthonunkat, az univerzumot, hanem azért is, hogy képesek legyünk megérteni azt az Elmét, aki megajándékozott minket ezzel az otthonnal.

Továbbá mi emberek képesek vagyunk kifejezni és másokkal közölni gondolatainkat. Ezért fölöttébb meglepő lenne, ha az az Elme, akitől származunk, kevésbé lenne képes kifejezni magát és közölni gondolatait, mint mi. Ez rögtön elvezet minket a következő kérdéshez: Van-e bármilyen komoly és hiteles bizonyíték arra, hogy ez az Elme megszólalt és beszélt hozzánk?

Sok ókori kozmológia mindenféle istenekkel népesítette be az univerzumot. Azt gondolták, hogy ezek az istenségek az univerzum őskáoszából születtek meg, úgyhogy maguk is részei voltak az univerzum anyagának. Ez nem lehet válasz a kérdésünkre, hiszen mi egy olyan Elmét keresünk, aki az univerzumtól függetlenül létezik.

Arisztotelész görög filozófus fogalmazta meg a „Mozdulatlan Mozgató” fogalmát, amely, bár maga nem változik, más dolgokat megváltoztat. Abszurdnak találván a gondolatot, hogy a változás elve az univerzumon belül van, azt gondolta, hogy ez a Mozdulatlan Mozgató bizonyos értelemben az univerzumon kívül van. Azonban Arisztotelész Mozdulatlan Mozgatója túl távoli és absztrakt volt ahhoz, hogy beszéljen a világhoz.

A Genezist (Mózes első könyvét) jóval Arisztotelész előtt foglalták írásba. Ez a következő szavakkal kezdődik: „*Kezdetben teremtette Isten a mennyet és a földet*”.³⁸⁹ Ez a kijelentés szöges ellentétben áll a kor más mitikus kozmogóniáival – mint például a babilóniai, amelyben az istenek részei voltak az univer-

389 *IMózes 1:1*





zum anyagának, és a világ egy istenből készült. A Genézis azt állítja, hogy van egy Teremtő Isten, aki az univerzumtól függetlenül létezik. Ez az állítás alapvető jelentőségű a judaizmus, a kereszténység és az iszlám szempontjából. János, a keresztény apostol ezt így fogalmazta meg: *Kezdetben volt az Ige, és az Ige Istennél volt, és Isten volt az Ige. Ő kezdetben az Istennél volt. Minden általa lett, és nélküle semmi sem lett, ami létrejött. Benne élet volt, és az élet volt az emberek világossága.*³⁹⁰

Ez az elemzés figyelmet érdemel. Következményeivel már foglalkoztunk az információnak az anyaggal szembeni elsőbbségével kapcsolatban. És vannak további következményei is. Az „Ige” szó görög eredetije a *Logosz*, amelyet a görög filozófusok gyakran használtak az univerzumot irányító racionális elvre. Íme az univerzum értelemmel való felfoghatóságának teológiai magyarázata: az isteni *Logosz* elméjének terméke. Mert ami az univerzum mögött áll, az sokkal több, mint egy racionális elv: maga Isten, a Teremtő. Az univerzum mögött nem egy absztrakció vagy egy személytelen erő áll. Isten, a Teremtő egy személy. És ahogy Matild néni nem része tortájának, Isten sem része univerzuma anyagának.

Mármost ha az univerzum mögött rejlő végső realitás egy személyes Isten, ennek messze ható következményei vannak az igazság keresése szempontjából, hiszen új lehetőségeket kínál a végső realitás megismerésére, túl a dolgok tudományos tanulmányozásán. Mert a személyek nem olyan módon kommunikálnak, mint a dolgok. Minthogy magunk is személyek vagyunk, megismerhetünk más személyeket. Ezért a következő logikus kérdés ez: Ha a Teremtő személyes, vajon szólt-e hozzánk közvetlenül, azon túl, amit közvetett módon megtudhatunk róla az univerzum struktúrái által? Mert ha létezik egy Isten, és beszélt hozzánk, akkor amit mondott, annak rendkívüli jelentősége van az igazság keresése szempontjából.

