



PSZICHOLÓGIAI
MŰHELY 10.

CSÁNYI VILMOS

**Viselkedés,
gondolkodás,
társadalom :
etológiai
megközelítés**

Akadémiai Kiadó, Budapest

40438

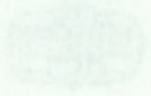
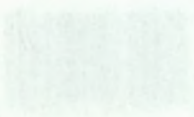
17496

*Pszichológiai
műhely 10.*

Csányi Vilmos

VISELKEDÉS,
GONDOLKODÁS,
TÁRSADALOM:
ETOLÓGIAI MEGKÖZELÍTÉS

VISELKEDÉS,
GONDOLKODÁS,
TÁRSADALOM:
ETOLÓGIAI
MEGKÖZELÍTÉS



Pszichológiai műhely 10.

FŐSZERKESZTŐ: POPPER PÉTER

TECHNIKAI SZERKESZTŐ: FEUER MÁRIA

70138

208802

TARTALOM

Csányi Vilmos

VISELKEDÉS, GONDOLKODÁS, TÁRSADALOM: ETOLÓGIAI MEGKÖZELÍTÉS

A megnevezett kimondhatatlan. Gondolkoztatók és észlelések

A lorenzói koncepció és a ...

Kardos Lajos: Az állati emlékezet (recenzió)

Az állati egy, viselkedés és környezet: egy esztétikus ...

halakon

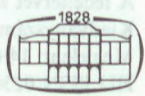
A személyiség mini evolúciója

A párválasztás evolúciója

Társadalmi kreativitás

Gondolkodás és viselkedés

Évolúció



AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST

MTA TUD. AKADÉMIAI KÖNYVTÁRA

508605

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

ISBN 963 05 6719 9

Kiadja az Akadémiai Kiadó
1117 Budapest, Prielle Kornélia u. 19–35.
Első magyar nyelvű kiadás: 1994

© Akadémiai Kiadó, 1994 • Csányi Vilmos

Minden jog fenntartva, beleértve a sokszorosítás, a nyilvános előadás, a rádió- és televízióadás, valamint a fordítás jogát, az egyes fejezeteket illetően is.

A kiadásért felelős az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat igazgatója
A nyomdai munkálatokat az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat végezte
Felelős vezető: Zöld Ferenc
Budapest, 1994

Nyomdai táskaszám: 22748
Felelős szerkesztő: Mérey Zsoltné
Műszaki szerkesztő: Szakács Sándorné
A fedéltervet készítette: P. Horváth Éva
Kiadványszám: I/202
Megjelent: 14 (A/5) ív terjedelemben
HU ISSN 0230-5291

Printed in Hungary

M. TUD. AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

TARTALOM

GONDOLATOK NÁDAS PÉTER ESSZÉIRŐL

A megnevezett kimondhatatlan. Gondolatok Nádas Péter esszéiről	7
A lorenzi koncepció és a modern etológia	14
Kardos Lajos: Az állati emlékezet (recenzió)	28
Az állati agy, viselkedés és környezet: egy esettanulmány halakon	34
A személyiség mint evolúciós rendszer	111
A párválasztás evolúciója	128
Társadalmi kreativitás	142
Evolúció: egy metafora fejlődése	157
Gondolatok a fejlődésszabályozás különböző szerveződési szintjeiről	181
A kultúra ökológiája	197
Evolúciós örökségünk: a versengés	206

A MEGNEVEZETT KIMONDHATATLAN

GONDOLATOK NÁDAS PÉTER ESSZÉIRŐL

„Minden emberi kultúra alapfeltétele, hogy úgy beszéljen a kimondhatatlanról, hogy ne beszéljen róla.”

Nádas Péter

„Így hát mindig és csakis olyasvalamiről lehet szó, ami másról szól, és így tovább, de a végső, az igazi valami az soha, sehol sincs?”

Umberto Eco

Nádas Péter esszéi, különösen a mélabúról szóló, bizonyos szempontból tudományos értekezésnek tekinthető, így a jelen írással a világért sem szeretnék valamiféle tiltott határátlépés kívánatos, ám a legtöbbször megbocsájthatatlan bűnébe esni, célom nem kritika vagy egyéb irodalmi méltatás megírása, csupán a tudós kollégának kijáró tiszteletem szeretném leróni, s egyben idézettségi mutatóját, ha szerény mértékben is, javítani (*Nádas* 1988).

Közös tudományterületünk a kulturális evolúció vizsgálata, azon belül is az *ideáknak* nevezett dolgok keletkezésének és természetének elemzése (*Csányi* 1988). Itt, a kezdet kezdetén, meg kell említenem, hogy a természettudomány a maga szakrális mivoltát mindig igyekszik leplezni, és a legfőbb lepel éppen a megnevezés rítusa. A megnevezett dolgok a megnevezés által létezőkké válnak függetlenül attól, hogy létezésük „odakinn” vagy pedig „idebenn” folyik. Független ez a létezés attól is, hogy a dolgok valójában milyenek és hogy a megnevezésen kívül létezik-e még egyéb

is, ami a dologról kiderült. Gondolkodom, tehát vagyok, megnevezem, tehát van.

Persze a létezés ténye még nem feltétlenül érdemesít valamit arra, hogy különböző céhes mesterek foglalkozzanak vele, noha fajunk biológiai sajátossága a dolgokról való szüntelen fecsegés. Éppen e faji sajátosság szertelenségét igyekeznek a céhek némi-képpen korlátozni, szent szabályok intenek például arra, vagy legalábbis annak a látszatára, hogy a megnevezetről az „igazat” mondjuk, ehhez pedig a megnevezésen kívül további ismeretek is szükségesek.

A maga számára ezt a szabályt Nádas a következőképpen fogalmazza meg: „Ám irodalmilag hitelesként csupán azok a képzeleti tények elfogadhatók, amelyeknek tudom, érzem, vissza-kerestem helyét és értékét valóságos életjelenségeim között”, vagyis csak azok a létezők „igazak” (fontosak), amelyeket a személyiség teljes tapasztalata és képzelete hitelesít, amelyek beilleszthetők abba a roppant bonyolult kölcsönhatás-hálózatba, amelyet a tapasztalat és a képzelet komponensei a személyiségben alkotnak. Az igazság így valami egyéni viszony lesz, amelyet más egyének hasonló viszonyításai emelhetnek egyfajta kollektív igazság szintjére, az írói igazság tehát viszonyok viszonya.

Az én céhem tudós mesterei szerint az igazságnak egészen más kritériumai vannak, bár ezekben a kritériumokban sohasem egyeztek meg teljesen, mégis érdemes ezeket itt megemlíteni. Azok, akik főként az „odakünn” eseményeivel foglalatostkodnak, az igazságot is kívül keresik, igaznak tartanak valamit odakinn, ha az kapcsolatba hozható más kinti dolgokkal, különösen akkor, ha a kapcsolat feltételezése révén bármily csekélyke hasznot, mégha kétes és mulékony is, húzhatunk. Nagyon sokáig igaznak tudtuk azt, hogy a Nap kering a Föld körül, hiszen mindig keleten kel és nyugaton nyugszik, és a legegyszerűbb elme is megjósolhatja, hogy ha két test egymás körül kering, akkor az egyik testen üldögélő megfigyelő tapasztalhatja, hogy a másik körülötte keringő test keleten kel és nyugaton nyugszik. Ám nem olyan régen egy derék lengyel úgy készített az addigiaknál pontosabb hajózási

térképeket, hogy éppen ennek ellenkezőjét tételezte fel, tehát azt a képtelenséget, hogy a Föld kering a Nap körül, és mivel térképei igencsak hasznosak voltak, most tudjuk, hogy neki van igaza, legalábbis a hajóskapitányok ezt állítják. Persze az is lehet, hogy mindkét test ott van, ahol van, és tulajdonképpen *csak a viszonyuk* kering bizonyos szabályossággal. Eme újabb elmélet, amelyet itt hozok először a tudományos világ színe elé, akkor lesz igaz, ha sikerül valamiféle hasznát is feltalálni, sajnos ez utóbbi engem egyáltalán nem érdekel, no meg aggódok is a hajóskapitányok érzékenysége miatt, úgyhogy lehet, hogy ez az elmélet mégsem igaz, vagy legalábbis nem egészen.

Remélem a fentiekkel sikerült bizonyítanom, hogy természettudós kollégáim csupán csak *hiszik*, hogy elméleteik igazságát az odakinti viszonyok felismerése hozza létre, hiszen nyilvánvaló, hogy elméleteikből éppen a megnevezések ügyes használatával szándékosan kirekesztik a *megnevezőt*, valamint mindazt, ami odabenn van (elnézést kérek, hogy a kimondhatatlant itt tulajdonképpen megneveztem, de erre még úgyis vissza kell térnem). Az igazság így csupán praktikus kedvteléseik játéka, igaz az, ami úgy történik, ahogyan előre elképzelik, és mivel odakinn a dolgok igen bonyolultak, ez aránylag sokszor jön össze. Ahogyan ezt egy másik ismert kolléga, az olasz Umberto Eco írta: „Az elménk képzelgése szerint való rend olyasvalami, mint egy háló, mint egy létra, amit azért eszkábálunk, hogy valamit elérjünk. De utána el kell dobni azt a létrát, mert kiderül, hogy ha hasznunkra volt is, értelem híján való.”

Más kollégáim sokkal agyafúrtabbak, már régen rájöttek arra, hogy odakinn semmi sem lehet igaz, ezért kizárólag azzal törődnek, ami idebenn van, és itt keresik az igazságot, amit úgy a legegyszerűbb megtenni, hogy teremtenek egy világot idebenn, megneveznek nemlétező dolgokat, amelyek ettől megszületnek, primitív szabályokat állítanak fel, amittől a megnevezéssel alkotott világban a megnevezettek között kapcsolatok keletkeznek, s hitük szerint igaz mindaz, ami e teremtett világban levezethető. Az olyan eretnekek, akik e teremtett világ gyarlóságait feltárják, mint pl. Lakatos Imre, persze máglyára valók.

Az egyéb alja népségre, amely metafizikájában állandóan összekeveri az odakinti és az idebenti dolgokat, hol az előbbit, hol az utóbbit állítva be egyedül létezőként, s az igazsággal mint magában való viszonytal foglalkozik, és felfuvalkodottságában azt hiszi, hogy a mások igazságaiból levezethető egy mindenekfelett igaz igazság, itt ki sem térek, gyermeteg mivoltuk annyira szembeötlő.

Mindig akadtak céhen kívüliek, akik felismervén az odakint és az idebent viszonyát, nem elégedtek meg az odakintről szóló állításokkal és azok gyakorlati hasznával, sem az idebenti világ szabályos önigazolásaival, hanem az igazságot a képzeleti tények és a valós (odakinti) jelenségeknek a kimondhatatlanhoz való totális viszonyában kívánták megtalálni.

A maga egyéni módján Nádas is erre tart. Világosan látja, hogyan kapcsolódik az odakint és az idebent: „az érzés az egyetlen olyan bizonyosság, amelyben a dolgokról és a dolgok összefüggéseiről való gondolkodás megkapaszkodhatik”; ezzel megvan összeköttetésünk az odakinti világgal. Idebenn az emlékezést, a képzeletet és a tapasztalatot látjuk működni. Nádas azt írja: „Hasonlással élve azt mondhatnánk, hogy az emlékezés olyan, mint a tűz, a felejtés olyan, mint a víz, a tapasztalat olyan, mint a föld, a képzelet olyan, mint a levegő; miként a természetnek, négy alapeleme van a kultúrának is. Ezek az alapelemek, hasonlóan a természet elemeihez, az egymáshoz mérhető viszonyuk szerint mégse két, hanem csupán egyetlen felületet alkotnak, hol az emlékezés és a képzelet, hol a felejtés és a tapasztalat felületét.” Az elmondottakat még a tevékenységről szóló elmélettel kell kiegészíteni Nádas szerint: „A tevékenység, mely egyetlen lehetőség kiválasztása sok más lehetőség közül. . . Ha tevékenykedik (az ember), akkor a tapasztalat és a felejtés, ha nem tevékenykedik, akkor az emlékezés és a képzelet felületén fog mozogni. Egyszerre mindkét irányban nem mozoghat, mert az emlékezés nem nélkülözheti a felejtést, és a képzelet se nélkülözheti a tapasztalatot, de hol így, hol úgy mozoghat.”

Más szavakkal elmondva, az elme építő szerkezetei hármas tagolódásúak, minden egységnek van egy, az érzékekkel kapcsos-

latos része, azok az idegi szerkezetek képezik ezt a részt, amelyek a felismerésben, a külső világgal való közvetlen kapcsolatban játszanak szerepet. Nevezük ezért „kulcsnak” ezt a részt. A tevékenység, az „akció” olyan idegi utasítások végrehajtásából tevődik össze, amelyek elemei fajunk biológiai tulajdonságai következtében adóttak. A kulcsot az akcióval valamiféle „viszonyítási szerkezet” köti össze, amely az emlékezettel is kapcsolatos. Ugyanaz a vonzó táplálék nem készlet akcióra, ha nem vagyok éhes, de akkor sem, ha éhes vagyok, de tapasztalatom szerint megszerzése erős kellemetlenséggel jár. A kulcs—viszonyítási szerkezet—akció hármastagoltságú építőszerkezeteivel gondolkodik az állati elme s gondolkodik az ember is, ha éppen nem szavakban gondolkodik, ezt állítja ma már a természettudomány is (Csányi 1988).

Az embert az állatoktól elválasztó tulajdonságok legfontosabbika a nyelv használatának képességében rejlik. Igazából csak most kezdjük megérteni és felmérni, hogy mit is jelent számunkra a nyelv. A mindennapi élet nyelve, a tudós nyelve vagy az író nyelve. Míg a nyelv nélküli elme minden gondolatának része egy kulcs, egy érzet, amely összeköti az odakinttel, a nyelv kialakulásával ez a kapcsolat igencsak meggyengült. A nyelvvel történő gondolkodásban a kulcs mindössze a *szó*, amely ugyan, ha elhangzik, már odakint lesz, s ha magam is hallom, akkor beszédem kulcsként működhet, és kulcs lesz akkor is, ha más mondja. Minden gyermek a megtanult szavak ezreivel kapja meg emberi örökségét, az elődök felhalmozott tapasztalatát, az ősök érzeteit. Azonban az emberi elme abban is különbözik az állattól, hogy nemcsak befogadó, hanem *teremtő* is. A szót nem muszáj, néha nem lehet kimondani, de a ki nem mondott szó is kulcs, *érzet nélküli kulcs* tulajdonképpen. Kitalálhatok valamit, aminek nincs érzetkapcsolata a külső világgal, megnevezhetek, teremthetek dolgokat, amelyek csak idebenn léteznek.

Egyetlen emberi elme persze csak játékos kedvében vagy nagy bajában él ezzel. Éber időnk legnagyobb részét beszélgetéssel és olvasással töltjük, közös nyelvi világunk van, közösen teremtünk

új létezőket. Az egész emberiség, az Ember világa teremtett világ, de millió kapcsolata van a kinti világgal is. Tudományunk, matematikánk, irodalmunk szüntelen fáradozik olyan gondolati építmények készítésén, amelyek a kintről származó kulcsokat a nyelv segítségével összekötik, összerendezik teremtett dolgainkkal, elméleteket készítünk odabenn a kinti jelenségekről, megépítjük odakint azt, amit idebenn teremtettünk, majd ismét elméleteket gyártunk arról, hogy hogyan építünk kint, s ezt szintén meg lehet építeni. Olyan ez, mintha Möbiusz híres szalagján mozognánk, észrevétlen kerülünk kintről be és bentről ki.

Amikor az ember rájött, hogy képes világot teremteni idebenn, úgy érezte, hogy átkerült Möbiusz szalagjának másik oldalára, noha ez a szalag arról nevezetes, hogy csak egyetlen oldala van, és megnevezte a kimondhatatlant, amelyről azt állította, hogy Ő a kinti világ teremtője, holott éppen ilyen joggal állítható, hogy a teremtő egyedül az, aki idebenn van, a *megnevező*. Persze ha a kimondhatatlant megneveztem, nyilvánvalóan meg is teremtetem, hiszen minden képességem e teremtésre adva van. Azonban Möbiusz szalagjának nagyon furcsa tulajdonsága van, és a dolog elképzelhető pontosan fordítva is, vagy ahogyan Nádas mondja: „Minden emberi kultúra megoldhatatlan alapellentmondása, hogy az istenábrázolat egyben emberábrázolat. Következésképpen minden emberi kultúra belső egyensúlyának és legitimációjának alapfeltétele, hogy csupán addig a határig engedje elmenni az emberábrázolást, amíg az egyben még istenábrázolat, helyesebben csak olyan istenábrázolatot engedélyezzen, amelyből nyilvánvaló, hogy az csupán a kimondhatatlanra vonatkozó emberi esetleges, olyan szó-kép tehát, amely még nem hasonlat.

Az ilyen értelmű ellenőrzés és szabályozás azt jelenti, hogy csak és kizárólag identitás létezik, minden hasonmás eleve hamis.”

Az istenteremtés döbbenete érezhető Nádas esszéiben vagy a teremtett ember áhítata, s pontosan felismerhető az a dermesztő kettősség, amelyet teremtett világunk apró, érző, teremtő lakójaként mindannyian megélünk, s amelyet legpontosabban talán az

öregedő Hadrianus császár fejezett ki: „Lelkecske, te hízelkedő, ingatag, meztelen didergő sápadt útítárs, hallgatag helyekre visz most az utad, játékaidnak vége már...”

1992

IRODALOM

Nádas Péter 1988: Játéktér. Szépirodalmi Könyvkiadó, Bp.

Csányi Vilmos 1988: Evolúciós rendszerek: az evolúció általános elmélete. Gondolat, Bp.

