

# HOGYAN MODELLEZZÜK A TERMÉSZETES SZELEKCIÓT?<sup>1</sup>

Nánay Bence

PhD, Syracuse University  
nanay@syr.edu

*Bevezetés: Mi a természetes szelekció?*

Az evolúció legfontosabb, bár nem kizárólagos mechanizmusa a természetes szelekció. A természetes szelekció egy nagyon egyszerű mechanizmussal képes elérni, hogy mindenféle előzetes terv nélkül igen bonyolult, és az adott környezet feltételeinek megfelelő organizmus jöjjön létre. Egyszerűen úgy lehetne leírni a természetes szelekciót, mint kétlépéses folyamatot, amely a véletlen variáció kialakulásából és az ezt követő szelektív kipusztulásból áll.

A véletlen variáció lépésének felel meg az, amikor például egy nyúl szül tíz kölyköt, amelyek igen eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek: az egyik gyorsan fut, de nem lát élesen, a másiknak nagyon jó a szaglása stb. A szelektív kipusztulás lépése ennél kicsit brutálisabb. A tíz nyúlkölyök környezete általában nem túl barátságos: különböző ragadozók, kutya, emberek próbálják elkapni szegényeket. Tegyük fel, hogy a tizből jó esetben kettő éri meg az ivarérett kort, a többi elpusztul. Azok fognak elpusztulni, amelyek nem tudnak jól reagálni a környezet veszélyeire: nem tudnak elmenekülni a rókától, nem veszik észre a

kutyát stb. Akik megbirkóznak ezekkel a veszélyekkel, azok életben maradnak, és újabb nyulakat nemzenek. Ekképpen a következő nyúlgeneráció – ha a gyors futás és az éles látás öröklődik – valószínűleg jobb esélyekkel fog indulni a ragadozók ellen, hiszen annak a nyúlnak a leszármazottai, amely – ellentétben testvéreivel – éles látással rendelkezett és gyorsan futott. Néhány generáció múlva igen gyors és jól látó nyúlpopulációnk lesz, és ennek kialakulása világosan megmagyarázható pusztán a véletlen variáció és a szelektív kipusztulás segítségével.

Egy kicsit absztraktabban fogalmazva, a természetes szelekció első lépése mindig egy *replikációs* folyamat: egy nyúlból lesz például tíz. Ez a replikáció azonban – ahhoz, hogy működhessen a szelekció – nem lehet teljesen pontos. Ha tíz ugyanolyan kisnyúl születne, akkor a szelekció folyamata nem lenne képes a leggyorsabbakat kiválogatni, következésképpen semmilyen hatással nem lenne a következő generáció nyulainak gyorsaságára nézve. A replikáció tehát nem az eredeti organizmus egy az egyben történő lemásolása; mindig van eltérés az eredetitől.

A természetes szelekció második lépése a környezettel való *interakció*, azaz a szelektív kipusztulás ebből az alapanyagból, a véletlen variáció által létrehozott sokféleségből dolgo-

zik. A sokféle egyed közül az fog túlélni, aki legjobban alkalmazkodik a környezethez. Különböző környezeti feltételek között más és más tulajdonság fog hasznosnak bizonyulni. Mivel nem tudható előre, hogy milyen környezeti feltételek fognak érvényesülni, minél nagyobb variabilitást biztosít a replikáció az utódoknak, annál valószínűbb, hogy lesz olyan utód, amely képes lesz túlélni az adott környezetben. A természetes szelekció innenől újra kezdődik: az az utód, amely a legjobban alkalmazkodott a környezethez, újabb utódokat hoz létre, megintcsak a véletlen variáció követelményei szerint.

*A természetes szelekció két modellje*

Eddig a természetes szelekció narratív leírását adtam. A kérdés az, hogy miként lehet ebből egy tudományos modellt alkotni. Ennek kétféle módja van. Az első modell az itt elmesélt narratíván alapul: annak absztrakciójaként fogható fel. Eszerint a természetes szelekció két folyamat, a replikáció és az interakció ciklikus változásából áll. A második modell elutasítja a fenti narratívát, és azt állítja, hogy a természetes szelekció fitness-értékek variációjának öröklése. Attól függően, hogy melyik modellt választjuk, különböző evolúciós magyarázatokat kapunk. El kell tehát döntelnünk, melyiket használjuk.

E tanulmány célja, hogy a két modell közül a világosabbat, de kevésbé népszerűt vegye védelmébe: a replikáció-interakció-modellt. Ám, hogy ezt a modellt meg tudjuk védeni az egyre növekvő számú és befolyású kritikai megjegyzésektől, komoly ártértelemezésre van szükség. De lássuk előbb a természetes szelekció két versengő modelljének részleteit.