Ezen a ponton ismét találkozunk a Biblia kijelentésével, miszerint Isten a lehető legmélyebb és legközvetlenebb módon beszélt. Ő, az Ige, aki egy személy, emberré lett, hogy megmutassa, hogy az univerzum mögött rejlő végső igazság személyes. *Az Ige testté lett, közöttünk lakott, és láttuk az ő dicsőségét, mint az Atya egyszülöttjének dicsőségét, telve kegyelemmel és igazsággal.*³⁹¹

Amint Schrödinger a fenti idézetben rámutat, ezek olyan dolgok, amikről a természettudományok semmit sem tudnak mondani. Mindazonáltal – mint sok más dolog esetén, amely kívül esik a tudomány illetékességén – ez nem azt jelenti, hogy nincsenek rájuk bizonyítékok. E bizonyítékok ismertetése túllépne a

390 János evangéliuma, 1:1-4

391 János evangéliuma 1:14





jelen könyv keretein, és a történelem, az irodalom és a tapasztalat területére vezetne. Ezért meg kell elégednem azzal, hogy idézem Arthur Schawlow-t, aki Nobel-díjat kapott a lézer-spektroszkópiában elért eredményeiért. Ő ezt mondta: „Szerencsések vagyunk, hogy birtokunkban van a Biblia, különösen az Újszövetség, amely olyan sokat mond nekünk Istenről teljesen közérthető emberi nyelven”.³⁹²

Végül kijelentem, hogy a tudomány egyáltalán nem temette el Istent: A tudomány eredményei Isten létezésére utalnak, és magát a tudományos vállalkozást is az ő létezése teszi hitelessé.

Elkerülhetetlen, hogy mindnyájan – nem csak azok, akik tudománnyal foglalkoznak – válasszunk egy előfeltevést, amivel elindulunk. Nincs sok választásunk – lényegében csupán kettő van: Az emberi intelligencia vagy az értelem nélküli anyagból ered, vagy létezik egy Teremtő. Furcsa, hogy egyesek azt mondják, hogy éppen intelligenciájuk készíti őket arra, hogy az előbbit részesítsék előnyben az utóbbival szemben.



392 Idézi: Margenau, Henry, and Roy Varghese, *Cosmos, Bios, Theos* [Kozmosz, Biosz és Teosz], La Salle, Illinois, Open Court Publishing, 1992 p.107



AJÁNLOTT IRODALOM

- Tóth Tibor: Tudomány, hit, világmagyarázat – Focus Kiadó, 2005
Tasi István (szerk.): A tudomány felfedezi Istent – Aeternitas, 2004
Hornyánszky–Tasi: A természet IQ-ja – Kornétás Kiadó, 2002
Tasi István: Mi van, ha nincs evolúció? – Kornétás Kiadó, 2007
Harun Yahya: Evolúciós csalás – Kornétás Kiadó, 2006
Ariel A. Roth: Gyökereink – Advent Kiadó, 2003
William A. Dembski: Intelligens tervezettség – Laurus Kiadó, 2007
Henry M. Morris: Kreationizmus – KIA, 2000
Del Ratzsch: Miből lesz a tudomány? – Harmat, 2002
Michael J. Behe: Darwin fekete doboza – Harmat, 2002
Thaxton–Bradley–Olsen: Az élet eredetének rejtélye – Harmat, 1997
Jobe Martin: Evolúciótól teremtésig – Jó Hír, 2002
Don Batten (szerk.) Kérdések a kezdethez – Evangéliumi Kiadó, 2003
Werner Gitt: Logosz vagy káosz? – Evangéliumi Kiadó, 1990
Werner Gitt: Ha az állatok beszélni tudnának – Evangéliumi Kiadó, 1991
Werner Gitt: Teremtés + evolúció = ? – Evangéliumi Kiadó, 1992
Werner Gitt: A teremtés bibliai tanúságtétele – Evangéliumi Kiadó, 1996
Werner Gitt: Jelek a mindenségéből. Mi végre vannak a csillagok? – Evangéliumi Kiadó, 1997
Werner Gitt: Kezdetben volt az információ – Evangéliumi Kiadó, 1998; átdolgozott kiadás 2004
Werner Gitt: Idő és örökkévalóság. Kezdetben volt az ősrobbanás? – Evangéliumi Kiadó, 2000
Alexander Seibel: Relativitáselmélet és a Biblia – Evangéliumi Kiadó, 1990
D. Gooding–J. Lennox: Küzdelem az élet értelméért – Evangéliumi Kiadó, 2001
W. Ouweneel: Teremtés vagy evolúció? – Evangéliumi Kiadó, 1991
A. E. Wilder-Smith: Aki gondolkozik, annak hinnie kell – Evangéliumi Kiadó, 1998
Reinhard Junker: Ádámtól származik az ember? – Evangéliumi Kiadó, 1997
Reinhard Junker: Jézus, Darwin és a teremtés – Evangéliumi Kiadó, 2002
Reinhard Junker: Hogyan kapta csíkjait a zebra? – Evangéliumi Kiadó, 2003
John Blanchard: Evolúció – tény vagy elképzelés? – Evangéliumi Kiadó, 2008

*