A LORENZI KONCEPCIÓ ÉS A MODERN ETOLÓGIA

A lorenzi etológiai elmélet alapvetően egy analitikus, atomisztikus szemléletre épül. Összes előnyei és néhány hátránya is ebből származik. Lorenz szellemi előfutárai az amerikai Whitman, az osztrák Heinroth darwinista zoológusok voltak, akik az evolúciós elmélet körüli vitákban használtak magatartásjegyekre épülő *taxonómiát*. Nem különösebben érdekelte őket az elmélet, tényként fogadták el, hogy az állati magatartás *magatartási elemekre* bontható. Az elemekből pedig a *magatartási egységek* állnak össze, amelyek fajra jellemzőek. A magatartási egységek éppen úgy jellemzik az adott fajt, mint a szisztematika egyéb morfológiai jegyei.

Lorenz ezt a praktikus álláspontot alapozta meg élete munkájával. A magatartási egységek koncepcióját beillesztette egy, az állati viselkedés egészét leíró etológiai elméletbe. Eszerint a magatartási egységek, amelyeket Lorenz *öröklött mozgásmintázatoknak* (ÖMM) nevezett, formája szigorúan állandó, öröklődik, és önálló neurális központ hozza működésbe. Az ÖMM-kat a környezet egy vagy néhány tényezője váltja ki, ezeket nevezzük *kulcsingereknek*. Például a szaporodási territóriumot védő hím tusképikó támadó akcióját a vetélytárs hímek hasán lévő vörös folt látványa váltja ki, a válasz durva makettek hatására is megjelenik. A kulcsingerek egy része igen egyszerű, mások bonyolultabbak, pl. bunder majmoknál a dühös hímek látványa a kölykökben menekülési mozgásmintázatot vált ki, függetlenül attól, hogy volt-e már kellemetlen tapasztalatuk dühös hímekkel vagy sem.

Azt a feltételezett specifikus mechanizmust, ami a központi idegrendszerben az egyes ingereket vagy ingerkombinációkat felfogni képes, és aktiválja a megfelelő motoros választ, *öröklött kiváltó mechanizmusnak* (ÖKM) nevezte Lorenz.

Különböző helyzetekben lévő állatok megfigyelése alapján feltételezte, hogy egy adott kulcsinger nem minden esetben váltja ki ugyanazt a választ, pl. a hím tuskéspikó csak a szaporodási periódusban támad a vörös hasú fajtárs hímekekre vagy a rájuk hasonlító makettekre, ezért a lorenzi elmélet hangsúlyozza a belső állapot vagy motiváció szerepét az állati viselkedésben. Feltételezte, hogy egy adott faj magatartáskészlete felosztható olyan ÖMM-csoportokra, amelyek tagjai azonos funkciót látnak el, és egyetlen belső tényező szabályozza megjelenésüket, valamint azt, hogy a készletési mechanizmusok képesek egyfajta *akcióspecifikus energia* felhalmozására, és az akcióspecifikus energia aktuális szintje dönti el, hogy az állat milyen valószínűséggel fogja egy adott helyzetben a készletési mechanizmus által szabályozott ÖMM-okat végrehajtani. Több kulcsinger együttes jelenlétekor az állat azt a mozgásmintázatot fogja bemutatni, amelynek a legmagasabb az akcióspecifikus energiaszintje. Az állatok a *fajra jellemző* mozgásmintázatokot hajtják végre, minél közelebbi rokonságban áll két faj, a mozgásmintázatok annál hasonlóbbak.

Lorenz az evolúciós szemléletben is követte elődeit, és hangsúlyozta, hogy az egyes mozgásmintázatokról a legtöbb esetben kimutatható, hogy adaptív értékűek az állat számára, és elősegítik fennmaradását vagy szaporodását. Ugyancsak gyakran megfigyelhető, hogy egy-egy ÖMM már az első megjelenésekor teljes kifejltségében mutatkozik meg, gyakorlás vagy tanulási lehetőség hiányában is. Az előbb említett hím tuskéspikó például akkor is azonnal megtámadja riválisait a nász periódusában, ha teljes felnevelése fajtársak jelenléte nélkül történt. A költöző madarak legtöbbje izoláltan felnevelve, a vándorlási periódusban nyugtalan lesz, és a fajra jellemző módon a megfelelő égtáj irányába igyekszik útra kelni.

A motivációs energia, az öröklött mozgásmintázat és a környezet által befolyásolható irányultság adta a lorenzi etológia ösztön- vagy „ösztönös mozgás”-koncepcióját. Eszerint az akcióspecifikus energiák megfelelő szűrőmechanizmusok közreműködésével az öröklött mozgásmintázatok megjelenésének egy egész csoportját szabályozzák, az egyes sztereotip elemek speciális környezeti kulcsingerek hatására aktiválódtak. A motivációs rendszer, a szűrőmechanizmusok, valamint a mozgásmintázatok egyértelműen *öröklött tényezők* hatására jelentek meg, de az akció irányultságát a környezet nagymértékben befolyásolja.

AZ ÖRÖKLÖTT MOZGÁSMINTÁZAT MINT MODELL

Az atomisztikus viselkedésleírást nem mindenki üdvözölte, a Lorenzzel vitatkozó vezető pszichológusok szerint az állati és az emberi viselkedés is a mozgások, akciók folyamaként fogható csak fel, és értelmetlen lenne ebből a folyamból teljesen önkényesen egyes elemeket kiragadni, azoknak valamiféle egységet tulajdonítani.

Mivel minden viselkedésben szerepet játszanak az izmok, a legegységesebb viselkedésleírás az *izomösszehúzódasok* folyamatos leírása lenne. Az izomműködés elektromos aktivitását, a miokardiogramot megfelelő műszerekkel könnyen lehet mérni, és ez világos, egyértelmű képet adhat a viselkedés lefolyásáról.

Az izmok elektromos aktivitásának mérése valóban pontos adatokat szolgáltat a magatartásról, de számos hátránnyal is jár, a rendkívül nagyszámú adat feldolgozása gyakran teljesen felesleges munka, a felvétel közben az állatot mozgásában erősen akadályozzák a hozzákapcsolt elektródák, megközelítőleg sincs természetes állapotban. Ilyen típusú vizsgálatot legfeljebb akkor érdemes végezni, megfelelő kiegészítésekkel, ha valaki az agyban lévő, magatartást szabályozó neuronhálózatokat kívánja vizsgálni.

A lorenzi atomisztikus magatartási egységeket, az ÖMM mellett a különböző reflexeket és taxisokat, ma praktikus, jól hasz-

nálható *modellnek* tekintjük. A legtöbb etológiai vizsgálat során kielégítő az a feltevés, hogy a magatartás diszkrét egységekre bontható. Ennek a modellnek az alapján az állat magatartáskészlete tartalmaz egy korlátozott számú „elemet”, a legegyszerűbb pozitúrákat és mozgásokat, és az állat valamennyi akciója, magatartásmintázata ezeknek az egyszerű elemeknek a párhuzamos vagy sorozatos kombinációja révén jelenik meg. A tapasztalat szerint az egyes kombinációk mindig ugyanolyan alakúak, és az állat viselkedése során rendszeresen megfigyelhetők. A magatartás leírása ennek a koncepciónak az alapján úgy történik, hogy először meghatározzuk az egyes *magatartáselemeket*, majd az azokból kialakuló természetes *magatartásegységeket* az (elemek kombinációit), majd feljegyezzük ezek *sorozatait* az állat valamilyen akciója során.

Az állat természetesen mindig csinál valamit, még akkor is, ha látszólag nyugodtan áll, hiszen ilyenkor is működnek az izmai, hogy álló helyzetében folyamatosan megtartsák. Az állat élettevékenysége szempontjából viszont vannak kitüntetett mozgások, amelyek jól felismerhetők, szakaszosak és elkülöníthetők. Ha az állat táplálkozik, felfigyel valamire, menekül, párosodik, agresszív stb., olyan cselekvéseket végez, amelyek bizonyos alapfunkciókra, mint a járás, állás stb. ráépülnek, és tulajdonképpen az állat tevékenységének *funkcionális megértése* szempontjából ezek a mozdulatok különösen fontosak. Ha egy állat a terepen jár, természetes kiegyensúlyozott mozgása gyakran megtörik, ahogyan teste kompenzálja a terep egyenetlenségeit. Nyilvánvaló, hogy ha egy tökéletes leírás kedvéért valamennyi résztvevő izom működése helyt kapna, az túlságosan sok és felesleges adattal terhelné a vizsgálatot, amelyek összegyűjtése ráadásul szinte megoldhatatlan feladatot jelentene. A magatartási egységek lorenzi koncepciója egyfajta *lényegkiemelés*, amelyet az igazol, hogy a segítségével hasznos megfigyelési adatokhoz jutott az etológia, és számos sokoldalúan igazolt ismeretünk ezeknek az adatoknak a felhasználásával született. Alátámasztja ennek a módszernek a használhatóságát az a jól ismert tény is, hogy az emberi percepció, az

emberi agy különösen jól old meg olyan feladatokat, amelyek mintázatok felismerésével kapcsolatosak. Noha ma már rendelkezünk olyan alakfelismerő számítógépprogramokkal, amelyek az efféle munkát segítik. Talán még annyit érdemes ehhez hozzátenni, hogy a biológusok általában idegenkednek az egyszerűsítő modellek használatától, amelyek pedig más tudományokban, pl. a fizikában olyan sikeresek. Lorenz nagy érdeme, hogy az etológián keresztül a modellszemléletet igyekezett, méghozzá igen sikeresen, bevezetni a biológiába.

SOK KÉRDŐJEL, NÉHÁNY BIZONYÍTÉK

A magatartásegységgel operáló modellek átütő sikere sokszor felvetette azt a kérdést, hogy vajon nem lehet-e a magatartás leírásában felismert egységeknek valamiféle mélyebb jelentőséget is tulajdonítani, vagyis nem lehetséges-e, hogy a gének és a magatartás közötti szerveződési szintek valamelyikén olyan szabályozó faktorok, *egységek* léteznek, amelyek önmagukban felelősek a viselkedésszinten megfigyelt egység kialakulásáért.

A magatartás megfigyelésére és leírására általában nem feltétlenül szükséges ismernünk az egyes magatartási egységek neurális szabályozó mechanizmusát, de ha mégis rendelkezünk ilyen ismeretekkel, az sok esetben támogatja az egységek önálló létezésének koncepcióját. Kimutattak olyan neuronhálózatokat, főleg alacsonyabbrendűekben, amelyek ingerlése meghatározott magatartási egységek megjelenését eredményezi. Fontos bizonyítékokat lehet szerezni a magatartási egységek szerveződéséről *genetikai mód-szerekkel*. Kimutatták például, hogy hibrid gerlék hímjei az udvarlás egyik magatartási egységének a bólintó-búgásnak azt a fázisát, amelyben az állat a fejét lehajtja az egyik, a felemelt fej tartásának formáját a másik szülőtől örökölte. Az öröklés-menet egyenes öröklődést mutatott, és ennek alapján feltételezték, hogy a bólintó-búgás valójában *két* magatartási egységet képvisel.

Lorenz általában feltételezte, hogy az öröklött mozgásmintázatoknak a formája *szigorúan* állandó. Ezt a koncepciót sok és nagyrészt jogos támadás érte. Részletes vizsgálatok alapján kiderült, hogy részben az egyedi *genetikai különbségek*, főként pedig az állat *belső állapotának* változásai miatt, az öröklött magatartáselemek is jelentős variabilitást mutatnak. A kerce récénél (*Bucephala clangula*) Dane és munkatársai kimutatták, hogy a hímek udvarló viselkedésének azon egységénél, amelyben a hím a nőtényt körülússza, a hímek kifeszítik szárnyukat is; az esetek 62%-ában a nőstény felöli, 38%-ában pedig az ellenkező oldalon. A fejdörzsölési egységet 69%-ban hajtották végre a nőstény felöli oldalon. Gyakran előfordul az is, hogy egy aránylag jól meghatározott magatartásegység-sorozatból esetenként egy-egy elem kimarad, vagy csak nagyon alacsony intenzitással jelenik meg. A mai korszerű álláspont szerint a magatartásegység-sorozatot egyfajta „ideális” eseménysorozatnak tekintjük, ami csak több állat többszöri megfigyelésével állapítható meg, és tisztában vagyunk azzal, hogy ettől az ideális sorozattól az aktuálisan megfigyelt sorozat sokszor jelentősen eltérhet. Ez természetesen nem sokat von le Lorenz érdeméből, aki a magatartási egységek állandóságát hangsúlyozta, de ez az állandóság a megfoghatatlan, leírhatatlan, „aktivitásfolyam” ellentéte volt, és a megfigyelhető genetikai, valamint a belső állapotból eredő variabilitás a koncepció lényegén nem változtat.

A MAGATARTÁS SZERVEZŐDÉSÉNEK SZINTJEI

A legtöbbet vitatott lorenzi koncepció az öröklött mozgási sémák természete, még ma is. A vita további kérdéseinek megértéséhez néhány szót kell ejtenünk a leírás szintjeiről.

A viselkedési jelenségek megfigyelésének *különböző szintjei* léteznek. Kérdéseink megfogalmazása szempontjából nagyon lényeges, hogy a jelenség és a leírás különböző szintjei hogyan függenek össze, és egy-egy adott esetben mi magunk melyik leírási

szinten fogalmazzuk meg kérdéseinket. Képzelnék el, hogy egy zeb-racsorda mozgását kívánjuk leírni. Leírhatjuk ezt úgy is, mint valami „egész” mozgását, úgy is mint az egyes állatok egymáshoz viszonyított helyzetét, de leírhatjuk a csorda mozgását úgy is, hogy minden egyes állat minden egyes végtagjának mozgását határozzuk meg, sőt elemzésünkben továbbmehetünk a sejt vagy akár a molekuláris szintekre is. Sajnos a gyakorlatban a dolog nem ilyen egyszerű, ha csupán arra vagyunk kíváncsiak, vajon miért vándorolnak a zebrák bizonyos rendszerességgel, akkor az egyes állatok viselkedése vagy például az egyes izmok vagy idegsejtek működésének leírása teljesen fölösleges, szükségtelenül bonyolítaná, gyakorlatilag lehetetlenné tenné a kérdés eredményes tanulmányozását. Más kérdések megválaszolása, pl. a csordán belüli mozgás egy ragadozó támadása esetén, már szükségessé teszi az egyes egyedek helyzetének figyelembevételét, ha pedig éppen arra vagyunk kíváncsiak, hogy egy kiválasztott állat, pl. egy domináns csődör hogyan védelmezi pozícióját, milyen a pontos mozgásmintázata az agresszív párbajnak, melyek a motivációs tényezői stb., akkor nyilvánvalóan egyre lejjebb kell szállnunk a leírási szintekben.

A különböző állati aktivitások során sokszor előfordul, hogy a központi idegrendszer teljesen specifikus, genetikai tényezők által meghatározott instrukciókat küld az izmokhoz. Az ilyen típusú magatartásprogramok még a neuronális hálózat szintjén is követhetők. Más esetekben viszont a viselkedés nagyon változó. Az, hogy egy ragadozó miként közelíti meg a prédát, miként ragadja azt meg, nemcsak a jellemző fajspecifikus viselkedési egységektől függ, hanem az adott helyzet környezeti körülményeitől is, sőt még a ragadozó és a prédaállat múltbeli tapasztalataitól is. A becserkészás, támadás során az állat világosan bizonyíthatóan egy *célt* követ, valamit meg akar valósítani, és vizsgálatunkban nem feltétlenül az a fontos, hogy e viselkedés minden másodpercének részletes szabályozási rendszerét felderítsük, hanem az, hogy kiderítsük, milyen szerepet játszik az életében az adott cél, amelyre mozgása, esetenként változó magatartása irányul. Az ilyen típusú viselkedést gyakran csak magas szintű leírással vizsgáljuk.

Az etológiában a leírás szintjeinek és a magatartás egységeinek kérdései igen éles vitákat váltottak ki, és még ma sem mondhatjuk, hogy a mozgásmintázatok kérdésében egységesen elfogadott álláspont alakult volna ki. Ez a vita akkor kezdődött, amint Lorenz, korai munkáiban megfogalmazta az öröklött mozgásmintázat koncepcióját, amely azután gyorsan az etológia egyik alapkoncepciójává fejlődött. Sajnos már az eredeti megfogalmazásokban is keveredtek a leírási szintek, Lorenz nemcsak a mozgásmintázat külső megfigyelhető jegyeinek pontos meghatározását adta meg, hanem ezt kiegészítette még egy sor olyan feltételezéssel is, amelyek alacsonyabb szerveződési szintekre vonatkoztak. Pl. feltételezte, hogy az egyes ÖMM-ok az idegrendszerben meghatározott neuronhálózatokhoz, aktivitási központokhoz tartoznak. Később kiderült, hogy ugyan sok esetben ez valóban így van, különösen alacsonyabb rendű állatokban sikerült bizonyos ÖMM-ok esetében még az egyes neuronokat is azonosítani, más esetekben viszont a mozgásmintázat változékony, tanulással is változtatható, az agy több különböző részének együttes működése hozza létre, megjelenése nem köthető meghatározott aktivitási központokhoz. Ez természetesen zavart keltett, mert a különböző kutatók más és más szabályozó mechanizmusokat képzeltek az egyes mozgásmintázatok mögé. Sokan, különösen az angol etológusiskolák vitatták az ÖMM létezését is, noha ezek mindenfajta magatartás leírásában igen jól hasznosíthatók, ha figyelembe vesszük azt, hogy a leírás melyik szintjén állunk. Előfordulhat, hogy ha tovább hatolunk a viselkedést kiváltó okok láncolatában, akkor egy magatartási egység mögött több szabályozó tényezőt — vagy éppen fordítva kevesebbet — találunk. A magatartási egységek felosztása öröklött mozgásmintázatra, reflexre, taxisra és egyebekre, tehát különböző szemléletű leírásmódok kompromisszuma révén született, és az egyes osztályok létezését főként az igazolja, hogy az etológiai leírásokban eredményesen használhatók, de semmiképpen sem tekinthetők olyan szerkezeteknek, amelyek az elnevezésük révén egyben a saját feltételezett mechanizmusukat is egyértelműen igazolnák.