Az első modell csak absztrakciós szintben különbözik a nyúlpopulációról elmondott történettől. Eszerint a szelekció a replikáció

és az interakció ciklikus váltakozása (Hull, 1988; Hull et al., 2001), amelyet David Hull így definiál:

„A szelekció a replikáció és a környezettel való interakció ciklikus váltakozása, amelyben az interakció befolyásolja a replikáció következő ciklusát”. (Hull et al., 2001, 53.)

A replikáció a véletlen variáció absztrakt megfelelője, míg az interakció a szelektív kipusztulásé. Kicsit precízebben: Hull szerint a replikáció egysége, a „replikátor” „olyan entitás, amely strukturáját viszonylag érintetlenül adja tovább a következő generációra” (Hull, 1988, 408.). Ezzel szemben, az interakció egysége, az „interaktor” „olyan entitás, amely koherens egészként úgy lép kölcsönhatásba a környezettel, hogy ez a kölcsönhatás befolyásolja a replikáció következő körét”. (Hull, 1988, 408.)

A második modell szerint a szelekciós folyamat fitness-értékek variációjának öröklése. Mint Richard Lewontin írja:

„A természetes szelekció által generált evolúció mechanizmusa a következő három feltevésben foglalható össze:

1. Egy fajba tartozó individuumok morfológiai, fiziológiai vagy viselkedésbeli tulajdonságai különbözőek (a variáció elve).

2. Az adott variáció legalább részben örökletes, egy individuum tehát jobban hasonlít a leszármazottjaira, mint a faj többi tagjára (az öröklés elve).

3. A különböző variánsokat eltérő számú leszármazott örökli, akár a közeli, akár a távoli jövőben (a különböző fitness-érték elve)”. (Lewontin, 1980, 76.; lásd még Godfrey-Smith, 2007, 515.)

Az elmúlt évtizedben egyre többen érvelnek a szelekció replikáció-interakció-modellje ellen. A fő ellenvetés az, hogy a replikáció folyamata nem szükséges feltétele a természete-

<sup>1</sup> Köszönettel tartozom Peter Godfrey-Smithnek, Csányi Vilmosnak és Samir Okashának a tanulmány korábbi változatához fűzött megjegyzéseikért.

tes szelekciónak. E tanulmány célja az, hogy a szelekció replikáció-interakció-modelljét védelmébe vegye ezekkel az ellenérvekkel szemben, és kimutassa, hogy a replikáció igenis a szelekció egyik szükséges feltétele. Ez azonban csak akkor igaz, ha jelentősen módosítjuk a replikáció-interakció-modellt.

A terv tehát a következő. Először a replikáció-interakció-modell eredeti verzióját mutatom be, különös tekintettel a replikáció fogalmára, majd felsorolom azt a hat ellenérvet, melyet felhoztak ez ellen a modell ellen. Majd újraértelmezem a replikáció fogalmát, és amellet érvelek, hogy nem entitások, hanem tulajdonságok másolásának kell felfognunk azt. Majd kimutatom, hogy a replikáció ezen újraértelmezett fogalmával szemben a hat eredeti ellenérv egyike sem lesz érvényes.

## II. Replikáció mint a replikátorok másolása

A replikátor és az interaktor fogalmát Richard Dawkins és David Hull vezették be (Dawkins, 1982; Hull, 1988). A replikátor és az interaktor közötti különbség a genotípus-fenotípus distinkció általánosításaként fogható fel.

A természetes szelekció közismert esetében a replikátor a gén, és a lehetséges interaktorok közül egy az organizmus. A gének adódnak át generációról generációra, míg az organizmus lép kölcsönhatásba a környezettel. Azoknak a géneknek, amelyek sikeresebb organizmusok fejlődéséhez járulnak hozzá, nagyobb esélyük van a replikációra.

De térjünk vissza Hull definíciójához – a replikátor „olyan entitás, amely viszonylag érintetlenül adja tovább struktúráját a következő generációra” (Hull, 1988, 408.) –, s nézzük meg: mit jelent az, hogy egy entitás „továbbadja a struktúráját”. Richard Dawkins számos replikáció-definíciójának egyike világossá teszi, hogy ezt a „továbbadást” vagy

„másolást” nem kell túl szigorúan értelmezni. Ahogy Dawkins írja, „egy replikátor a világ-egyetemben bármi lehet, amiről másolat készül”. (Dawkins, 1982, 83.)

Ennél lényegesen használhatóbb John Maynard Smith és Szathmáry Eörs definíciója. Eszerint bármely entitás lehet replikátor, amelynek az a keletkezési feltétele, hogy „egy hozzá hasonló, már eleve létező struktúra legyen a közelében” (Maynard Smith – Szathmáry, 1995, 41.). A replikátor tehát „olyan entitás, amely csak egy eleve létező másik entitás osztódása vagy másolása által keletkezik”. (Maynard Smith – Szathmáry, 1995, 58.)