AZ ÖRÖKLÖTT MOZGÁSMINTÁZATOK ÖRÖKLŐDÉSE

Az ÖMM genetikai determinációjának koncepcióját a hatvanas években igen sok támadás érte, elsősorban az egyedfejlődés viselkedéstani vonatkozásaival foglalkozó amerikai pszichológusok részéről. Ha a genetikai determinációt egyfajta abszolút kritériumnak tekintjük, és feltételezzük, hogy a genetikai kód segítségével az állat mozgásmintázatának minden egyes apró részlete rögzítve van a génekben, akkor a kritika jogos, hiszen igen sok esetben kimutatható, hogy az ÖMM némiképpen módosul a tapasztalat következtében, vagy, hogy a környezet tényezői is hozzájárulnak kifejlődéséhez. Azonban ezek a finom különbségek nem indokolják az alapvető koncepció elvetését. Mint ahogy egy morfológiai képlet, mint a szárny vagy egy láb teljes kifejlődéséhez, morfológiai „mintázatának” megjelenéséhez nyilvánvalóan nem kizárólag gének szükségesek, s nem tudjuk megállapítani, hogy melyek a szárny vagy a láb „génjei”, de ennek ellenére nincs olyan biológus, aki kétségbe vonná, hogy egy-egy faj sajátos morfológiai struktúrája döntően genetikai meghatározottságú. Az egész modern biológiai elmélet ezen a tételen nyugszik, világos és egyértelmű magyarázatokat adhatunk a genetikai determináció és az egyedfejlődés közötti kapcsolatra. Nincs semmiféle komoly indoka tehát, hogy az ÖMM Lorenz által fontosnak tartott *genetikai meghatározottságát*, bizonyos enyhítéseket figyelembe véve, elvessük. A genetikai meghatározottság következménye a *fajspecifitás*, tehát az a jól megfigyelhető jelenség, hogy az ÖMM a faj minden egyedénél nagyjából azonos módon zajlik le, a nagyjából szóra itt azért van szükség, mert mint minden döntően genetikailag szabályozott jelleg esetében, itt is kimutatható a *genetikai variabilitás*.

Az ÖMM korai megfogalmazásában fontos kritériumként szerepelt a mozgásmintázat *formaállandósága*, a már megkezdett mozgás *megszakíthatatlansága*, valamint az a jelenség, hogy egy ÖMM-on alapuló akció kivitelezésekor nem tapasztalható *semmiféle visszacsatolás* az ÖMM szabályozása és a környezet között,

amit Lorenz szintén a genetikai meghatározottság következményének tekintett. Szép példa az előbbi három kritériumra a *Cupiennius salei* nevű pók petetartó gubójának a szövése. A petetartó gubó úgy készül, hogy alkalmas helyen, rendszerint valamilyen növényen, a pók először egy kerekded alapot sző, majd az alapot körülveszi egy karimával, amely csészeformát ad a gubónak. Ezután a szövő nőtény lerakja a petéit a selyemcsészécskébe, majd megszövi a csésze fedőjét és azzal lezárja, azután a gubót a fejlődő ivadékkal magával cipeli és védelmezi. A szövési műveletet igen részletesen vizsgálták, és kimutatták, hogy lényegében egyetlen öröklött mozgásmintázat eredménye. A pók 6400 ± 200 szövőmozdulattal készíti el a gubót, és az egyes szövőmozdulatok jellege szigorúan megszabott, *sorrendje* megváltoztathatatlan, és lényegében az egész akció, amely majd egy órát vesz igénybe, megszakíthatatlan. A szövőmozdulatok megjelenését szabályozó rendszer és a szövés *eredménye* között nincsen semmiféle visszacsatolás. Ezt a következő kísérletekkel igazolták: amikor a pók már elkészítette a gubó alapját, azt elvették tőle. Az állat nem készített új alapot, hanem folytatta a karima készítését, mintha az előzőleg elkészített alap az eredeti helyén lenne. A karima elkészültével így egy „cső” keletkezett, ebbe a csőbe a nőtény beletolta a petéit, amelyek mind kihullottak, mert nem volt aljzat — az egész építmény a növény ágain készült —, majd az üres karimára megszötte a fedőt. Ez a megfigyelés mutatja a megszakíthatatlanságot és azt is, hogy nincsen visszacsatolás a tevékenység eredménye és az akció lezajlása között. A peterakásról készített filmfelvételek közben az erős megvilágítás miatt az egyik kísérleti alany úgy kiszáradt, hogy a kezdeti fázis után már nem jött selyemfolyadék a szövőmirigyekből, ennek ellenére teljes egészében végrehajtotta a már megkezdett ÖMM-ot. Mint afféle „pantomimes”, sorban elvégezte a jellegzetes mozdulatokat a nem létező selyemszállal, a nem létező karimával és fedővel. Ugyancsak hatástalan az állatra, ha egy félig kész gubóra helyezik, ezt sem veszi figyelembe, és tevékenységét ott folytatja, ahol a saját készítményének építése közben megzavarták. Ilyen módon teljesen alkalmatlan

építmények készítését lehetett kiváltani, de ezek semmiféle befolyást nem gyakoroltak az állat viselkedésére.

Nemcsak a rovaroknál, bár azoknál a leggyakrabban, lehet kimutatni öröklött mozgási mintázatokat, hanem magasabb rendűeknél, madaraknál, emlősöknél is. A kutyaféléknél például igen jól ismert jelenség a *táplálékmaradványok elrejtése*, ennek elsősorban az a biológiai funkciója, hogy az el nem fogyasztott táplálékdarab ne vonzza a környékre a dögevőket (olyan fajok is vannak, amelyek később megkeresik az elrejtett táplálékot).

Más megfigyelések azt mutatják, hogy a magasabb rendűeknél, tanulás révén kifejlődhet valamiféle *visszacsatolás* az ÖMM eredménye és az állat tevékenysége között. Erre Heidegger svájci etológus egyik megfigyelését említenénk. A baseli állatkertben tartott rókaanya három kölyköt nevelt, és megfigyelték, hogy amikor a kölykök már nagyobbak voltak, rendszeresen elvették az anya táplálékát. A gondozó behajított egy-két darab húst a ketrecükbe, a kölykök megrohanták és elszedték, az anya pedig rendszerint éhes maradt. Ezután a következő történt: amikor a táplálék „átszállt a kerítésen”, az anya *vészkiáltást* hallatott, ez egy jól ismert ÖMM, amit a rókák ellenségeik, ragadozómadarak, nagyobb testű négylábúak stb. jelenlétében hallatnak. A kölykök a vészkiáltást meghallva villámgyorsan eltűntek az odúban, és lelapulva várták a veszély elvonulását, ezalatt a rókaanya befalta az öt megillető porciót a húsból. A részletes megfigyelések alapján teljesen nyilvánvaló volt, hogy az anya egy öröklött mozgásmintázatot használ „tudatosan” táplálékszerzésre.

Vagyis a magasabb rendűeknél nem teljesen merev az ÖMM és az állat egyéb tevékenységeinek kapcsolata. A fejlettebb gerincesek viselkedésében az öröklött és az egyéb, főként tanult magatartásformák szabályozása igen szorosan összefonódik, jórészt fellaítva az öröklött egységek merev szerkezetét.

AKTIVITÁSKÖZPONTOK AZ ÖRÖKLÖTT MOZGÁSMINTÁZAT MÖGÖTT

A korai ÖMM-konceptió egy másik lényeges feltételezése volt, hogy a mozgásmintázat az idegrendszerben pontosan lokalizálható *aktivitási központ* működésének hatására jön létre, amelyről Lorenz nagyfokú központi automáciát tételezett fel. Alacsonyabb rendű állatokban sikerült is olyan kisebb neuronhálózatokat kimutatni, amelyek egy-egy ÖMM megjelenéséért felelősek. Willows igen aprólékos, sejt szintű vizsgálatokkal derítette fel egy tengeri csiga, a *Tritonia gilberti* néhány öröklött mozgásmintázata és idegrendszere közötti összefüggéseket. Ez a puhatestű 30 cm hosszúra is megnő, és különböző idegdúcaiban az 1 mm átmérőt is elérő óriásneuronok találhatók, amelyek igen megkönnyítik a neuronhálózat elektrofiziológiai vizsgálatát, éppen úgy, mint a magatartásgén elkülönítésénél említett *Aplysia* esetében. A *Tritonia* legfőbb ellenségei egyes tengeri csillagok. Ha ezek valamelyike hozzáér a *Tritoniához*, az azonnal jellegzetes menekülési reakciót ad, amely egy öröklött mozgásmintázat. Az ÖMM elemei a következők: a megérintés pillanatában a csiga villámgyorsan behúzza összes nyúlványait, kopolyúit, nyeles szeméit stb., majd ellaposítja a feji és a farki részét, mintegy „vezőlapátot” formál belőlük, majd testének hullámzó mozgásával gyorsan mintél messzebb úszik a támadótól. Egy bizonyos távolságban azután passzívan lesüllyed a talajra, és ott már megint normális mozgásával siklik tova.

A vizsgálatokhoz a *Tritoniát* egy sekély akváriumba helyezték, amely lehetővé tette mozgását. A mozgást irányító agyterületeket feltárták és az egyes sejtek elektromos tevékenységét rögzítő, illetve a sejtek működését külső impulzusok segítségével serkentő vékony elektródákat helyeztek el bennük. A vizsgálatok során kiderült, hogy meghatározott neuronok ingerlése meghatározott mozgásmintázatokat, pl. a kopolyúk összehúzódását vagy elernyedését eredményezi. Sikerült felderíteni az idegdúc és az egyes izmok közötti kapcsolatok teljes térképét. Témánk szempontjából a legérdekesebb az volt, hogy találtak egy kisebb sejtekből álló *egyszerű*

hálózatot, amelynek rövid, félmásodperces elektromos ingerlése után az állat a teljes menekülési mozgásmintázatot, amely kb. 30 másodpercig tart, végrehajtotta. Ezek a vezérlő neuronok olyan elektromos impulzussorozatot bocsájtanak ki az ingerlés hatására, amelynek meghatározott mintázata, sorrendje van, és ez a mintázat az izmokat pontosan a menekülési mozgásnak megfelelő ütemben húzza össze, illetve ernyeszti el. További kísérletek kimutatták, hogy ezek azok a sejtek, amelyek a tengeri csillag érintésére először reagálnak, tehát valóban ezek indítják el a természetes védekezési reakciót. Újabb kísérletekben az idegdúcot kivették az állatból, és megfelelő tápoldatban vizsgálva sikerült kimutatni, hogy az aktiváló sejtek ingerlésére az ilyen izolált idegdúc is kiadja azt a tüzelési mintázatot, ami az ép állatban az ÖMM vezérléséhez szükséges, noha az izolált idegdúc nyilvánvalóan nem kap semmiféle visszacsatolást effektor szervektől. Vagyis a *Tritonia* idegrendszerében az ÖMM teljes szerkezete központi program alapján meghatározott.

Hasonló idegközpontokat más puhatestűekben, rovarokban, de még magasabb rendű gerincesekben is leírtak már. Fentress vizsgálatai szerint pl. az egér jellegzetes arcmosakodásának mozgásmintázatát az agy küldi a láb izmaikhoz, és ehhez semmiféle visszacsatolásra, érzékelési jelekre nincs szüksége, ennek a viselkedésnek a végrehajtása is teljes egészében központi program alapján történik. Halak úszásának, négy lábúak járásának vizsgálatakor találtak összetett rendszereket is, amelyek tartalmaztak központi programadó neuronhálózatokat, de a program az effektorok visszacsatolásai alapján különböző mértékben módosítható. Az ÖMM-ot aktiváló központok léte tehát mindenképpen bizonyítottnak vehető, de önállóságuk, belső automáciájuk nem mindig teljes, ellentétben azzal, amit a korai elméletet alkotó Lorenz feltételezett.

Eddig nem ejtettünk szót az ÖMM és a külső környezet kapcsolatáról, noha ez is igen jelentős szerepet játszott a mozgási mintázatok elméletében. Lorenz alapító elképzelései szerint az ÖMM-ot létrehozó neurális központ saját aktivitása egy potenciálfüggvény-nel jellemezhető, ha az adott öröklött mozgásmintázatot az állat régen alkalmazta, akkor a neuronhálózat aktivitásának potenciálja

maximális, de a kiváltó mechanizmus gátolja az adott aktivitás megjelenését mindaddig, amíg a megfelelő kulcsinger fel nem tűnik az állat környezetében. A kulcsinger, a kiváltó, azután a kiváltómechanizmusra hatva megszünteti a gátlást, és megjelenik az adott ÖMM. Az elmélet szerint az ÖMM aktiválódása csökkenti az adott neuronhálózat potenciálját, amit Lorenz *centrális excitatorikus potenciálnak* nevezett, és ha az első megjelenés után újabb ingerlések következnek, a válasz egyre kisebb mértékű lesz, idővel el is marad. Ahhoz, hogy újra teljes intenzitásban nyilvánuljon meg az ÖMM, egy bizonyos pihenési időnek kell eltelnie, ami alatt a „kisütött”, felhasznált potenciál újra felhalmozódik. Az ismételt kiváltás esetén jelentkező gyors *kifáradás* jelensége jól megkülönbözteti az öröklött mozgásmintázatokat más típusú mozgásoktól, főként a reflexektől, és általában jól megfigyelhető az állatok aktivitásában. Ha az állatnak alkalma van például az agresszív viselkedésre, akkor a következő percekben valamivel nehezebben bírható rá, mint később. Szexuális viselkedésben is jól ismert ez a jelenség: közvetlenül a párosodás után a hímek szexuális ingerelhetősége jelentősen csökken, és nem vagy csak nagyon erős ingerrel készíthetők újabb párosodásra. Természetesen az, hogy milyen mértékű ez a kifáradási jelenség, az nagymértékben a faj és az adott magatartásforma függvénye.

Végeredményben az öröklött mozgásmintázat lorenzi koncepciója rendkívül sikeresnek mondható, mert az állati viselkedés leírására jól alkalmazható modelleket szolgáltatott, sok esetben sikerült önálló létezését az alacsonyabb szerveződési szinteken is igazolni, számos, Lorenz által meghatározott tulajdonságát igazolni, és néhány esetben a körülötte folyó viták pontosabb, egzaktabb meghatározáshoz vezettek.

A helyszűke miatt nem vállalkozhattunk az egész lorenzi életmű kritikai bemutatására, az etológia számára a bemutatott kérdések voltak a legjelentősebbek, ezek tették Lorenzet az etológia megalapítójává.

1989

KARDOS LAJOS: AZ ÁLLATI EMLÉKEZET (RECENZÍÓ)

Amikor lapozgatni kezdtem Kardos Lajos utolsó művét,* nem tudtam ellentálni undok szokásomnak, és gyors statisztikát készítettem a tekintélyes számú idézet időbeli eloszlásáról. A harmincas és a hetvenes évekből, évtizedenként 40—50 idézet szerepel nagyon egyenletes eloszlásban, a nyolcvanas éveket 5 idézett munka reprezentálja, a harmincas éveket megelőző időből kb. 40 idézet szerepel. Ez a statisztika két dolgot jelez, az egyik az, hogy a szerző igyekezett átfogni az állatpszichológia legfontosabb fél-évszázadát, másrészt azt, hogy vizsgálódásai a hetvenes években lényegében lezárultak, noha az állati emlékezet kutatása az etológia hatására éppen a hetvenes években gyorsult meg. Ezzel együtt nagyon érdekes és értékes olvasmánynak találtam *Az állati emlékezetet*. Elsősorban azért, mert a szerző rendkívül szigorúan alkalmaz egy tudományos szemléletet, amely ugyan napjainkban már meghaladottnak tekinthető, de annak idején nagyon sok új felismeréshez vezetett. A könyvet igazán az teszi érdekessé, hogy világosan kiderül belőle, képes egy tudományos paradigma a szigorú logika segítségével önmaga felváltását eszmeileg előkészíteni. Egy nagy korszak elemzését olvashatjuk tehát, egy kitűnő tudós munkáját, aki számos helyen adott az elemzésekhez saját anyagot, kísérleteket, szempontokat is.

A kötet legvégén (235.) Kardos világosan megfogalmazza álláspontját: „Az állati emlékezetnek az az elmélete, melyet a könyv-

* *Kardos Lajos: Az állati emlékezet. Akadémiai Kiadó, Bp., 1988.*

ben kifejtettünk, *tisztán pszichológiai elmélet*. Nem folyamodik pszichofiziológiai meggondolásokhoz vagy ilyen jellegű fogalmi konstrukciókhoz. Egy pszichikus jelenséget tételezünk fel, melyet saját életünkben jól ismerünk, az emlékezést — mindenestre annak legegyszerűbb formájában: abban a formában, amelyben még Semon meghatározta, s amely szerint az emlékezés csak abban különbözik az érzékeléstől, hogy adekvát ingerek idézik fel. Valójában csak azt tettük, hogy ezt az »egyszerűséget« nagyon következetesen végiggondoltuk, és minden következményét az állat viselkedését illetően számbavettük.”

A meghatározás pontos és jól illik a könyvre, nyugodtan elmondhatjuk, hogy mindenben reprezentánsa a pszichológiai elméleteknek általában. Ellenvetésem nem a mű értékét kérdőjelezi meg, hanem azt a széles körben elterjedt pszichológiai szemléletet, amelyet képvisel.

Induljunk el Kardos meghatározásából, elmélete és a tanulás, emlékezés hasonló pszichológiai elméletei *tisztán pszichológiai elméletek*, nemcsak a pszichofiziológia „meggondolásaihoz”, de az etológia tényeihez, az evolúciós elmélethez, és úgy általában a biológiához sem folyamodnak. Pontosan ez a bajom velük nekem és azoknak, akik az állati emlékezet kutatásának újabb, talán etológiai irányzatait képviselik. Nyilvánvaló, hogy mindenfajta tudományos vizsgálat valamiféle előzetes elméleti alapfeltevésen nyugszik. A pszichológia alapfeltevése Kardos megfogalmazásában az, hogy az állati emlékezet vizsgálatához elegendők az emberi emlékezetről szerzett köznapi ismeretek, egy *szigorú tudományos logika* alkalmazása és természetesen e logika alapján tervezett állatkísérletek.

Az etológiai irányzat hevenyészett előfeltevése valami ilyesféle: az állat természetes környezetének és életmódjának, *biológiájának*, valamint saját és más állatok evolúciós történetének ismeretében felderíthető, hogy az állat életében milyen szerepet játszik az emlékezés egyáltalán, és *ennek alapján* tervezhetők a megfelelő kísérletek és alkalmazható a tudományos logika. Azt hiszem, a különbség óriási, módszereiben, szemléletében, következményei-

ben, eredményességében. Hangsúlyozni szeretném, hogy a pszichológiai álláspont is *tudományos álláspont*, szemernyi kétség nélkül, éppen Kardos műve illusztrálja nagyon szépen, hogy a legelvontabb kiindulási alapról is el lehet jutni értékes felismerésekhez, ha valaki ragaszkodik a tudományos logika következetes alkalmazásához. Ebben az állatpszichológusok nagy többsége sohasem volt elmarasztalható. A probléma inkább az, hogy melyik előfeltevérendszer alapján lehet a leggyorsabban, a legtöbbet elérni, továbbá melyik rendszert lehet a tudomány egészébe a legkönnyebben *integrálni*, melyik teszi lehetővé a társtudományok értékes „meggondolásainak” minél szélesebb körű *felhasználását*.

Annak idején a kémia az alkímiából fejlődött ki, amely különösen mély elméleti konstrukciók nélküli gyakorlati ismeretek, feltevések laza halmaza volt, minden jelenséget csak a saját körén belül értelmezett, nem használt idegen, mondjuk a fizikából származó fogalmi konstrukciókat, nem is igen állottak rendelkezésre ilyenek. Az alkímia óriási tapasztalati anyagot gyűjtött össze a különböző anyagok viselkedéséről, átalakulásáról és nagyon sok praktikus ismeretet szolgáltatott, festékeket, gyógyszereket, lőport stb. Mégis a modern kémiát az a felismerés hozta létre, hogy a *kémiai jelenségeket nem lehet a saját organizációs szintjükön megmagyarázni*. A kémia axiómáit nem absztrakt előfeltevésekből, hanem egy alsóbb szerveződési szinttel foglalkozó tudománytól a *fizikától* kell kapja. Az atomok koncepciója, az atomszerkezeti ismeretek adtak magyarázatot a vegyülés törvényszerűségeire. Egy önmagába zárkózott kémia, saját axiómákkal már elképzelhetetlen, tudománytalan lenne. Ahogyan a fizika adja a kémia előfeltevéseit, ugyanúgy szolgáltatja a kémia a modern biológia bizonyos axiómáit, a molekuláris biológia látványos sikere a bizonyítéka ennek. A pszichológia és általában a társadalomtudományok azon, sokszor megfogalmazott igénye, hogy csak a saját szintjén, csak a saját fogalmi rendszerében tanulmányozható, elavult és elfogadhatatlan. A pszichológia számára az etológia, az evolúciós biológia, a genetika fogja az axió-

mákat, előfeltevéseket szolgáltatni. Csak ezekre épülhet rá a pszichológia saját konstrukciója. Miért nincsen átfogó pszichológiai elmélet? Pontosan azért, mert egy ilyen elmélet bázisa csak az evolúciós biológia lehet, és mindaddig, amíg a pszichológusok ezt elutasítják, nem lesz átfogó pszichológiai elmélet.

A pszichológus az emlékezetet kívánja vizsgálni, de saját előfeltevései rabságában már a kiinduláskor zavarba kerül. Mindenkinek van fogalma a saját emberi emlékezetéről, ez lesz tehát a kiindulás, de azonnal le kell szögezni, hogy az állati emlékezet az nem lehet egészen ilyen, hiszen az állat alacsonyabb rendű, nem beszél, nem gondolkodik, talán nem is emlékezik. Bizonyos csak annyi, hogy laboratóriumban, a kísérleti berendezésben időnként megtalálja az utat, ez lesz tehát a *jelenség*, és már csak arra kell nagyon vigyázni, nehogy azt képzeljük, hogy az állat úgy emlékszik az útra, mint mi, mert az csúf és elítélendő antropomorfia. Kiinduláskor tehát nem vizsgáltatott meg az állat, hogy egyáltalán melyik az, és hogyan él, miből lehet arra következtetni, hogy emlékszik, milyen faji különbségek és azonosságok találhatók, melyek a legcélszerűbb körülmények a laboratóriumi vizsgálatára stb. E helyen a szerző a labirintuskísérletek gyors elterjedését annak tulajdonítja, hogy annak segítségével tulajdonképpen a lokomóciót vizsgálták (i. m. 40.), és szerinte: „Az állat lelki életéről fel kell tételeznünk, hogy alapjellegetben a lokomóciós viselkedésforma vezérlésére beállítva fejlődött ki.” Ehhez az etológus csak annyit tehet hozzá, hogy a labirintuskísérletek nagy népszerűsége sokkal inkább annak volt köszönhető, hogy az állatpszichológusok kedvenc állata a patkány volt, és annak természetes környezetéhez a labirintusberendezés nagyon hasonlított, tehát alkalmas volt kísérleti célokra. Nemigen végeztek labirintuskísérleteket mondjuk békákkal vagy galambokkal.

Nos, elindul a patkány a labirintusban, és a biológiai, az etológiai alapok híján csak azt tételezhetjük fel róla, hogy bizonyosan nem úgy emlékezik, mint az ember. Hogyan tájékozódik mégis olyan pompásan? Most szükséges a már emlegetett szigorú tudományos logika. A pszichológus szisztematikusan keresi a lehető

legegyszerűbb, még logikusnak tűnő magyarázatot. Kinesztétikus érzetek elraktározása például. Nagyon gondosan végzett, logikus kísérletek cáfolják. Inger—válasz kapcsolatok kiépülése asszociáció révén, reinforcement stb. Szép gondos kísérletekkel kizárja. Végül kapjuk Tolman kognitív térképét, illetve annak magyar változatát Kardos mnemonikus mezője formájában. Mégiscsak fel kell tételezni tehát valamiféle mentális aktivitást, a külső környezet valamiféle belső reprezentációját, az ezen való mentális manipuláció lehetőségét, a gondolkodás, az emlékezés valamiféle fejlett formáját.

Nem lett volna egyszerűbb abból kiindulni, hogy az állat aktivitását csak úgy képes adaptívan folytatni, ha természetes környezetének fontos elemeiről agyában *belső reprezentáció*, *dinamikus modell* készül, és tevékenysége közben képes ennek a modellnek a *működtetése* révén tájékozódni. Ma már persze könnyű jó ötleteket ajánlani, amikor például pontosan tudjuk, közvetlen elektrofiziológiai mérések alapján, hogy a bagoly hallókérgében lévő neuronok izgalmi állapota pontosan tükrözi az állat környezete *fizikai terének* megfelelő paramétereit, vagyis a bagoly hallókérge a *tér egzakt fizikai reprezentációja*. Nem kell itt a mnemonikus mező „labirintusfalán keresztül látó” és egyéb csodálatos tulajdonságait feltételezni, egyszerű fizikai modellről van szó. A labirintus pontos reprezentációja épül ki minden bizonnyal a patkánygyanban is, és semmi csodálatos nincs abban, hogy ennek alapján anélkül képes a legrövidebb utakat kiválasztani, hogy azokon előzőleg megjutalmazták volna. Tulajdonképpen nem egészen világos, hogy Kardos és a korabeli pszichológusok jó része miért óvakodott úgy a „reprezentáció” koncepciójától (119.), hiszen Tolman kognitív térképe, Krecsevszkij „patkányhipotézis”-koncepciója már a harmincas években kínálták azokat a megoldásokat, amelyeket nagy kerülővel most a nyolcvanas években kénytelen az állatpszichológia elfogadni.

Az etológia számára a környezet reprezentációja, a fajspecifikus „hardwere” és a megtanulható „softwere”, az elvárás, szándék és az állati kogníció más koncepciói nemcsak azért természe-

tesek, mert időközben sokat fejlődött a tudomány, hanem azért, mert az etológia evolúciós háttérű, a genetikára támaszkodó tudomány. A molekuláris genetikától az agyban működő neurális modellekig nagyon egyszerű megfontolások vezetnek. Ezeket utasította el nagy büszkén az állatpszichológia Kardos által tárgyalt időszaka, és fogadja most el, saját átköltésben, mint kognitív pszichológiát.

A kísérleti pszichológia annak idején azáltal tagadta meg édesestvéreit, a teológiát és a filozófiát, és lett metafizikából praktikus tudomány, hogy elfogadta a tudományos kísérletezés objektív természettudományos módszereit. Hósi korszak volt ez, de tovább kell lépni. A pszichológiának ki kell építeni kapcsolatait saját alaptudományával, az evolúciós biológiával, az etológiával, a biológiai axiómákra kell ráépítse saját koncepcióinak rendszerét. Ha ezt megteszi és minden jel arra mutat, hogy meg fogja tenni, akkor kész lesz arra is, amire igen nagy szükség lenne, hogy előfeltevések, axiómák rendszerét nyújtsa fiatalabb, a tudományos kérdésekben még teljesen tájékozatlan testvéreinek, a *társadalomtudományoknak*.

1990

AZ ÁLLATI AGY, VISELKEDÉS ÉS KÖRNYEZET: EGY ESETTANULMÁNY HALAKON

I. BEVEZETÉS

Az állati viselkedés tanulmányozása hagyományosan két különböző megközelítés alapján folyik. Az etológiai szemlélet alapján végzett vizsgálatokban elsősorban arra vagyunk kíváncsiak, hogy a természetes környezetben megfigyelt állat spontán viselkedése milyen. Jellemző viselkedési egységek és azok sorozatainak megfigyelése alapján igyekszünk az állat életmódját, ökológiai kapcsolatait, viselkedésének evolúcióját rekonstruálni.

A kísérleti állatpszichológia viszont főleg olyan laboratóriumi módszereket fejlesztett ki, amelyek a pontos, megismételhető méréseket teszik lehetővé. A kísérleti állatot mesterséges, minden apró részletében gondosan megtervezett környezetbe helyezi, és viselkedésének rendszerint csak egy-két részletét figyeli, de azt igen pontosan, többnyire automatikus műszerek segítségével. Az állat rendszerint valamilyen „feladatot” kap, és viselkedésének *belső* tényezőire a feladat megoldásának módjából lehet következtetni.

Mint ahogy az etológia elsősorban az állat spontán viselkedését tanulmányozta, az etológiai kutatásokban leginkább az állatok fajspecifikus, öröklött tényezők által szabályozott viselkedésformái kerültek előtérbe. A pszichológia azzal, hogy elsősorban a külső ingerekre, a környezet megváltozására adott választ figyelve, főként az állatok tanulásáról szerzett új ismereteket, amivel viszont az etológia kevesebbet foglalkozott. A pszichológia számára az állati magatartás elsősorban az emberi viselkedés modellje. A tanulás sok szempontból hasonló az emberben és a maga-

sabb rendű állatokban, így az állatok laboratóriumi tanulmányozásával az emberre is érvényes összefüggésekhez lehet jutni.

A két eltérő szemléletű, különböző módszereket alkalmazó tudomány nehezen vagy egyáltalán nem képes a másik eredményeit a saját eredményei közé illeszteni (Johnston 1981, Domján és Galef 1983). Amint az ilyen történni szokott, jó ideig mind az etológusok, mind pedig a pszichológusok csupán kifogásaikat sorolták. Sok pszichológus szerint az etológusok adatai megbízhatatlanok, mert a természetes környezet nagyon változó, rendszerint csak kevés egyedet figyelnek meg, nehezen lehet a megfigyeléseket megismételni, ezért nehéz az eredmények általánosítása. Az etológusok viszont éppen az ismételhőséget biztosító mesterséges környezet alkalmazását kifogásolják. A mesterséges környezet sokszor rendellenes viselkedést vált ki az állatból, s így nehezen lehet megítélni, hogy a laboratóriumban mért válaszreakciók milyen természetes viselkedésformáknak felelnek meg, hogyan illeszkednek az állat ökológiai környezetébe, a fennmaradáshoz szükséges viselkedésformák repertoárjába.

Újabban több viselkedéskutató, köztük jómagam is, úgy gondolja, hogy a legeredményesebb megközelítés valamiféle szintézis lenne (Csányi 1986). Az etológusoknak a természetes környezetben vagy a természetes környezethez hasonló laboratóriumi be rendezésben végzett megfigyeléseit ki lehet egészíteni a pontosabb, megismételhető állatpszichológiai módszerekkel. Különösen eredményes lehet effajta szintézis keresése olyan magatartásformák vizsgálatában, amelyek során az állat a természetes környezetében is tanul valamit.

A magatartási egységekre alapozott megfigyelhető magatartás, valamint a különböző tanulási és problémamegoldó viselkedésformák együttes vizsgálata alapot ad arra, hogy megkíséreljük a magatartás teljes értékű leírását, legalábbis a saját szerveződési szintjein. Egy ilyen leírástól a magatartás olyan *modelljét* várhatjuk, amely autonóm, önszervező, a környezet kihívásaira adaptív válaszokat adó rendszer, amelyben tükröződik a fajspecifikus öröklött és a tanult tényezők harmonikus összefonódása.

Laboratóriumunkban egy évtizede foglalkozunk a paradicsomhal (*Macropodus opercularis* L.) etológiai és állatpszichológiai vizsgálatával egy ilyenfajta szintézis reményében. Ez a kistermetű, 6—8 cm-es állat, amelynek természetes élőhelyei Délkelet-Ázsia aprótavai s a rizsföldek csatornái, nagyon alkalmas etológiai megfigyelésekre, életmódja jól ismert (*Forselius* 1957a, 1957b). Megfelelően berendezett akváriumokkal természetes környezete könnyen utánozható, és mivel nappali állat, viselkedése nagyon kifejező és könnyen megfigyelhető. Fészket épít, udvarol, agresszíven védelmezi és gondozza ivadékait, nagyon kíváncsi, gyorsan tanul, és fajtársaival bonyolult kapcsolatokat tart. Ideális alanya laboratóriumi etológiai és állatpszichológiai vizsgálatoknak. A paradicsomhal viselkedési repertoárja meglehetősen gazdag, és mivel agya mindössze 20—30 mg tömegű, valószínűleg egyszerűbb szabályozórendszerekkel bír, mint mondjuk a tízszeres agytömeggel rendelkező egér, ez is alkalmazása mellett szól.

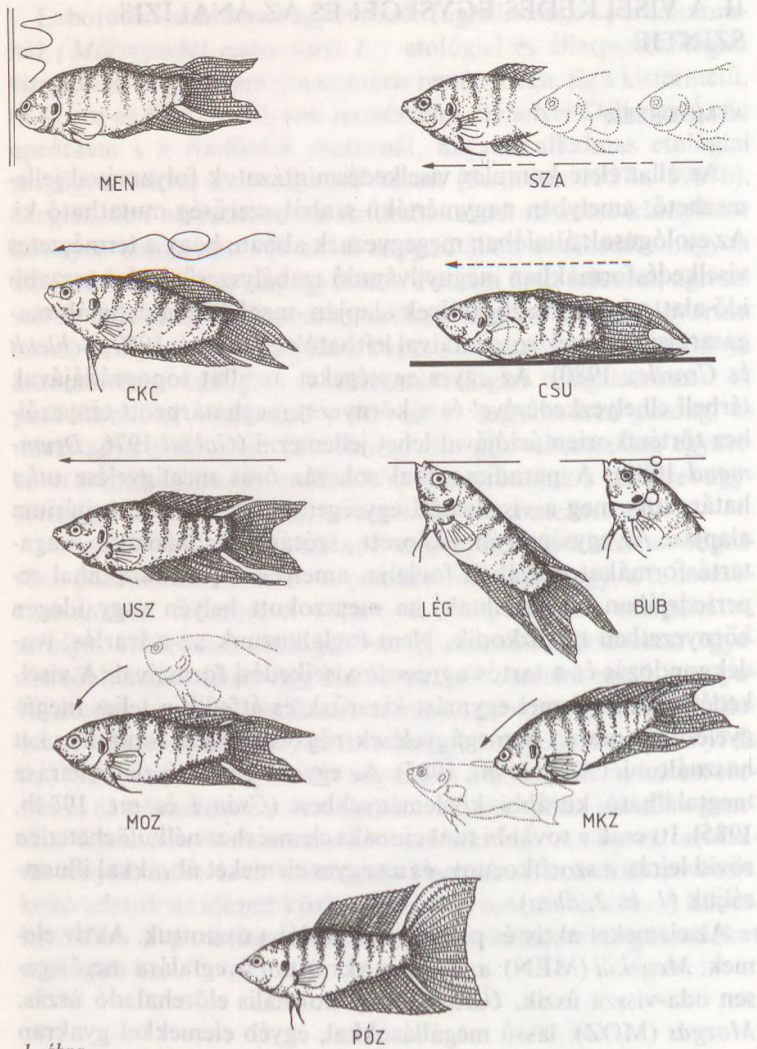
Az elmúlt évtizedben számos megfigyelést és kísérletet végeztünk paradicsomhalakon. A paradicsomhalakat egy, a laboratóriumunkban fenntartott kültenyésztett populáció szolgáltatta, amelyet különböző országokban akvaristáktól beszerzett egyedekből hoztunk létre. Egy kisebb vizsgálat szerint ennek a populációnak az egyedei viselkedés szempontjából nagyon közel állnak a természetes környezetből befogott egyedekhez (*Csányi és mt.* 1984b). A kültenyésztett populáció mellett beltenyésztett törzseket és rekombináns törzseket is kialakítottunk, amiről a genetikai fejezetben részletesebben is beszámolunk. A törzsek tartására, tenyésztésére és az alkalmazott genetikai technikákra vonatkozó adatok az idézett közleményekben megtalálhatók. A következőkben a paradicsomhalon végzett viselkedésvizsgálatainkat mutatjuk be.