A replikációt jellemző „továbbadás” vagy „másolás” két aspektusa különíthető el: a hasonlóság és az ok-okozati kapcsolat. Ezt a két elemet Peter Godfrey-Smith definíciója világosan elkülöníti:

„Y akkor és csak akkor X replikája, ha: (i) X és Y (valamilyen releváns tekintetben) hasonlóak, és (ii) Y keletkezését legalább részben X okozta, és ez magyarázza az X és Y közötti hasonlóságot”. (Godfrey-Smith, 2000, 414.)

A replikációt ez a fogalom sem értelmezi különösebben szigorúan. Godfrey-Smith maga említi, hogy e definíció szerint például a fénymásolás is replikációnak számít. A fénymásolat ugyanis hasonló az eredetihez, és a fénymásolatot legalább részben az eredeti okozta, és ez magyarázza azt, hogy miért hasonlít az eredetihez.

Minden különbözőségük ellenére a replikáció itt felsorolt fogalmainak fontos közös eleme az, hogy a replikációt entitások másolásaként fogják fel (ez igaz Csányi Vilmos definíciójára is [lásd Csányi, 1989, 21.]). A replikáció tehát olyan másolási folyamat, amelyben entitások másolódnak. Ezzel szemben én amellet érvelek, hogy a replikáció nem entitások, hanem tulajdonságok máso-

lása. És ha így fogjuk fel a replikációt, akkor a szelekció replikáció-interakció-modelljét meg tudjuk védeni a sorozatos ellenérvektől. De lássuk az ellenérveket.

## III. Érvek a replikáció-interakció-modell ellen

Szép számmal akadnak ellenérvek a szelekció replikáció-interakció-modellje ellen. Ezek közül a hat legfontosabb ellenérvet fogom itt bemutatni. Az első három ellenérv azt hangsúlyozza, hogy a replikáció-interakció-modell nem eléggé általános, ugyanis a szelekciónak vannak olyan esetei, amelyeknél szó sincs replikációról.

*Szelekció lehetséges, ha elég nagy a szülő és a leszármazott közötti fenotipikus hasonlóság.* Replikáció, amely a genotipikus hasonlóságot biztosítaná, nem szükséges. (Okasha, 2007, 15.)

Képzeljünk el egy populációt, amelyben a gazdag individuumoknak nagyobb esélyük van a túlélésre és a reprodukcióra (mert, tegyük fel, egy halálos és gyakori betegség elleni védőoltás nagyon drága, s ezt csak ők tudják megfizetni). Emellet ezek a gazdag individuumok leginkább saját leszármazottjaiknak adják tovább a pénzüket, akik emiatt gazdagabbak lesznek, mint a populáció többi tagja. Ebben a populációban van szelekció: a fitness-értékek variációja öröklődik. De mivel a gazdagság genetikai komponens nélküli, elsajátított tulajdonság, nincs szó egy „gazdagság gén” replikációjáról. Találtunk tehát egy esetet, ahol szelekció lehetséges replikáció nélkül.

*Szelekció lehetséges, ha bármilyen (genotipikus vagy fenotipikus) különbség fennáll a szülő és a leszármazott hasonlóságában.* Replikáció, amely viszonylag pontos másolási folyamatot jelent, nem szükséges.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Dawkins és Hull elismerik, hogy a replikáció folyamata nem igényel 100 %-os másolási pontosságot, de mindketten hangsúlyozzák, hogy a másolás pontosságá-

Ahogy Peter Godfrey-Smith írja: „A természetes szelekcióhoz elégséges (*ceteris paribus*), ha a szülő és a leszármazott jobban hasonlít egymásra, mint a két generációból véletlenszerűen választott két individuum. Tehát a szülő és a leszármazott közötti hasonlóság bármilyen mértéke (leszámítva persze a 100 %-ot, ami azt jelentené, hogy nincs mutáció) elégséges a szelekcióhoz, ha a kontextus megfelelő”. (Godfrey-Smith, 2007, 515.)

*Az információ átadásának vannak olyan módjai (extragenetikus öröklődés, kulturális információátadás), amelyek nem számítanak replikációnak, de megfelelő körülmények között mégis elégségesek a szelekcióhoz.*

Samir Okasha a következőképpen foglalja össze ezt a fajta ellenérvet: „A természetes szelekcióhoz szükséges, a szülő és a leszármazott közötti hasonlóságot különböző öröklési folyamatok (kulturális, viselkedésbeli vagy genetikai) is létrehozhatják. Ezen öröklési folyamatok némelyike nem különböző elemek másolásából és továbbadásából áll. Azok az evolúciós változások tehát, amelyeket kulturális vagy viselkedésbeli öröklődés hív életre, nem írhatók le a replikátorok replikációjaként”. (Okasha, 2007, 15.)