II. A VISELKEDÉS EGYSÉGEI ÉS AZ ANALÍZIS SZINTJE

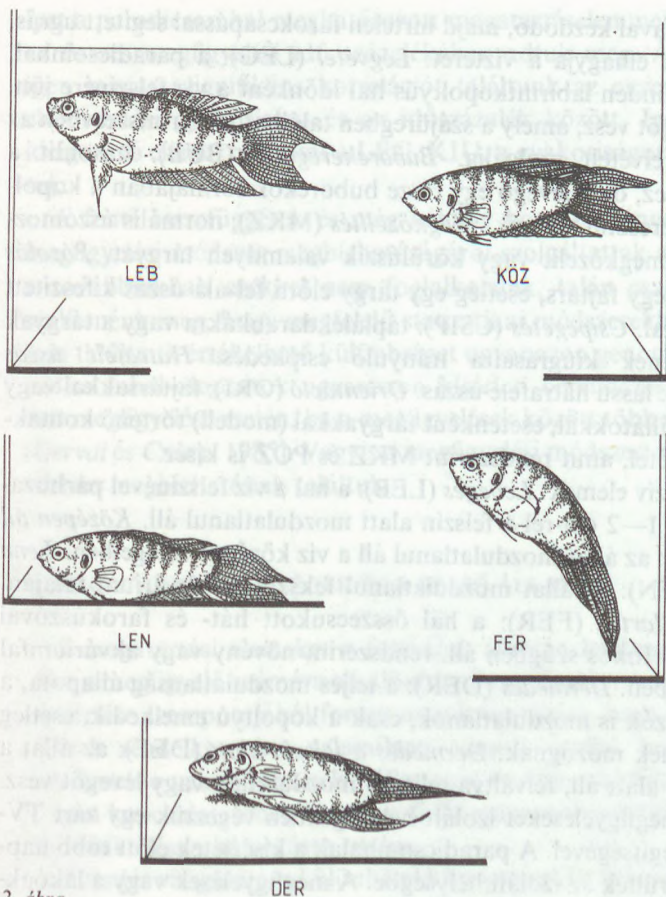
A. MÓDSZER

Az állat élete komplex viselkedésmintázatok folyamával jellemezhető, amelyben nagymértékű szabályszerűség mutatható ki. Az etológusok általában megegyeznek abban, hogy a természetes viselkedésformákban megnyilvánuló szabályszerűségek hosszabb idő alatt végzett megfigyelések alapján, megfelelően definiált magatartási egységek sorozataival leírhatók (*Baerends 1957, Schleidt és Crawley 1980*). Az egyes egységeket az állat topográfiájával, térbeli elhelyezkedésével és a környezet meghatározott tényezőihez történő orientációjával lehet jellemezni (*Golani 1976, Drummond 1981*). A paradicsomhal sokszáz órás megfigyelése után határoztuk meg a viselkedési egységeit a fenti három kritérium alapján. Az egységek által képzett „szótár” mindazokat a magatartásformákat magában foglalja, amelyek a paradicsomhal repertoárjában előfordulnak, ha megszokott helyén vagy idegen környezetben tartózkodik. Nem foglaljuk az udvarlás, ivadékgondozás és a tartós agresszió viselkedési formáival. A viselkedéskódunk elemei egymást kizáróak és átfedik a teljes megfigyelési periódust. A megfigyelések rögzítésére kis számítógépeket használtunk (*Nagy és mt. 1985*). Az egyes elemek részletes leírása megtalálható korábbi közleményekben (*Csányi és mt. 1984b, 1985*). Itt csak a további funkcionális elemzéshez nélkülözhetetlen rövid leírásra szorítkozunk, és az egyes elemeket ábrákkal illusztráljuk (*1. és 2. ábra*).

Az elemeket aktív és passzív kategóriába osztottuk. Aktív elemek: *Menekül* (MEN): az állat az akvárium üvegfalára merőlegesen oda-vissza úszik. *Úszás* (USZ): normális előrehaladó úszás. *Mozgás* (MOZ): lassú megállásokkal, egyéb elemekkel gyakran megszakított úszás. *Csúszás* (CSÚ): lassú, csak a mellúszók segítségével végrehajtott úszás. *Szaggatott* (SZA): gyors elindulások és hirtelen fékezések sorozata. *Ugrás* (UGR): a farokúszó hirtelen



1. ábra
 A paradicsomhal aktív magatartási egységei
 (Csányi és mt. 1984)



2. ábra
A paradicsomhal passzív magatartási egységei
 (Csányi és mt. 1984)

csapásával végrehajtott ugrásszerű helyváltoztatás. *Cikcakk úszás* (CKC): rendkívül gyors, szabálytalan cikcakk formában végrehajtott mozgás. *Kiugrás* (KIU): rendszerint az akvárium átlátszatlan fala mellett vagy egy sarokban a test jellegzetes meg-

hajlításával kezdődő, majd hirtelen farokcsapással segített ugrás, az állat elhagyja a vízteret. *Légvétel* (LÉG): a paradicsomhal, mint minden labirintkopoltyús hal időnként a víz felszínére jön, és levegőt vesz, amely a szájüregben található labirintszervben az oxigénfelvételt szolgálja. *Buborékergetés* (BUB): hasonlít a LÉG-hez, de a levegő egy része buborékok formájában a kopoltyún keresztül távozik. *Megközelítés* (MKZ): normális úszómozgással megközelít vagy körülúszik valamilyen tárgyat. *Pózolás* (PÓZ) egy fajtárs, esetleg egy tárgy előtti fel-alá úzás kifeszített úszókkal. *Csipegetés* (CSIP): táplálékdarabkákra vagy a tárgyak felszínének kiugrásaira irányuló csipkedés. *Hátrafelé úzás* (HÁT): lassú hátrafelé úzás. *Orientáció* (ORI): fajtársakkal vagy egyéb állatokkal, esetenként tárgyakkal (modell) történő kontaktszűrés, amit rendszerint MKZ és PÓZ is kísér.

Passzív elemek: *Lebegés* (LEB): a hal a víz felszínével párhuzamosan 1—2 cm-rel a felszín alatt mozdulatlanul áll. *Középen áll* (KÖZ): az állat mozdulatlanul áll a víz középső rétegeiben. *Lenn áll* (LEN): az állat mozdulatlanul fekszik az akvárium talaján. *Ferde tartás* (FER): a hal összecukott hát- és farokúszóval 20—40 fokos szögben áll, rendszerint növény vagy akváriumfal közelében. *Dermedés* (DER): a teljes mozdulatlanság állapota, a mellúszók is mozdulatlanok, csak a kopoltyú emelkedik, esetleg a szemek mozognak. *Dermedés a felszín alatt* (DEF): az állat a felszín alatt áll, felváltva teljesen mozdulatlan vagy levegőt vesz.

A megfigyeléseket izolált helységekből végeztük egy zárt TV-lánc segítségével. A paradicsomhalak a kísérletek előtt több nappal kerültek az izolált helységbe. A megfigyelések vagy a lakóakváriumban megzavarás nélkül tartózkodó, vagy a kísérleti berendezésbe helyezett állaton történtek, általában 5—15 percig, folyamatosan. Részletes kísérletekkel tisztáztuk, hogy a tartás és megfigyelés körülményei, pl. a napszak, etetés, nemi különbségek, genotípus, a megfigyelők személye stb. hogyan befolyásolják az eredményeket (részletes adatokat lásd Csányi és mt. 1984b és 1985). Összegezve ezeket a vizsgálatokat kitűnt, hogy a legmegbízhatóbb paramétere a megfigyeléseknek az az időtartam, ame-

lyet a paradicsomhal meghatározott magatartáselemmel tölt, ezt az összes megfigyelési idő százalékában adtuk meg. Általában igen magas szignifikáns korrelációt találtunk az egyes elemek előfordulási gyakorisága és az időszázalék között. Igen rövid ideig tartó elemeknél, mint a LÉG, KIU, a gyakoriságot használtuk.

A fenti összefüggések és még néhány hasonló, lényegében a megfigyelési módszer megbízhatóságáról szolgáltatott adatokat, a továbbiakban ezekkel nem foglalkozunk, talán csak annyit említenénk meg, hogy megfelelő statisztikai módszerekkel akkor sem találtunk értékelhető különbséget ugyanazon genotípusú paradicsomhal-csoportok ugyanazon kísérleti berendezésben végzett megfigyelése esetén, ha a megfigyelések között több év telt el, (Gervai és Csányi 1985). Vagyis a megfigyelési módszert nagymértékben megbízhatónak találtuk.

B. MAGATARTÁSI EGYSÉGEK ÉS A BELSŐ ÁLLAPOT

A magatartási elemeket a formájuk alapján határoztuk meg mint a megfigyelő számára elkülöníthető egységeket. A viselkedés megértése szempontjából fontos annak tisztázása, hogy az egyes elemek rendelkeznek-e valamilyen adaptív értékű funkcióval, tükröznek-e valamilyen belső állapotot, és van-e közöttük valamilyen kapcsolat, amely a szerveződés magasabb szintjén működő viselkedésszabályozásra utalna.

A kérdés vizsgálatára különböző környezetekbe helyezett paradicsomhalak viselkedését figyeltük. Négyfajta környezetet hasonlítottunk össze. Előzetes megfigyelések alapján tudtuk, hogy az egyes elemek megjelenését nagymértékben befolyásolja a környezettől szolgáló akvárium mérete, berendezettsége, valamint az, hogy az állatnak volt-e alkalma azt jól megismerni, ennek megfelelően a következő berendezéseket készítettük: A „szeminatúrális” (SN) akvárium 200 l volt, növényekkel gazdagon berendezve, két nőstény és két hím ből álló paradicsomhal-csoporttal (az érté-

kelésben csak a nőstényeket vettük figyelembe), a megfigyelések 11 napos habituációs periódus után kezdődtek. A „nagy új környezet” (NU) szintén 200 literes akvárium volt, de csak kevés növényrel, és a megfigyelés azonnal a behelyezés után kezdődött. A „kis otthon” (KO) akvárium mindössze 6 literes volt, egyetlen szál növényrel, az állatok láthatták a szomszédos akvárium lakóját, és a megfigyelés 11 napos habituáció után kezdődött. A „kis új” (KU) akvárium 20 × 20 × 20 cm méretű volt, üres, amelyet egy zöld plasztik lapokból készített nagyobb zárt térbe helyeztünk, és a megfigyelés a behelyezés pillanatában kezdődött. Végül a nevelő akvárium (80 l), amelyben az állatok húszas csoportokban éltek. A fenti négy környezet hatását a magatartáselemek megoszlására az I. táblázat mutatja. A csoportátlagok két kivétellel valamennyi elem esetében szignifikánsan különböztek. Ez a kísérlet egyértelműen mutatja tehát, hogy a környezeti hatások nagymértékben befolyásolják az egyes magatartási elemek megjelenését (*Csányi és mt.* 1984b).

A fenti kísérlet adatai még egy fontos felismerést szolgáltattak. Megvizsgáltuk, hogy kimutatható-e korreláció az egyes környezetekben megjelenő elemek között, számos elempár esetében kaptunk magas, szignifikáns korrelációt, vagyis a különböző környezetek az elemek meghatározott csoportjait hasonló módon befolyásolták. Nem találtunk viszont olyan magatartási elempárost, amelynek tagjai előfordulási valószínűségének korrelációja minden környezetben azonos lett volna (*II. táblázat*). Ez az eredmény azt sugallja, hogy az egyes általunk definiált magatartáselemek többé-kevésbé *független* paraméterei a környezetfüggő belső állapotnak. Egy-egy meghatározott belső állapot viszont az elemek meghatározott *együttesével* jellemezhető, kimutattuk ezt a szexuális viselkedés elemeinek esetében is (*Vadász és mt.* 1978b).

A külső környezeti tényezők mellett az egyes magatartási egységek előfordulását az egyedek *genotípusa* is nagymértékben befolyásolja. A kültenyésztett populáció, a beltenyésztett törzsek, (*Gervai és Csányi* 1985), ezek hibridjei (*Csányi és Gerlai* 1988), rekombináns törzsek (*Gervai és Csányi* 1989a), valamint rokon

I. táblázat

Különböző környezetek hatása a magatartási egységek időbeli eloszlására (csoportátlatok)

Magatartási egység t% vagy frekv./5 min	Környezetek					A nyers adatok transzfor- mációja		(Egyutas ANOVA)
	Nevelő n = 20	Szemina- turális n = 20	Nagy új n = 20	Kicsi új n = 20	Kicsi otthon n = 20			
MEN	0,06	0,15	24,7***	76,2***	23,4***	In(1+x)	85,6	0,001
USZ	8,4	17,2	27,8***	4,6	10,6	In(1+x)	16,1	0,001
MOZ	17,4	30,7	13,0	3,2***	15,8	In(x)	14,2	0,001
SZA	0,0	0,03	10,1***	0,6	0,2	In(1+x)	50,6	0,001
ORI	8,4	10,4	—	—	—	In(1+x)	0,63	n.s.
LÉG	5,4	11,9**	7,2	14,6***	10,0*	no trans.	12,9	0,001
CSIP	0,6	2,0***	0,7	0,07	0,5	In(1+x)	13,9	0,001
UGR	0,05	1,5*	0,4**	0,2	0,15	In(1+x)	5,2	0,005
aktív össz.	38,0	65,2***	78,8***	88,4***	54,0	In(1+x)	26,2	0,001
LEB	9,3	15,6**	3,2	1,4	5,5	In(1+x)	6,1	0,001
KÖZ	34,7	15,8	9,0**	3,9***	8,8**	In(1+x)	18,6	0,001
LEN	0,9	0,5	0,8	3,2*	3,5	In(1+x)	8,2	0,001
FER	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	In(1+x)	—	—
DER	17,0	2,6	7,6	2,6	27,6*	In(1+x)	4,9	0,01
Passzív össz.	61,9	38,8***	21,0***	11,4***	45,9	In(1+x)	8,5	0,001

* p < 0,05

** p < 0,01 A nevelő akvárium adatait hasonlítottuk a többihez Bonferoni-tesztel

*** p < 0,001

Csányi és mt. 1984.

A magatartási egységek között megfigyelt

Magatartási egységek t% vagy frekv./5 min	Környezetek	USZ	MOZ
MEN	NE	0	0
	SN	0	0
	KO	0	-0,58**
	KU	0	-0,78**
	NU	0	-0,52*
USZ	NE		0
	SN		0
	KO		0
	KU		0
	NU		0
MOZ	NE		
	SN		
	KO		
	KU		
	NU		
LÉG	NE		
	SN		
	KO		
	KU		
	NU		
LEB	NE		
	SN		
	KO		
	KU		
	NU		
KÖZ	NE		
	SN		
	KO		
	KU		
	NU		
LEN	NE		
	SN		
	KO		
	KU		
	NU		

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$

0 nem szignifikáns korreláció

Csányi és mt. 1984.

korrelációk (Spearman) különböző környezetekben

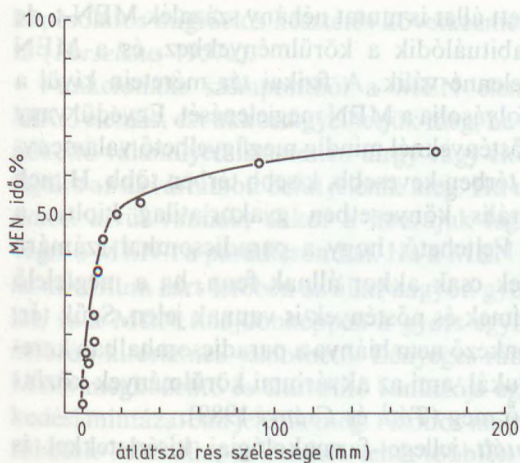
LÉG	LEB	KÖZ	LEN	DER
0	0	0	0	0
0	0	0	0	-0,38*
0,48*	0	-0,62**	0	0
0	0	-0,77**	-0,54	0
0,70**	0	0	-0,50*	-0,45*
0	-0,44*	0	0	0,50*
0,50*	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0,39*	0	0
0,66**	0	0	0	-0,57**
0	0	0,39*	0	0,39*
-0,42*	-0,52*	0	0	0
0	0	0,64**	0	0
0	0	0,63*	0,41*	0
-0,51*	0	0	0	0
	0,78**	0	-0,60**	-0,74**
	0,56**	-0,41*	0	0
	0	-0,34*	0	0
	0	0	-0,41*	0
	0,46*	-0,38*	-0,41*	-0,72**
		0	-0,53**	-0,67**
		-0,46*	0	0
		0	0	0
		0	0	0
		0	0	-0,48*
			-0,60*	-0,60**
			0	0
			0	0
			0	0
			0	0
				0,89**
				0,41*
				0
				0
				0

fajok (*Vadász és mt.* 1978a, *Csányi és mt.* 1984b, *Gervai és Csányi* 1986b) a magatartási egységek időbeli eloszlása alapján jól megkülönböztethetők, e vizsgálatok részleteiről a genetikai fejezetben számolunk be.

C. MAGATARTÁSI EGYSÉGEK ÉS A KÖRNYEZET

Az általános környezethatás mellett vizsgáltuk azt is, hogy egyes meghatározott magatartáselemek megjelenése és a környezet meghatározott jegyei között van-e valamilyen összefüggés. Kimutattuk, hogy bizonyos esetekben közvetlen kapcsolat található az egyes magatartáselemek és a környezet bizonyos komponensei között. A MEN elem például csak akkor jelenik meg, ha az akváriumnak van átlátszó fala, vagy legalább egy néhány mm-es rés vagy korong alakú terület a falon átlátszó (3. ábra). A meneküléssel töltött idő és az akvárium fedettsége között szoros összefüggés található. A MEN elemet egyértelműen az akvárium üvegfala mögött látható szabad tér indukálja. Egy kívülről lefestett nem átlátszó akváriumot két részre osztottunk átlátszó üveglappal, az egyik részbe helyeztük a kísérleti állatot, a másik részben pedig az elválasztó lap mögé különböző távolságra nem átlátszó lapot tettünk, és mértük, hogy az átlátszó és nem átlátszó lap közötti távolság hogyan befolyásolja a MEN elem időszázalékát: $0 \approx 7$ mm távolság között a menekülés egészen kismértékű, 7 mm felett a MEN időszázaléka meredeken és szignifikánsan emelkedik (*Tóth és Csányi* 1989).