Az ellenérvek második csoportja a replikátoroknak és az interaktoroknak az evolúció folyamatán belüli státusát kérdőjelezi meg:

*A replikáció-interakció-modell adottnak veszi, hogy a replikátorok és az interaktorok az evolúció végtermékei.* Emiatt azonban nem magyarázható meg a replikátorok és az interaktorok evolúciója. (Okasha, 2007, 16.) A DNS-molekula evolúcióját meg tudjuk magyarázni egy másfajta (RNS) replikátor segítségével, de a replikátor mint olyan evolúciója nem értelmezhető.

ga, ha nem is 100%, de kellően magas kell legyen. A pontosság mértékéről lásd még Csányi Vilmost (1989).

*A természetes szelekció magyarázati sémája olyan esetekben is alkalmazható, amelyeknél sem a replikátorok, sem az interaktorok nem az evolúció végeredmékei.* A replikációt hagyományosan nagy pontosságú másolási folyamatnak definiálják, de az élet evolúciójának kezdeti szakaszaiban a replikáció egyáltalán nem volt nagy pontosságú (Maynard Smith – Szathmáry, 1995). Hasonlóképpen, Hull „koherens egészként” definiálta az interaktort, de az evolúció kezdeti szakaszaiban (és talán később is) az entitás, amely kölcsönhatásba lépett a környezettel (amit tehát interaktornak kell tekintenünk), egyáltalán nem volt koherens egész. Ha ez igaz, akkor viszont a replikáció-interakció-modell nem alkalmazható az evolúció korai szakaszaira.

Végül az utolsó ellenérv az egyedfejlődés fogalmát állítja középpontba:

*A replikáció fogalma semmibe veszi az egyedfejlődést.* A klasszikus replikáció-interakció-modell szerint a replikációt interakció követi, majd azt egy újabb kör replikáció, de az egyedfejlődésről nincs szó. Hogyan jutunk el a replikátortól az interaktorig? A replikáció-interakció-modell erről hallgat.

Ennél fontosabb probléma, hogy az utóbbi évtized egyik igen fontos és befolyásos érve szerint az evolúciós magyarázatokban nem lehet és nem szabad elválasztani a genetikai és a fejlődési komponenset. Nem lehet éles határvonalat húzni az egyedfejlődés genetikai és környezeti összetevője között. Ebből azonban az következik, hogy hiba a gént replikátornak tekinteni. Ha egyáltalán beszélhetünk replikátorról, akkor az egész életciklust kell annak tekinteni, ez azonban problematikussá teszi a replikáció és az interakció közötti distinkciót (lásd Griffiths – Gray, 1994, 304.).

Ezek az ellenérvék igen hatásosak, és – ha a replikáció eredeti fogalmát fogadjuk el –

sikeresek is. E tanulmány célja nem az, hogy a replikáció eredeti fogalmát védelmezze, hanem amellel érvelek, hogy ha a replikáció fogalmát radikálisan ártelmezzük, és úgy fogjuk fel, mint tulajdonságok (és nem entitások) másolását, akkor ezen ellenérvék mindegyike érvénytelenné válik.

#### IV. Replikáció mint a tulajdonságok másolása

Azt állítom, hogy a replikáció nem egy entitás (a replikátor) másolása, hanem tulajdonságoké. Tehát akkor is lehet replikációról beszélni, ha semmilyen replikátor nem másolódik.

Érdeemes tisztázni, mi is a különbség entitások és tulajdonságok között. Az előttem álló pohár egy entitás, amelynek számos tulajdonsága van, egyesek érdekesebbek, mások kevésbé. A pohár színe egy tulajdonság, a pohár alakja egy másik tulajdonság. Általánosságban igaz, hogy minden entitásnak számos (sőt, talán megszámlálhatatlanul sok) tulajdonsága van. Az entitások, illetve a tulajdonságok másolása tehát igen különböző folyamatot eredményez.

Az állításom tehát nem az, hogy entitás nélküli tulajdonságok keringenek a biológia világában. Minden tulajdonság egy entitás tulajdonsága. Az állításom az, hogy a replikáció folyamatát érdekesebb tulajdonságmásolásként felfogni, mint entitásmásolásként. De persze a tulajdonságok másolása is mindig egy entitás tulajdonságainak másolása.

A replikáció új definíciója tehát a következő (a Godfrey-Smith által javasolt definíciót követve – Godfrey-Smith, 2000, 414.):

Egy tárgy (b) tulajdonsága (Q) akkor és csak akkor replikálja egy másik tárgy (a) tulajdonságának (P), ha:

Q hasonló P-hez és

Q keletkezését legalább részben P okozta, s ez magyarázza a P és Q közti hasonlóságot.