Keskeny, hosszú akváriumban a paradicsomhal az averzív (ragadozó, háló) ingerekkel ellentétes oldalfalon végzi a MEN aktivitást, míg vonzó ingerek, pl. fajtárs jelenléte esetében az ingerhez legközelebb álló falon (*Csányi és mt.* 1985). Ezekből a megfigyelésekből nyilvánvalóan arra lehet következtetni, hogy a MEN elem akkor jelenik meg, ha az állat az akváriumnak az átlátszó falakkal korlátolt területét elhagyni igyekszik, tehát menekül vagy valamilyen vonzó tárgyat meg akar közelíteni. A MEN megjelenése



3. ábra

Az átlátszó falrészlet hatása a MEN időszázalékára

Csoportátlagok ($n=10$). A paradicsomhalakat egy $20 \times 20 \times 20$ cm-es, nem átlátszó falú akváriumban figyeltük, amelynek egyik falán különböző szélességű átlátszó csíkok voltak.

(Tóth és Csányi 1989)

szinte kizárólag a vizuális ingerek kontrollja alatt áll, a taktilis ingerek nem befolyásolják, mint a fenti kísérletek is mutatták. Hasonló viselkedést figyelt meg Chase üvegfalú szekrénybe zárt denevérnél (Chase 1981). Nagyon jellemző, hogy az idegen helyre került paradicsomhalnál hosszabb tartózkodási idő alatt a MEN elem időszázaléka csak akkor mutat bizonyos fokú csökkenést, ha az állatot tartalmazó akváriumnak legalább egyik oldala átlátszatlan, mind a négy oldalon átlátszó kis akváriumban a MEN még hosszabb idő után sem szűnik meg (Tóth és Csányi 1989).

A MEN elem megjelenését a rendelkezésre álló fizikai tér mérete is erősen befolyásolja. Kisméretű (6 l) akváriumba helyezett paradicsomhal ideje nagy részét meneküléssel tölti, és az időarány hetekkel a kihelyezés után is magas marad. Nagyméretű akvári-

umban (240 l) helyezett állat is mutat néhány százalék MEN-t, de néhány óra alatt habituálódik a körülményekhez, és a MEN részaránya jelentéktelenné válik. A fizikai tér méretein kívül a társak jelenléte is befolyásolja a MEN megjelenését. Egyedül vagy párban elhelyezett nőstényeknél mindig megfigyelhető valamennyi MEN. Nagyobb térben kevesebb, kisebb térben több. Hímek jelenléte, szeminaturális környezetben gyakorlatilag kioltja a MEN megjelenését. Feltehető, hogy a paradicsomhal számára kielégítő körülmények csak akkor állnak fenn, ha a megfelelő méretű téren kívül hímek és nőstények is vannak jelen. Szűk tér, fajtársak vagy az ellenkező nem hiánya a paradicsomhalban kereső tevékenységet indukál, ami az akváriumi körülmények között mint MEN figyelhető meg (Tóth és Csányi 1989).

A MEN *célorientált* jellege farmakológiai kísérletekkel is megerősítést nyert. Idegen helyre helyezett paradicsomhal MEN-jét apomorfin injekciókkal erősen gátolni lehet, amit Pimozin antagonizál (Altbäcker és mt. 1989). Más fajokon is végeztek hasonló kísérleteket. Freed és Yamamoto (1985) kimutatta, hogy a dopaminmetabolizmus erősen kapcsolódik a patkány mozgásának irány- és sebességmeghatározásához. Az apomorfin, ami a dopaminrendszert gátolja, csökkenti a meghatározott irányba történő mozgásokat, és erősíti a sztereotípiákat emlősöknél (Randrup és Munkval 1974) és halaknál (Munro 1986).

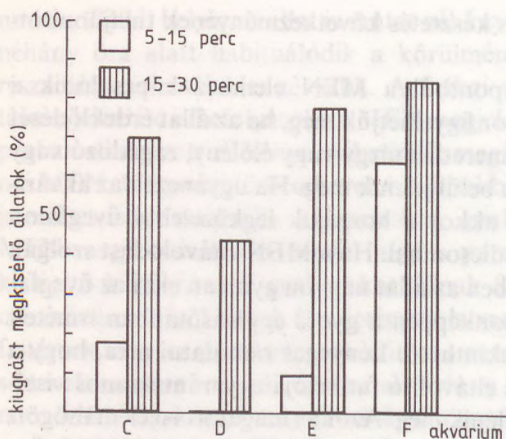
A fenti jelenségek a menekülés, közeledés, helyváltoztatás bonyolult szabályozására utalnak. A vizuálisan felfogható távlat a paradicsomhalban kiválthatja a MEN elemet, de attól függően, hogy a fizikai és szociális környezete milyen. Bizonyos méretű (néhány tíz liter) tér, hímek és nőstények jelenléte már elegendő arra, hogy az állat az adott körzetben maradjon. Ha egyedül új, ismeretlen helyre kerül, a MEN azonnal aktiválódik, ha a megfelelő távolság vizuális kulcsa jelen van. Borított falú akváriumban MEN sohasem figyelhető meg. A szociális környezet hiányához az állat néhány nap alatt hozzászokik, és a MEN kialszik. Nagyon szűk térhez képtelen habituálódni. Valószínűleg ennek tulajdonítható, hogy a MEN-t először leíró szerző azt a szaporodással

kapcsolatos migrációs készletés következményének tulajdonította (*Forselius 1957a*).

Funkcionális szempontból a MEN elemhez kapcsolódik a MKZ elem is, ezt akkor figyelhetjük meg, ha az állat érdeklődését felkeltő valamilyen ismeretlen tárgy vagy élőlény, ragadozó vagy fajtárs az akváriumon belül jelenik meg. Ha ugyanezek az akváriumon kívül vannak, akkor a hozzájuk legközelebbi üvegfalon végzi a MEN-t a paradicsomhal. Ha a MEN eltávolodást szolgál, az akvárium zárt terében az állat nagyon gyorsan eléri az üvegfalat, és a MEN tulajdonképpen a gyors egymásutánban ismételt áttörési kísérletnek tekinthető. Lényeges rámutatni arra, hogy a MEN megközelítő és eltávolító funkciója egyaránt azonos viselkedési mintázatban jelenik meg. Azonos magatartási elem mögött többféle belső állapot létezhet, tehát többféle funkció is levezethető belőle. Vagyis a magatartási elem megjelenését magasabb szerveződési szinten zajló folyamatok döntenek el. Ez a további következtetéseink számára igen fontos konklúzió.

Két további magatartáselem esetében tudtuk kimutatni, hogy megjelenésüket vizuális kulcsok, pontosabban a tér átláthatósága befolyásolja. A KIU sohasem jelenik meg olyan akváriumban, amelynek mind a négy oldala átlátszó, de 10—15 perces tartózkodás során megfigyelhető, ha az akváriumnak legalább egy oldala fedett. Ha mind a négy oldal átlátszatlan, akkor a kiugrási kísérletek az állat elhelyezése után azonnal megindulnak (*4. ábra*). Miután a paradicsomhal természetes élőhelyén sokszor kerülhet a nyílt víztől ideiglenesen vagy végleg elzáródott területre, a kiugrás fontos eszköze a visszatérésnek.

Kisebb mértékű vizuális kontroll alatt áll a dermedés. Ezt a magatartáselemet sokféle helyzetben megfigyelhetjük, a szeminatúrális körülmények között élő állatok is mutatják az idő 2—3 százalékában (*Csányi és mt. 1984b*) minden látható kiváltó inger nélkül. Gyakoribb a megjelenése, ha kisméretű akváriumban tartózkodik az állat, vagy ha zsúfoltak a medencék. Taktilis ingerekkel lehet a legeredményesebben kiváltani. Megfigyelhető ez néha hálózás közben, de ha kisméretű (300 ml), nem átlátszó



4. ábra

A kiugrást megkísérelő paradicsomhalak százalékaránya különböző átláthatóságú akváriumokból. A megadott időtartományokban

C: az alap és az egyik oldal nem volt átlátszó (n=24)

D: az alap és két oldal nem volt átlátszó (n=13)

E: az alap és három oldal nem volt átlátszó (n=10)

F: az alap és minden oldal átlátszatlan volt (n=14)

(Tóth és Csányi 1989)

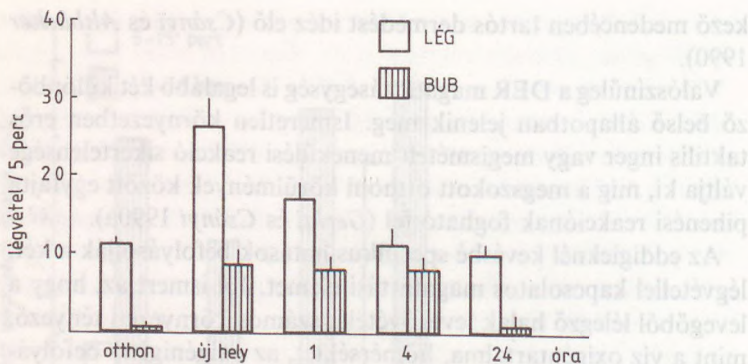
falú csészébe helyezünk egy paradicsomhalat, az idő kb. 20 százalékat tölti DER-ben és ez az arány még a megfigyelés nyolcadik órájában is megmarad (Csányi és *mt.* 1985). Vizsgáltuk az akváriumoldalak átlátszóságának hatását is a dermedés gyakoriságára, és megállapítottuk, hogy új helyen a tartózkodás első tizenöt percében az egy vagy több átlátszatlan oldallal rendelkező akváriumban, míg a tartózkodás második tizenöt percében a kevés vagy átlátszatlan oldallal nem rendelkező akváriumokba helyezett paradicsomhalak hajlamosabbak inkább a dermedésre (Tóth és Csányi 1989). Erős kellemetlen ingerek (elektromos áram) hatása alatt, teljesen átlátszó falú akváriumban nem lehet tartósan a dermedési reakciót kiváltani, mert a MEN minden más magatartásegységet elnyom. Ugyanezen inger átlátszatlan falakkal rendel-

kező medencében tartós dermedést idéz elő (Csányi és Altbäcker 1990).

Valószínűleg a DER magatartásegység is legalább két különböző belső állapotban jelenik meg. Ismeretlen környezetben erős taktilis inger vagy megismételt menekülési reakció sikertelensége váltja ki, míg a megszokott otthoni körülmények között egyfajta pihenési reakciónak fogható fel (Gerlai és Csányi 1990a).

Az eddigieknél kevésbé specifikus hatások befolyásolják a két, légvétellel kapcsolatos magatartási elemet. Jól ismert az, hogy a levegőből lélegző halak levegővételt számos környezeti tényező, mint a víz oxigéntartalma, hőmérséklet, az oxigénigény befolyásolja. Azt is megfigyelték, hogy a szociális körülmények is befolyásolják a légvételt. Halrajokban az egyedek oxigénfogyasztása csökken (Parker 1973), fokozott oxigénfogyasztás kíséri az agressziót (Brett és Sutherland 1965), ugyancsak fokozott oxigénfogyasztás kíséri a nemspecifikus kellemetlen ingereket (See 1980). Mi nem mértünk oxigénfogyasztást, így óvatosan kell értékelnünk a magatartási adatainkat, de az egyértelműen látszik, hogy a paradicsomhalakat egyedenként ismeretlen környezetbe helyezve a LÉG erősen megnövekszik, és csak több óra múlva tér vissza az eredeti gyakoriság. Ragadozók jelenléte erősen csökkenti a légvételek számát, noha az általános aktivitás jelentősen megnövekszik (Csányi és mt. 1984b).

A BUB magatartáselemet Forselius (1957a) a fészeképítő tevékenység részeként írta le. Kétségtelen, hogy a BUB a hímek fészeképítése közben a leggyakoribb, de megfigyeléseink szerint megjelenik mindenfajta izgalmi állapotban. Így pl. a legegyszerűbben úgy lehet magas gyakoriságú BUB-t kiváltani, ha paradicsomhalakat tartalmazó akváriumba egy paradicsomhal-buborékfészket helyezünk, ez rendkívül vonzó és izgató inger számukra, azonnal a fészek alá gyűlnek, és sok LÉG és BUB elemet figyelhetünk meg. Ismeretlen környezetben is megnő a BUB gyakorisága, és sokkal lassabban tér vissza a normális értékre, mint a LÉG (5. ábra). Szociálisan izolált állat aránylag ritkán vesz buborékosan levegőt, ilyenkor a fajtársak pusztá látványa is ele-



5. ábra

A paradicsomhalak levegővétele új környezetben

Egyenként elszállásolt paradicsomhalak új környezetbe kerültek, és levegővételi-
ket számoltuk öt percig. (Csoportátlagok: $n = 20$)
(Csányi és *mt.* 1985)

gendő a BUB gyakoriságának szignifikáns növekedésére, ugyan-
csak növeli a BUB gyakoriságát, ha a paradicsomhalak a megszok-
ottnál nagyobb egyedsűrűségben vannak, vagy ha éheznek (Csá-
nyi és *mt.* 1985). A később tárgyalandó kondicionálási kísérletek-
ben megfigyeltük, hogy az elektromos árammal ingerelt állatok-
nál jó ideig igen gyakori a BUB elem. A BUB tehát a szociális
vagy egyéb erőteljes ingerek hatására kialakuló fokozott izgalmi
állapot külső megnyilvánulása.

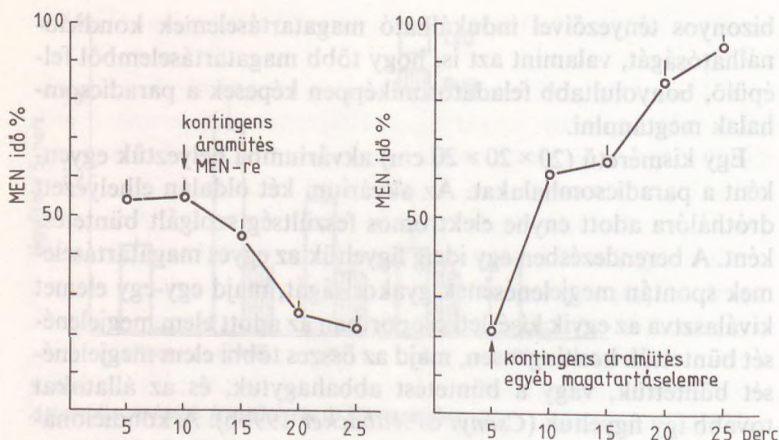
A különböző magatartáselemeket úgy tekinthetjük, mint örök-
lődő mozgásmintázatokat, legalábbis semmiféle irodalmi adat,
vagy saját megfigyelés nem szól e felfogás ellen. Az öröklődő
mozgásmintázatok mellett a fajok magatartásrepertoárjának
szerves része a tanulási képesség (Breland és Breland 1961, Selig-
man 1970, Lorenz 1981), ez nemcsak abban nyilvánulhat meg,
hogy az adott faj milyen bonyolultságú feladatot képes megoldani,
hanem abban is, hogy egyes meghatározott magatartáselemek
gyakorisága milyen külső ingerek segítségével változtatható, kon-
dicionálható (Shettleworth 1978). Vizsgáltuk egyes, a környezet

bizonyos tényezőivel indukálható magatartáselemek kondicionálhatóságát, valamint azt is, hogy több magatartáselemből felépülő, bonyolultabb feladatot miképpen képesek a paradicsomhalak megtanulni.

Egy kisméretű (20 × 20 × 20 cm) akváriumba helyeztük egyenként a paradicsomhalakat. Az akvárium két oldalán elhelyezett dróthálóra adott enyhe elektromos feszültség szolgált büntetésként. A berendezésben egy ideig figyeltük az egyes magatartáselemek spontán megjelenésének gyakoriságát, majd egy-egy elemet kiválasztva az egyik kísérleti csoportban az adott elem megjelenését büntettük kontingensen, majd az összes többi elem megjelenését büntettük, vagy a büntetést abbahagytuk, és az állatokat tovább így figyeltük (Csányi és Altbäcker 1990b). A kondicionálási kísérletek eredményeit a következőkben foglalhatjuk össze: a kiválasztott MEN, DER, LÉG elemek mindegyikének gyakorisága mindkét irányban megváltoztatható, de az egyes elemek esetében különböző korlátok figyelhetők meg.

A MEN elem gyakorisága büntetéssel kb. 55%-ról 20%-ra csökkenthető, további csökkenés nem érhető el. Gyorsan növelhető viszont a gyakoriság, ha az egyéb elemeket büntetjük (6. ábra). A DER elem nem kontingens büntetés hatására megnövekszik ugyan, de kezdeti emelkedés után gyakorisága csökken. Az egyéb elemekre adott kontingens büntetéssel elérhető, hogy a DER elem időaránya tartósan 100 százalék legyen, de csak abban az esetben, ha az akvárium falai nem átlátszóak (7. ábra). Átlátszó akváriumban igen hosszú kondicionálással sem érhető el ez a szint (8. ábra). A LÉG elem gyakorisága is csökken büntetés hatására, de igen hosszú ideig tartó kondicionálás során sem szorítható gyakorisága egy bizonyos szint alá.

A magatartáselemek mellett megvizsgáltuk, hogy bonyolultabb feladatok hogyan kondicionálhatók. Két ilyen feladatot választottunk. Az egyik kísérletben az akvárium középvonalától lefele, illetve felfele elhelyezkedő térben tartózkodás növelése volt a kondicionálás célja, így az e térből történő eltávozást büntettük, a másik kísérletben a középvonaltól balra, illetve jobbra eső



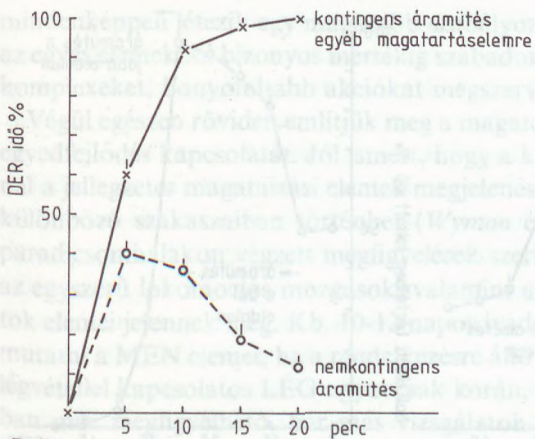
6. ábra

A MEN elem gyakoriságának változása kondicionálás során

A paradicsomhalakat egy átlátszó, 20 × 20 × 20 cm-es akváriumba helyeztük, ahol vagy a MEN, vagy minden egyéb elem esetében kaptak áramütést. A MEN időszázalékának ötperces átlagait mutatjuk be (n = 10 mindkét esetben). (Csányi és Altbäcker 1990b)

térben tartózkodást büntettük. Könnyen elérhető, hogy a hal állandóan a felső térben tartózkodjék, de tartós büntetéssel sem kényszeríthető teljesen a paradicsomhal az akvárium alsó részébe, valószínűleg azért, mert időnként levegőt kell vennie, és ezt a büntetés ellenére is megteszi (9A. ábra). Érdekes, hogy ha fedett akváriumban a dermedést kivéve minden egyéb magatartáselemet büntetünk, akkor igen hosszú, akár egy óráig tartó dermedés is jelentkezhet, vagyis élettani okok nem kényszerítik az állatot a felszínre. A legeredményesebben a paradicsomhal az akvárium jobb, illetve bal felében történő folyamatos tartózkodásra kondicionálható (9B. ábra).

Ezekből a kísérletekből azt a következtetést vontuk le, hogy más állatokhoz hasonlóan a paradicsomhal tanulását is korlátok befolyásolják, amelyek különösen jelentősek akkor, ha egyes elemeket akarunk kondicionálni. Összetett, sokféleképpen megold-

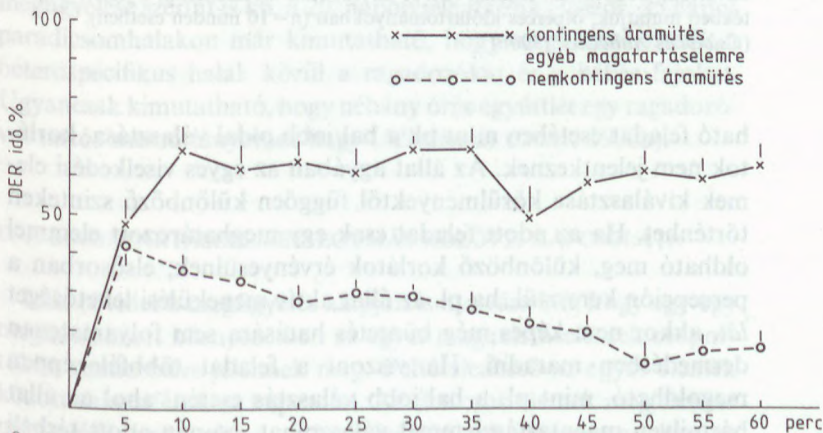


7. ábra

A DER elem gyakoriságának változása kondicionálás során, nem átlátszó akváriumban

A paradicsomhalakat nem átlátszó, 20 × 20 × 20 cm-es akváriumba helyeztük, ahol a dermedésre kontingens vagy véletlenszerű áramütéseket kaptak. A DER időszázalékának ötperces átlagait mutatjuk be (n=10 mindkét esetben).

(Csányi és Altbäcker 1990b)

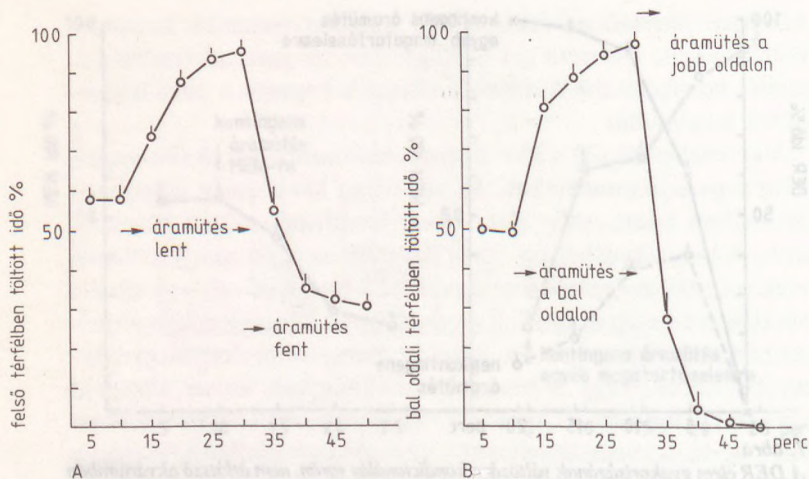


8. ábra

A DER elem gyakoriságának változása kondicionálás során átlátszó akváriumban

A paradicsomhalakat átlátszó, 20 × 20 × 20 cm-es akváriumba helyeztük, ahol a dermedésre kontingens vagy véletlenszerű áramütéseket kaptak. A DER időszázalékának ötperces átlagait mutatjuk be (n=10 mindkét esetben).

(Csányi és Altbäcker 1990b)



9. ábra

Térbeli helyzet kondicionálása büntetéssel

A paradicsomhalakat átlátszó, 20 × 20 × 20 cm-es akváriumba helyeztük, ahol áramútést kaptak, ha az akváriumban fenn vagy lenn tartózkodtak (A), vagy az akvárium jobb, ill. bal oldalán (B). A tartózkodás időszerűségét a jelzett helyzetekben mutatjuk, ötperces időtartományokban (n = 10 minden esetben). (Csányi és Altbäcker 1990b)

ható feladat esetében mint pl. a bal/jobbs oldal választása, korlátok nem jelentkeznek. Az állat agyában az egyes viselkedési elemek kiválasztása körülményektől függően különböző szinteken történhet. Ha az adott feladat csak egy meghatározott elemmel oldható meg, különböző korlátok érvényesülnek, elsősorban a percepció keresztül, ha pl. az állat aktív menekülési lehetőséget lát, akkor nem képes még büntetés hatására sem folyamatosan dermedésben maradni. Ha viszont a feladat többféleképpen megoldható, mint pl. a bal/jobbs választás esetén, ahol az állat bármilyen magatartáselemmel válaszolhat, csupán adott térbeli helyzet vált ki büntetést, speciális korlátok valószínűleg nem érvényesülnek. Az a véleményünk tehát, hogy az egyes elemek kiváltását szabályozó mechanizmusok szerveződési szintje fölött

mindenképpen létezik egy magasabb szabályozási szint is, amely az egyes elemekből bizonyos mértékig szabadon képes viselkedési komplexeket, bonyolultabb akciókat megszervezni.

Végül egészen röviden említjük meg a magatartási elemek és az egyedfejlődés kapcsolatát. Jól ismert, hogy a különböző állatoknál a jellegzetes magatartási elemek megjelenése az egyedfejlődés különböző szakaszaiban történhet (*Wyman és Ward 1973*). A paradicsomhalakon végzett megfigyelések szerint a legkorábban az egyszerű lokomociós mozgások, valamint a nyugalmi állapotok elemei jelennek meg. Kb. 10-12 napos ivadéknál már ki lehet mutatni a MEN elemet, ha a rendelkezésre álló tér korlátozott. A légvétellel kapcsolatos LÉG ugyancsak korán, kb. 10 napos korban már megfigyelhető, bár más vizsgálatok szerint a légzésre alkalmas labirintszerv kb. 20 napos korban alakul ki (*Ebeling 1966*). Megfigyeléseink szerint ebben az időben ugrásszerűen nő a LÉG gyakorisága, és egyben kimutatható, hogy az előbb említett külső körülmények is megkezdik a befolyásukat. A fajtársakkal kapcsolatos SZO és MKZ saját és mások (*Davis és Kessel 1975*) megfigyelése szerint is kb. a 20. napon jelentkezik először. 35 napos paradicsomhalakon már kimutatható, hogy megkülönböztetik a heterospecifikus halak közül a ragadozókat és a békés fajokat. Ugyancsak kimutatható, hogy néhány órás együttlét egy ragadozóval tartós memórianyomot hagy (*Miklósi és Csányi 1990a*).

D. A MAGATARTÁSELEMENK EGYMÁS KÖZÖTTI KAPCSOLATA

Már rövidebb megfigyelés alapján is nyilvánvaló, hogy egy-egy meghatározott környezetben az egyes magatartáselemek csoportokba rendeződve jelennek meg. Feltételezhető az egyes elemek között valamiféle laza kapcsolat. Az aktívabb elemek megjelenése után például nagyobb a valószínűsége újabb aktív elem jelentkezésének, és ugyanígy van ez a passzív elemek esetében is. Idegen környezetben a MEN elemet gyakran kíséri a CKC, az ÜGR, míg a LEB inkább a MOZ, USZ, CSIP kíséretében fordul elő.

Etofarmakológiai kísérletek során figyeltünk fel először arra, hogy averzív ingerek erősebb fokozatainak hatására az egyes laza csoportokon belül valamiféle szabályszerűséggel jelentkeznek az egyes elemek.

Morfin hatását vizsgáltuk szűk, idegen környezetben, különböző erősségű averzív ingereknek kitett paradicsomhalak viselkedésére. Azt találtuk, hogy genotípustól függően a morfin erőteljesen befolyásolja a viselkedést anélkül, hogy az aktív vagy passzív viselkedési elemek *arányán* változtatna. Megnöveli mind az aktív, mind a passzív kategóriában, egymáshoz hasonló elemek csoportján belül azoknak az előfordulási gyakoriságát, amelyek funkcionális szempontból erőteljesebbnek tekinthetők. Így pl. a passzív KÖZ, LEB helyett az ugyancsak passzív LEN, FER, DER jelentkezik, az aktív kategóriában MOZ, MEN helyett UGR, CKC figyelhető meg. A morfin hatása alatt az állat hirtelen változtatja a passzív és az aktív elemeket, a vad mozgást, ugrásokat a teljes mozdulatlanság formái váltják fel (Csányi és mt. 1984a, Dóka és mt. 1985). Feltételeztük, hogy a magatartáselemek elkülöníthető, bár részben átfedő funkcionális csoportokba sorolhatók, amelyek közösen jellemeznek egy-egy adott belső állapotot, és az egyes elemek konkrét megjelenése a belső állapot kvantitatív jellemzőivel, *fokozataival* kapcsolatosak.

Ugyancsak az egyes elemek közötti kapcsolatra utaló adatokat szolgáltatott szelekciós kísérleteink is. Többféle magatartáselem előfordulási valószínűségének növelésére/csökkentésére folytattunk szelekciós kísérleteket. A leggyorsabban a SZA elem reagált a szelekcióra. A kültenyésztett populációban ez az elem idegen környezetbe helyezett állatoknál néhány százalékos időszakos értékkel fordul elő. Hat generáción keresztül folytatott intenzív szelekció után a pozitív törzsekben a SZA átlagértéke meghaladta a 20 százalékot, a negatív törzsekben pedig a kiindulási kültenyésztett populáció amúgy is alacsony előfordulási értéke alá csökkent. A genetikai paraméterekből aránylag egyszerű néhány génes háttérre lehet következtetni. Megvizsgáltuk, hogy a SZA elemet gyakrabban mutató törzsekben hogyan változott meg az

egyéb elemek időbeli aránya. Többféle eredmény várható, lehetséges, hogy minden elem időszázaléka *arányosan* csökken a SZA növekedése miatt, de az is elképzelhető, hogy egy vagy néhány meghatározott elem időszázalékának arányos csökkenése kompenzálja a SZA növekedését. Az eredmények azt mutatták, hogy a SZA időszázalékának növekedése egyedül az USZ és kisebb mértékben a CSU elem időszázalékának arányos csökkenésével kompenzálódik. Ebből arra következtethetünk, hogy a SZA valamiképpen az USZ elem származéka. A SZA gyors elindulások és hirtelen megtorpanások sorozataként írható le. Minden bizonyítással az USZ elem kibocsájtására ható valamiféle *gátló* mechanizmus közbeavatkozása vezet a SZA elem megjelenéséhez. A szelekciós kísérlettel tehát az USZ és a SZA elem közötti szabályozási kapcsolat igen nagy valószínűséggel támasztható alá (Gerlai és Csányi 1990b).

E. VISELKEDÉSKOMPLEXEK ÉS A BELSŐ ÁLLAPOT

Az eddigiekben bemutatott vizsgálatok központjában a paradicsommal megfigyelhető magatartáselemei voltak, keveset foglalkoztunk az egyes elemek megjelenését kiváltó szituáció egészével, és az egyes elemek által jelzett belső állapot esetleges minősítésével. A viselkedésformák legszigorúbb formai leírásainál is szükséges a külső körülmények jellemző vonásait, pl. új környezet, averzív ingerek jelenléte, izoláció stb. megemlíteni. Amíg a viselkedés formai leírásában elég szigorú kritériumok alkalmazhatók, a környezet leírása rendszerint igen sok szubjektív elemet tartalmaz. Különösen érvényes ez a laboratóriumban dolgozó etológusra, aki a „természetes környezet” kevéssé meghatározott, de elfogadott terminusa helyett kénytelen az általa létrehozott mesterséges környezetet leírni. Bonyolítja a kérdést az is, hogy a környezet tényezőinek leírása nehezen választható el az adott környezetben tevékenykedő állat belső állapotára való utalástól. Az „averzív” inger fogalma eleve meghatározza az állat és az

adott környezeti tényező viszonyát. Így a viselkedés pontos formai leírása mellett megjelennek a belső állapotra vonatkozó, bizonyos mértékig szubjektív fogalmak, mint pl. a félelem, az emocionalitás, az exploráció, az averzió stb. A kísérleti pszichológia elterjedten használja a félelem vagy emocionalitás kifejezéseket bizonyos belső állapotok jellemzésére, és igyekszik ezeket valamilyen egységes skála mentén kísérletileg is mérni. Az egyik legrégebben kidolgozott ilyen teszt pl. az „open field”, amelyben a kísérleti állatot, rendszerint patkányt vagy egeret egy tágasabb körülhatárolt térre helyeznek, és mérik a mozgásaktivitást, a vizelek és a székletkibocsátások számát, és ezekkel a paraméterekkel jellemzik az állat félelmi állapotát (Hall 1934, Broadhurst 1957).

Az etológus általában kettős meghatározást használ, egyrészt a konkrét viselkedésformáktól függetlenül elbírálható viszonyítási keretet említ, mint pl. ragadozókkal szembeni védekezés, táplálékszerzés, szaporodás stb., másrészt megadja az ezekkel összefüggésbe hozható viselkedésformák listáját. Így pl. a félelmi viselkedés alatt azokat a viselkedésformákat értik, amelyek az állatot megvédik vagy eltávolítják valamilyen kellemetlen vagy veszélyes inger forrásától (Hinde 1970, Archer 1976, 1979).

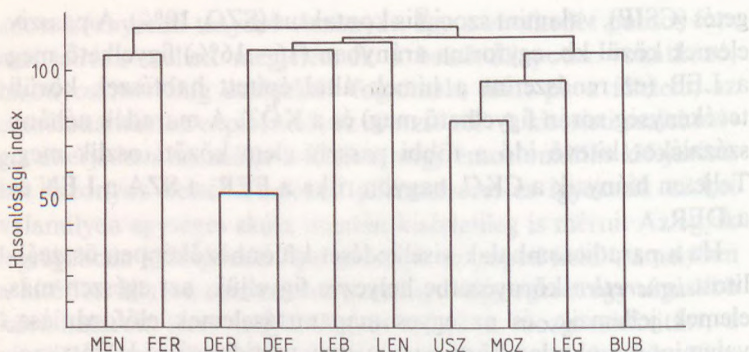
A kétféle megközelítés a legjobban úgy hasonlítható össze, ha a kísérleti pszichológia mesterséges környezeteibe helyezett állatokon elvégzik az etológiai viselkedéselemzést is (Jones 1977, Gallup és Suarez 1980, Suarez és Gallup 1981, Wilson és mt. 1976). Számos esetben használtuk ezt a módszert a paradicsomhalnál is, és ilyen összehasonlító elemzésekből alakult ki koncepciónk a környezet, belső állapot és a magatartáselemek közötti összefüggésekről, amit a következőkben foglalunk össze.

A szeminaturális környezetben tartott kis csoportokon végzett megfigyeléseket (Csányi és mt. 1984b) tekintjük viszonyítási alapnak. A szeminaturális környezetben élő paradicsomhalak idejük legnagyobb részét (kb. 65%) aktív magatartási elemekkel töltik, amelyekben sok a lassú mozgás (MOZ, 30%) és a gyorsabb úszás (USZ, 17%), ezeket gyakran szakítja meg légvétel (LÉG), csipe-

getés (CSIP), valamint szociális kontaktus (SZO, 10%). A passzív elemek közül kb. egyforma arányban (16—16%) figyelhető meg a LEB (ez rendszerint a hímek által épített habfészkek körüli tevékenység során figyelhető meg) és a KÖZ. A maradék néhány százalékot kitevő idő a többi passzív elem között oszlik meg. Teljesen hiányzik a CKC, nagyon ritka a FER, a SZA a LEN és a DER.

Ha a paradicsomhalak viselkedését különbözőképpen összeállított *ismeretlen* környezetbe helyezve figyeljük, azt egészen más elemek jellemzik, és az egyes magatartáselemek előfordulása, valamint a szokatlan környezet averzív tulajdonságai között szoros összefüggés mutatható ki. Az averzív hatás növeléséhez olyan eszközöket használtunk, mint enyhe elektromos áram, az akvárium felett hirtelen elinduló forgó korong (amelynek két szemben álló negyede feketére, másik kettő fehérre volt festve), valamint az akvárium falainak átláthatósága, illetve borítottsága. Ezeket a jegyeket kilencféle kombinációban vizsgáltuk, és kerestük az egyes környezetekre jellemző magatartáselem-csoportokat. Általában jellemző, hogy az átlátszó falú akváriumokban az idő legnagyobb részét a MEN tölti ki, míg az átlátszatlan medencékben, különösen erős averzív inger mellett a DER és egyéb passzív elemek. Az egyes elemek előfordulási arányait standardizálva és cluster-analízist végezve a 10. ábrán látható elemcsoportokat találtuk. Egy clusterbe került az USZ, MOZ, LÉG, KÖZ elem, éppen azok, amelyek a CSIP-pel együtt a domináns aktív elemei a szeminatúrális környezetnek. A passzív elemek egy csoportja a LEB, LEN és a DER szintén egy clustert alkotnak, itt meg kell jegyeznünk, hogy az új környezetekben a LEB sohasem a fészkepítéssel kapcsolatos, tehát nem tekinthető azonosnak a szeminatúrális környezetben megfigyelt LEB-el. Ugyancsak külön csoportba került az aktív MEN és a passzív FER. Ezek az elemek tulajdonképpen a menekülés aktív, illetve passzív formáinak tekinthetők.