Bár (i) egyszerűnek tűnik, valójában nem az. Nem világos ugyanis, hogy a hasonlóság milyen fokát kívánja meg (i). 100 %-ot? 98 %-ot? A választ nyilván nem egy adott százalékkérték jelenti.

Egy tárgy (a) tulajdonsága, P, és egy másik tárgy (b) tulajdonsága, Q hasonló, ha a hasonlóság mértéke P és Q között nagyobb, mint a populáció két véletlenszerűen választott tárgyának megfelelő tulajdonságai között. Ez azt jelenti, hogy a P és Q közötti hasonlóság nem egy adott százalékkérték, és csak (a) és (b) populációjának többi tagjainak tulajdonságaihoz képest definiálható.

A definíció fontos aspektusa, hogy a két tárgy, (a) és (b) nem feltétlenül azonos típusúak. Replikációnak számít például az is, ha (a) egy alma, míg (b) ennek az almának a színes fényképe. A definíció szerint a fotó színe lehet az alma színének replikája, de ez nem jelenti azt, hogy a tárgyak maguk replikák vagy másolatok.

Érdeemes megvizsgálni, hogy e definíció szerint replikációnak számítanak-e a replikáció leggyakrabban emlegetett esetei (és leggyakrabban emlegetett ellenpéldái).

A legfontosabb példa a gének másolása, és ez replikációnak számít az új definíció szerint. Egy leszármazott génjeinek vannak olyan tulajdonságai, melyek a szülő génjeinek a tulajdonságait replikálják. A gének több tulajdonsága is replikálódik, de szorítokozunk arra, hogy a gén egy bizonyos nukleotid-szekvenciából áll. A leszármazott és a szülő nukleotid-szekvenciája hasonló (tehát *hasonlóbb*, mint két véletlenszerűen választott individuumé), és ezt a hasonlóságot az magyarázza, hogy a leszármazott nukleotid-szekvenciáját legalább részben a szülő nukleotid-szekvenciája okozta (ha a szülő nukleotid-szekvenciája másmilyen lett volna,

a leszármazott nukleotid-szekvenciája is más lenne). Az új definíció értelmében a gének másolata replikáció.

Érdeemes megjegyezni: léteznek a gén fogalmának olyan értelmezései, melyek eleve adottnak veszik, hogy ami a gének replikációjánál valójában másolódik, az egy tulajdonság, és nem egy entitás. George Williams a következőképpen definiálja a gén fogalmát: „*A gén nem azonos a DNS-molekulával. A gén nem más, mint másolható információ, melyet ez a molekula kódol.*” (Williams, 1992, 11.). Ez alapján, ami replikálódik, az nem egy entitás (a DNS-molekula), hanem az információ, amelyet ez a molekula hordoz. És az információ a molekula egyik tulajdonságának tekinthető. Ha elfogadjuk Williams génfogalmát (amely nem az egyetlen és talán nem is a legelfogadhatóbb génfogalom), akkor a gének replikációja előfeltételezi a replikáció itt kifejtett új felfogását.

A generációk közötti hasonlóságnak azonban sok olyan esete is van, amely *nem* számít replikációnak. Ilyen például a szülő és gyerek szemszíne közötti hasonlóság. Ez a hasonlóság az új definíció alapján sem számít replikációnak, mivel a szülő szemszíne nem okozza a leszármazott szemszínének.

A replikáció új fogalma nem értelmezi a replikációt különösebben szigorúan. Mint Godfrey-Smith replikáció-fogalmába, ide is beletartoznak olyan biológiailag irreleváns folyamatok, mint például a fénymásolás. De ez önmagában nem tekinthető problémának. A replikáció fogalma ugyanis az evolúciós magyarázatoknak csupán kezdőpontja. Sok feltételnek kell teljesülnie ahhoz, hogy egy replikációs folyamat szelekcióhoz vezessen, és még többnek ahhoz, hogy ez a szelekciós folyamat magyarázatot tudjon adni a természet látszólagos teleológiájára.

Szintén fontos megjegyezni, hogy a fenti definíció egy tárgy (a) egyik tulajdonságára és egy másik tárgy (b) másik tulajdonságára vonatkozott. Ha azonban megengedjük, hogy (a) és (b) ugyanaz a tárgy legyen, akkor egy entitás fennmaradását is replikációként (időbeli replikációként [lásd Csányi, 1989]) írhatjuk le. Az ilyen replikáció potenciálisan érdekes esete a társadalmi struktúra fennmaradása annak ellenére, hogy a társadalom tagjai folyamatosan cserélődnek.

Ha elfogadjuk a replikáció új fogalmát, a replikáció-interakció-modell is másként értelmezhető. A szelekció a replikáció és az interakció olyan ciklikus váltakozása, melyben az interakció befolyásolja a replikáció közvetítő körét. De ebben a modellben a replikáció a tulajdonságok másolását jelenti és nem az entitásokét. A replikáció-interakció-modell új verziójával szemben – mint ezt látni fogjuk – nem állnak meg az eredeti modellel kapcsolatban felhozott ellenérvék.

#### VI. A replikáció új modelljének védelmében

Az előbbieken a replikáció-interakció-modellel szemben megfogalmazott hat komoly ellenvetést mutattam be. Azt állítom, hogy ezen ellenérvék mindegyike visszaverhető, ha elfogadjuk a replikáció általam javasolt új definícióját.

*A szelekció lehetséges, ha elég nagy a szülő és leszármazott közötti fenotipikus hasonlóság.*

A replikáció itt javasolt definíciója nem zárja ki, hogy a fenotipikus tulajdonságok is replikálódhassanak. Térjünk vissza ahhoz a példához, amelyben a populáció gazdag individuumainak nagyobb esélyük van a túlélésre és a reprodukcióra, és pénzüket leginkább saját leszármazottjaiknak adják tovább. Mivel a gazdagság genetikai komponens nélküli, elsajátított tulajdonság, ebben az esetben

szelekció van, de replikáció, tehát replikátorok másolása, nincs.

A replikáció új definíciója szerint azonban a gazdagság tulajdonsága replikálódik: a leszármazott anyagi helyzete hasonló a szülő anyagi helyzetéhez, és a szülő gazdagsága részben az okozója a leszármazott gazdagságának, és ez magyarázza a fenti hasonlóságot. Egy tulajdonság replikálódik itt: a gazdagság tulajdonsága. Ez a példa tehát nem demonstrálja azt, hogy létezik szelekció replikáció nélkül, mert ha elfogadjuk az itt javasolt definíciót, e példában igenis beszélünk kell replikációról is.

*Szelekció lehetséges, ha bármilyen (genotipikus vagy fenotipikus) különbség fennáll a szülő és a leszármazott hasonlóságában.*

Az új replikáció-fogalom nem előfeltételezi, hogy a replikáció pontos másolási folyamat legyen. Elég, ha a másolási pontosság nagyobb, mint ami a populáció két, véletlenül kiválasztott individuumának megfelelő tulajdonságai között tapasztalható.

Godfrey-Smithnek tehát igaza van: akkor is lehetséges a szelekció, ha bármilyen (örökletes) különbség fennáll a szülő és a leszármazott közötti hasonlóságban. (Godfrey-Smith, 2007, 515.) De ha elfogadjuk a javasolt definíciót, akkor a szülő és a leszármazott közötti hasonlóságban bármilyen (örökletes) különbség replikációnak számíthat. Ezek a példák tehát nem igazolják, hogy replikáció nélkül lehetséges a szelekció.

*Az információ átadásának vannak olyan módjai (extragenetikus öröklődés, kulturális információátadás), amelyek nem számítanak replikációnak, de ha a körülmények megfelelőek, mégis elégségesek a szelekcióhoz.*

Erre az ellenérvre az a válasz, hogy az új definíció szerint az extragenetikus öröklődés és a kulturális információátadás némelyik

verziója replikációnak számít. A replikáció új definíciójában semmi nem utal arra, hogy a replikálódó tulajdonságnak a DNS-molekula tulajdonságának kell lennie. Extragenetikus tulajdonságok tehát ugyanúgy replikálódhatnak, mint a DNS-molekula tulajdonságai.

Hasonlóképpen, a kulturális információátadás némely esete is replikációnak minősül az új definíció szerint. A gazdagság tulajdonságának replikációja például a kulturális információátadás példájának tekinthető. Az itt javasolt replikáció-fogalom egyik előnye az, hogy lehetővé teszi, hogy anélkül beszélhessünk kulturális replikációról, hogy kulturális replikátorok, mémek létezését kellene posztulálnunk.

*A replikáció-interakció-modell adottnak veszi, hogy a replikátorok és az interaktorok az evolúció végtermékei.*

A replikáció új definíciójában nincs szó replikátorokról és interaktorokról. És a replikálódó tulajdonságok nem tekintendők az evolúció végtermékeinek, hiszen nem is entitások. Ezt az ellenérvet a tulajdonságok replikációja esetében tehát még megfogalmazni is nehéz, hisz nem világos, mit is jelentene az, hogy egy tulajdonság az evolúció végterméke.

*A természetes szelekció magyarázati sémája olyan esetekben is alkalmazható, ahol sem a replikátorok, sem az interaktorok nem az evolúció végtermékei.*

Az élet evolúciójának kezdeti szakaszaiban a replikáció nem volt nagy pontosságú (Maynard Smith – Szathmáry, 1995). De a replikáció új definíciója szerint – mint ezt a második ellenérvre adott válasznál is láttuk – a replikációnak egyáltalán nem kell nagy pontosságúnak lennie. Elég, ha a másolási pontosság a populációhoz képest viszonylagosan nagy. A replikáció fogalma tehát az élet evolúciójának kezdeti szakaszaiban is értelmezhető.

*A replikáció fogalma semmibe veszi az egyedfejlődést.*

Az egyedfejlődés fogalmát igen könnyű a replikáció-interakció-modellbe beépíteni, és ez még a modell eredeti verziójára is igaz (amelyben a replikáció entitások másolását jelenti). A természetes szelekció nem két, hanem három folyamat ciklikus változásából áll tehát: a replikációból, az egyedfejlődésből és az interakcióból. Ezt a triviális kiegészítést mind a replikáció-interakció modelljének eredeti verziójánál, mind az itt javasolt verzió esetében könnyű megtenni.

Láttuk azonban, hogy az egyedfejlődés fogalma kapcsán ennél fontosabb probléma is felvetődik. Ha komolyan vesszük azt az érvet, hogy nem lehet éles határvonalat húzni az egyedfejlődés genetikai és környezeti összetevője között, akkor hogyan beszélhetünk replikációról? Ha viszont elfogadjuk a replikáció itt javasolt definícióját, akkor nem kell éles határvonalat húzni az egyedfejlődés genetikai és környezeti összetevője között, hiszen – mint a (3)-as számú ellenérvre adott válaszból tudhatjuk – a replikáció nem feltétlenül genetikai folyamat.

#### VII. Kulturális replikáció mémek nélkül

A replikáció új fogalmának egyik érdekes következményére külön is érdemes kitérni. Mint láttuk, a replikátor és az interaktor közötti distinkció a genotípus-fenotípus distinkció általánosításaként fogható fel. Ez azt jelenti, hogy nem csak a gén lehet replikátor. A legfontosabb, legvitatottabb és legtöbbet tárgyalt nem genetikai replikátorok a mémek.

A mémek „a kulturális információátadás egységei” (Dawkins, 1982). A mém-elmélet szerint kulturális és társadalmi jelenségek legalább részben megmagyarázhatók a következő evolúciós magyarázati séma segítségével.

A mémek információdarabok, amelyek ugyanúgy a túlélésért küzdenek, mint a gének. A mémek esetében ez azt jelenti, hogy egy mém annál sikeresebb, minél több másik elmébe juttatja el magát. A mémek tehát elménkért küzdenek. Mivel elménk kapacitása véges, csak viszonylag kevés mém befogadására képes. Ezért a korlátozott kapacitásért szállnak versenybe a mémek, a sikertelen mémek nem tudnak bekerülni elménkbe, s ezért eltűnnek, a sikeresek viszont befészkelik magukat jó sok ember elméjébe. Mém lehet a liberalizmus eszméje, az *Eroica* szimfónia első tételének főtémája vagy a fogmosás.

A mém-elmélet igen népszerű, ugyanakkor számos komoly probléma is felmerült vele szemben. Ezek közül az egyik legkomolyabb a mémek ontológiai státusával kapcsolatos. A kérdés egyszerű: mik is valójában ezek a mémek?

A mémelmélet védelmezői több kísérletet tettek a mémek ontológiai státusának tisztázására (Dennett, 2006, 80–81., 349–350.). A legelterjedtebb elképzelés az, hogy a mémek, akárcsak a gének, információcsomagok, tehát ontológiailag ugyanolyan státusuk van, mint az információknak. Ez a válasz azonban elrugaszkodik az eredeti replikáció-interakció modell replikátor-felfogásától, hiszen az információ nem entitás. Ezeket az ontológiai aggodalmakat egyszerűbben is meg lehet oldani, ha elfogadjuk a replikáció itt bemutatott fogalmát. Ha a replikáció tulajdonságok másolása, akkor a kulturális tulajdonságok másolása is replikációnak minősül. Így kulturális replikációról anélkül is lehet beszélni, hogy kulturális replikátorokat, mémeket kellene feltételeznünk. És a kulturális replikáció folyamatát akkor is érdemes modellezni, ha a mémeket valami okból gyanúsnak találjuk.

Fontos hangsúlyozni, hogy a kulturális replikáció folyamata nem garantálja a kulturális szelekció létezését (hiszen a replikáció nem elégséges a szelekcióhoz), azt meg még kevésbé, hogy ez meg tudná magyarázni a kulturális szféra látszólagos teleológiáját. Ha elfogadjuk a replikáció új felfogását, ez nem fogja megmenteni a mémelméletet, de még a mém fogalmát sem, de legalább lehetővé teszi, hogy anélkül beszélhessünk kulturális replikációról, hogy olyan gyanús entitásokat posztulálnánk, mint a mémek.

#### VIII. Konklúzió: Miért releváns mindez?

Tegyük fel, hogy mindaz, amit eddig állítottam, igaz. Az új definíció szerint a szelekciónak szükséges feltétele a replikáció, s e definíció segítségével a szelekció replikáció-interakció modelljének problémamentes verziója fogalmazható meg. Miért érdekes mindez? Van a szelekciónak egy másik fajta modellje is, amely a szelekciót a fitness-értékek variációjának örökléseként írja le. Mi értelme van tehát a replikáció-interakció-modell módosításának?

Talán a legfontosabb ok arra, hogy komolyan vegyük a replikáció-interakció-modellt az, hogy a fitness-értékek variációjának öröklését középpontba állító modell nem olyan problémamentes, mint amilyennek látszik. Az utóbbi évek egyik legfontosabb biológiai-filozófiai vitája épp e modell (és a fitness-érték fogalmának) értelmezéséről szól (Matthen – Ariew, 2002). Statisztikai vagy kauzális modell ez? És a populáció vagy az individuum szintjén írja le a fitness-értékek változását?

Ha elfogadjuk a replikáció-interakció-modellt, akkor ezek a zavarba ejtő kérdések talán leegyszerűsödnek. A replikáció-interakció-modell szerint a szelekció két különböző folyamat ciklikus váltakozása. Tehát ahelyett,

hogy azt kérdeznénk, hogy a szelekció statisztikai vagy kauzális folyamat-e, inkább azt kellene kérdeznünk, hogy (i) vajon a replikáció statisztikai vagy kauzális folyamat-e és (ii) az interakció statisztikai vagy kauzális folyamat-e. A szelekció egységeiről folytatott vitához hasonlóan erre a két kérdésre adott válasz igen különböző lehet. Ugyanezek a megfontolások érvényesek a populáció- vagy individuumszintű leírás vitájában is.

A természetes szelekció folyamatát tehát a replikáció-interakció-modell több szempontból is pontosabban és részletesebben írja le,

mint a fitness-értékek variációjának öröklését középpontba állító modell. Érdemes tehát kidolgozni egy olyan verzióját, amely nem provokál túcatnyi ellenérvet. E tanulmányban erre tettem kísérletet: amellet érveltem, hogy a természetes szelekció legjobb leírását egy olyan replikáció-interakció-modell adja, amelyben a replikációt tulajdonságok (és nem entitások) másolataként értelmezzük.

Kulcsszavak: *evolúció, természetes szelekció, replikáció, interakció, variáció, öröklés, fitness-érték*

#### IRODALOM

- Csányi Vilmos (1989): *Evolutionary Systems and Society*. Duke University Press, Durham, NC
- Dawkins, Richard (1982 [1984]): Replicators and Vehicles. Reprinted in: Brandon, Robert N. – Burian, Richard M. (eds.): *Genes, Organisms, Populations: Controversies over the Units of Selection*, The MIT Press, Cambridge, MA
- Dennett, Daniel C. (2006): *Breaking the Spell: Religion as a Natural Phenomenon*. Viking, New York
- Godfrey-Smith, Peter (2000): The Replicator in Retrospect. *Biology and Philosophy*. 15, 403–423.
- Godfrey-Smith, Peter (2007): Conditions for Evolution by Natural Selection. *Journal of Philosophy*. 104, 489–516.
- Griffiths, Paul – Gray, Russell D. (1994): Developmental Systems and Evolutionary Explanation. *Journal of Philosophy*. 91, 277–304.
- Hull, David L. (1988): *Science As Process*. Chicago University Press, Chicago

- Hull, David L. – Langman, R. E. – Glenn, S. S. (2001): A General Account of Selection: Biology, Immunology and Behavior. *Behavioral and Brain Sciences*. 24, 511–528.
- Lewontin, Richard (1980): Adaptation. Reprinted in: Levins, Richard – Lewontin, Richard: *The Dialectical Biologist*. Harvard University Press, Cambridge, 65–84.
- Matthen, Mohan – Ariew, André (2002): Two Ways of Thinking About Fitness and Natural Selection. *Journal of Philosophy*. 49, 53–83.
- Maynard Smith, John – Szathmáry Eörs (1995): *The Major Transitions in Evolution*. W. H. Freeman, New York
- Okasha, Samir (2007): *Evolution and the Levels of Selection*. Oxford University Press, Oxford
- Williams, George C. (1992): *Natural Selection: Domains, Levels, Challenges*. Oxford University Press, Oxford