Egy másik kísérletben (Csányi és mt. 1985) vizsgáltuk a domináns és szubordinált helyzet hatását nőstény paradicsomhalakra.



10. ábra

Különböző, nem ismerős környezetekbe helyezett paradicsomhalakon megfigyelt magatartáselemek dendogramja

(Csányi és mt. 1984)

A domináns állatra jellemző elemek a MOZ, USZ, ORI, CSIP, KÖZ. A szubordinált paradicsomhal aktív elemeinek aránya csak fele a dominánsénak, ennek is nagy része ORI, ami a domináns egyed aktivitására adott válaszreakciónak értelmezhető. Teljesen hiányzik a CSIP, nagyon alacsony a KÖZ és a MOZ, ellenben megjelenik a FER, valamint a DER (55%), ez utóbbi a domináns állatnál is magas (24%), amit további megfigyelések alapján az ebben a kísérletben használt szűk kísérleti akváriumnak (6 l) lehet tulajdonítani. A domináns állatot tehát a DER-től eltekintve pontosan azokkal az elemekkel jellemezhetjük, amelyek a szeminaturális környezetben is jellemzőek, míg a szubordináció a passzív elemekkel jár együtt.

Vizsgáltuk hirtelen megjelenő averzív inger hatását idegen kis-méretű környezetbe helyezett állatokon (Csányi és mt. 1985). Egy $20 \times 20 \times 20$ cm-es átlátszó akváriumba helyeztük a paradicsomhalakat, és tízperces habituáció után elindítottunk egy, az előbbiekben említett forgó korongot az akvárium felett. Itt jegyezzük meg, hogy a paradicsomhalakra az akvárium felett megjelenő árnyékok igen erős averzív hatással vannak, valószínűleg azért,

mert a természetes élőhelyen a halfogyasztó madarak a paradicsomhal legnagyobb pusztítói, ezért a felső, mozgó árnyéktól való menekülés adaptív értékű lehet. A forgó korong elindulása után percenként vizsgáltuk az éppen emittált magatartáselemeket. A habituációs periódus végét, a korong indítása előtt, igen magas százaléku (73%) MEN jellemezte. A korong indítása után ez tekintélyesen lecsökkent (6%), és az aktív elemek közül a CKC, az UGR és a SZA jelentkezett, a passzív elemek közül a LEN, FER, és DER volt domináns. A korong indítása utáni 2≈5. percben az aktív elemek közül a SZA magas aránya megmaradt, kezdett visszatérni a MEN és megjelent a CSU, de magasabb értékeket csak még később vett fel, a CKC és az UGR többet nem volt megfigyelhető. Figyelemre méltó az is, hogy a korong indítása utáni első percben volt az egyedek viselkedése a legváltozatosabb, később a variabilitás erősen lecsökkent.

Az eddig említett megfigyeléseket a következőképpen összegezhettük:

A paradicsomhal viselkedése leírható lazán kapcsolódó magatartáselemeket tartalmazó *viselkedéskomplexekkel*. Egy-egy komplex meghatározott belső állapotot tükröz, és bizonyos környezeti feltételekhez köthető. Az egyes belső állapotoknak megfelelő komplexek bizonyos mértékig átfedőek, egy-egy elem több komplexben is megjelenhet (pl. a légvétel minden, valamennyire is hosszabb ideig érvényesülő komplexben). Ugyancsak alkotóelem lehet az eltérő funkciójú komplexeknek az USZ, ami egyszerűen a lokomóció eleme, egyfajta alapaktivitás. A legfontosabb komplexek a következők:

A *territoriális komplex* (USZ, MOZ, KÖZ, CSIP, LÉG), amely a békés, otthon élő állatot jellemzi.

Az *emocionális komplex* (CKC, UGR, BUB, CSU, SZA, DEF) három alcsoportot tartalmaz. A CKC és az UGR magas félelmi szintet, illetve emocionalitást jelölnek, közvetlenül a veszélyforrás megjelenése után figyelhető meg, és részei az aktív védekezési komplexnek is. A CSU, SZA és a DEF a gátolt menekülés jellemzői, és egyfajta a passzív és aktív viselkedés közötti alternálásnak

tekinthetők. Végül a BUB elem általában pozitív izgalmi állapotot fejez ki.

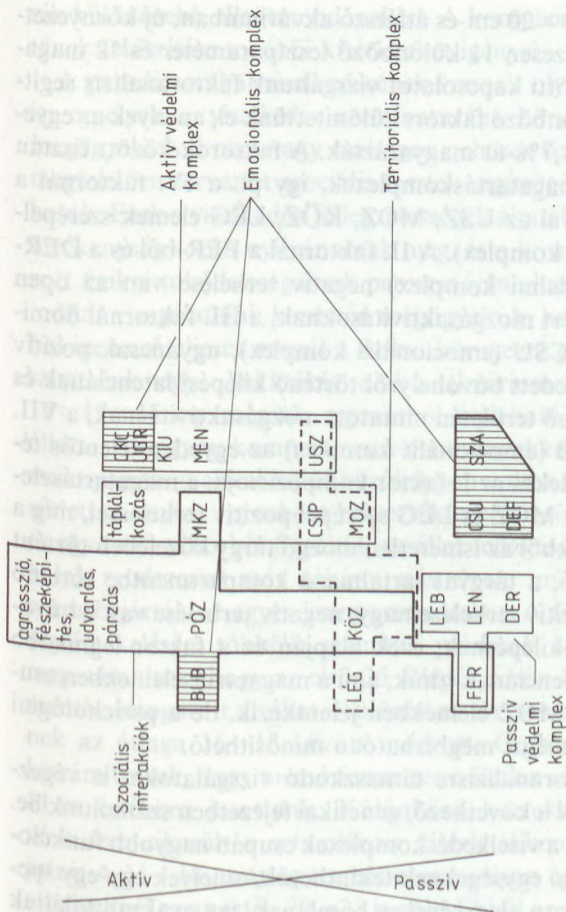
Az *aktív védelmi komplex* (MEN, CKC, UGR, KIU) a veszélyhelyzetből való menekülést szolgálja.

A *passzív védelmi komplex* (LEN, DER, FER, és részben a LEB) rendszerint akkor jelentkezik, ha az aktív menekülés nem lehetséges, vagy nem éri el célját.

Az elemek komplexekbe szerveződését mutatja a 11. ábra. Jellemző a szerveződésre, hogy az egyes komplexek eltérő elemei adott külső körülmények hatására részben helyettesíthetik egymást, ilyen pl. a DER, FER és a LEN. Egyes elemek egyértelmű környezeti kontroll alatt vannak, pl. a MEN csak az átlátható térben jelenik meg, a KIU csak akkor, ha az állatot körülvevő tér nem átlátszó részt, falat tartalmaz.

Ezeket az eredményeket számos további kísérlettel sikerült megerősíteni. Főkomponens-analízis segítségével vizsgáltuk, hogy az akvárium mérete, a szociális struktúra és az új helyen eltöltött idő hogyan befolyásolja a magatartási komplexeket (Csányi és Tóth 1985). Ha hímek és nőstények együtt kerülnek nagyobb akváriumba (200 l), az állatok viselkedését kezdetben egy explorációs fázis jellemzi, amelynek fő komponense az USZ és a SZA, ezután jelennek meg a territoriális komplexnek megfelelő elemek (MOZ, KÖZ, CSIP). A két komplex a főkomponens-analízis során jól elkülönült. Ha az állatokat egyenként helyeztük a nagy akváriumba, akkor kezdetben a menekülés volt a domináns elem, és sokkal magasabb az emocionális komponensek aránya. Kis akváriumba egyedenként elhelyezett állatoknál az explorációs fázis szinte teljesen hiányzik, dominál az eltávozási tendencia, ami a MEN elemben fejeződik ki.

Kültenyésztett populáció és beltenyésztett törzsek felhasználásával vizsgáltuk különböző pszichológiai tesztek halakra alkalmazott változatainak és a magatartási komplexeknek a kapcsolatát (Gervai és Csányi 1985, Gerlai és Csányi 1987). A tesztek között volt „open field”, egy ismeretlen mozgó tárgy megközelítése, fedett üregből való kilépés és hasonlók. A magatartási egysé-



11. ábra
A paradicsomhal magatartáskomplexeinek organizációja

(Csányi és mt. 1985)

güket egy $20 \times 20 \times 20$ cm-es átlátszó akváriumban, új környezetben mértük. Összesen 11 különböző tesztparaméter és 12 magatartási elem közötti kapcsolatot vizsgáltunk faktoranalízis segítségével. Hét különböző faktort különítettünk el, amelyek az egyedi variabilitás 68,7%-át magyarázták. A faktorok között tisztán megjelentek a magatartáskomplexek, így pl. a IV. faktornál a legnagyobb súllyal az USZ, MOZ, KÖZ, LÉG elemek szerepelnek (territoriális komplex). A II. faktornál a FER-ből és a DER-ből (passzív védelmi komplex) negatív terhelése van az open field-tesztben mért mozgásaktivitásoknak, a III. faktornál domináns a SZA és CSU (emocionális komplex), ugyancsak pozitív terhelése van a fedett búvóhelyről történő kilépési latenciának és az open field belső területén mutatott mozgásaktivitásnak, a VII. faktornál a BUB (emocionális komplex) az egyetlen jelentős tényező. Végül érdekes az I. faktor kompozíciója, a magatartáselemekből az USZ, MOZ és LÉG szerepel pozitív terheléssel, míg a tesztparamétereiből az ismeretlen mozgó tárgy közelében történt tartózkodási idő, a tárgyat tartalmazó kompartmentbe történő belépésszám pozitív terhelése nagy, negatív terhelése van a búvóhelyről történő kilépésnek, ezek alapján ez a faktor leginkább explorációs tendenciának tűnik, ami a magatartáselemekben csupán az USZ és MOZ elemekben jelentkezik, de a pszichológiai tesztek alapján mégis megbízhatóan minősíthető.

További faktoranalízisre támaszkodó vizsgálatokat is végeztünk, amelyekről a következő, genetikai fejezetben számolunk be. Valószínű, hogy a viselkedéskomplexek csupán nagyobb funkcionális szerveződési egységeknek tekinthetők, amelyek egy-egy speciális környezetben alegységekre bomlanak, így gyakran találjuk a passzív védelmi komplex egyes tagjait két különböző faktorban, ugyanez jellemző az emocionális komplexre is. Mindenesetre, ismerve a faktoranalízis limitációit, lényegesnek tartjuk, hogy különböző kísérleti helyzetekben, különböző genotípusú állatok esetében különböző számítási módszereket alkalmazva, némi átfedéssel nagyjából ugyanazokat a magatartási egységcsoportokat különíthetjük el, és e csoportok funkcionális jellemzése nem ütkö-

zik különösebb ellentmondásokba. A komplexek finomszerkezetének felderítése további kísérleteket igényel.

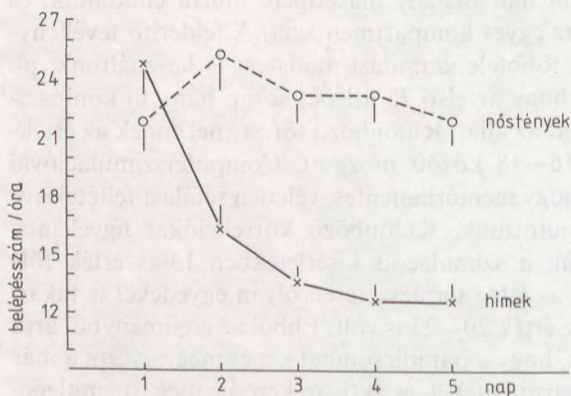
A paradicsomhal viselkedésének vannak olyan jellegzetességei is, amelyek a viselkedés szeminaturális környezetben történő megfigyelésével nem vagy csak igen nehezen fedezhetők fel, csak megfelelően tervezett speciális tesztek segítségével tanulmányozhatók. Ezek a viselkedési jellegzetességek általában az explorációs tevékenység során nyilvánulnak meg, és a környezet meghatározott fizikai tulajdonságainak percepcióján alapulnak.

Már vizsgálataink kezdetén megfigyeltük, hogy a paradicsomhal igen erőteljesen reagál a fizikai környezet gazdagságára. Készítettünk egy „sakktábla alakú akváriumot”, amely 25 db $15 \times 15 \times 15$ cm méretű, egymásból átjárható kompartmentből állott. Az egyes kompartmentek növényekkel, kavicsokkal és műanyag tárgyakkal különbözőképpen voltak berendezve. A kísérleti állatokat egyenként helyeztük a középső kompartmentbe, és egy felső tükörből figyeltük az állat mozgását. A paradicsomhalak rendszerint már néhány másodperc múlva elindultak, és sorra bejárták az egyes kompartmenteket. A felderítő tevékenység értékelésére többféle számítási módszert is használtunk, pl. megszámoztuk, hogy az első 25 átlépés során hány új kompartmentbe látogatott az állat. Különböző törzseknél ennek az értéknek az átlaga 16—18 között mozgott. Computerszimulációval kiszámítottuk, hogy memóriamentes, véletlen sétálást feltételezve 11-es értékhez jutottunk. Különböző korrekciókat figyelembe véve sem sikerült a szimulációs kísérletekben 13-as érték fölé jutni. A 16—18-as átlag természetesen olyan egyedeket is takar, amelyeknél ez az érték 20—23 is volt. Ebből az eredményből arra következtettünk, hogy a paradicsomhal képes megjegyezni a már látogatott kompartmenteket, és aktívan keresi a még ismeretleneket (*Székely és mt.* 1978).

Más kísérletben egy kereszt alakú akváriumot alkalmaztunk, amelynek négy szárát műanyag lemez zárta el, a lemezen 3 cm átmérőjű nyílással. Számítógéphez kötött fotoelektronikus berendezéssel rögzítettük az egyes rekeszekbe történt belépések számát,

és az ott töltött időt. Mint a 12. ábrán látható, a paradicsomhal még a teljesen üres berendezésben is folyamatosan bejárja a rendelkezésére álló területet (Csányi és Csizmadia 1990). Ez az aktivitása több hét után sem csökken. Ugyancsak kimutatható, hogy az üres akváriumba helyezett növények vagy egyéb tárgyak növelik az átlépésszámot. Idővel a hímek valamelyik kompartmentben jelentősen több időt töltenek, mint a többiekben. A nőstényeknél ez a viselkedés nem figyelhető meg.

Miután a paradicsomhal természetes élőhelyén megszokott dolog a környezet kompartmentalizációja, vizsgáltuk, hogy a fizikai környezet milyen tényezői befolyásolják egyik kompartmentből a másikba történő áthaladását (Tóth és Csányi 1989). Megállapítottuk, hogy a térfélváltást befolyásolja a fogadó kompartment megvilágítása (a sötétebb tér averzív hatású), a kompartmenthez vezető nyílás mérete. Ha a nyílás a paradicsomhal testátmérőjének háromszorosát nem haladja meg, akkor ez késlelteti a belépést. Ugyanilyen hatású az elhagyandó kompartment falainak



12. ábra

A paradicsomhal környezetfűrkésző aktivitása

Paradicsomhalakat egyenként helyeztünk egy kereszt alakú akváriumba, és öt napig figyeltük az egyes „karok” látogatottságát, csoportátlagokat ábrázoltunk (n = 12 hímeknél, n = 12 nőstényeknél).

(Csányi és Csizmadia 1990)

átlátszósága, mivel a paradicsomhal általában előnyben részesíti az átlátszó üvegfalon történő menekülési kísérletet az átlépéssel szemben. Ha mindkét kompartment átlátszatlan, akkor a megvilágítás és az átvezető nyílás mérete játszik fontos szerepet.

Vizsgáltuk azt is, hogy milyen fizikai tényező tesz egy fizikai teret a paradicsomhal számára egy vagy két kompartmentté (Csányi és Tóth 1990). Egy keskeny, hosszú akváriumot két részre osztottunk üvegből vagy zöld műanyagból készült különböző szélességű lécekkel, és vizsgáltuk, hogy a paradicsomhalak mozgásmintázata hogyan változik a lécek szélességének növelése során. Azt találtuk, hogy az átlátszatlan műanyag léceket a paradicsomhalak már akkor is felismerik, ha azok 1 mm szélesek csupán, de az akvárium falai mentén történő mozgásukat a halak csak jóval szélesebb, kb. 10 mm feletti lécből álló kapu esetében változtatják meg. Az ennél szélesebb lécekből álló kapuknál az állatok sokáig maradnak a kiindulási kompartmentben, és végül azt mindig az akvárium középső részén hagyják el, a keskeny lécek esetében mozgásukat a teljes rendelkezésre álló oldalfalon végzik, csupán a kis akadályt képező léceket kerülik meg. A paradicsomhal tehát képes megkülönböztetni az egy vagy két kompartmentből álló fizikai teret. Ennek a képességnek az esetleges adaptív értéke további vizsgálatok tárgya lehet.

F. A VISELKEDÉS GENETIKAI VIZSGÁLATA

A hagyományos magatartásgenetikai vizsgálatokban az összehasonlító pszichológiai tesztek egyes változóinak genetikai variabilitását vizsgálják, beltenyésztett törzseken és azok hibridjein (Broadhurst 1960, Royce és Mos 1979), újabban rekombináns törzsek (Eleftheriou és *mt.* 1974) felhasználásával. Az etológiai szemlélet térhódítása a magatartástudományokban felkeltette az érdeklődést az etológiai kritériumok alapján meghatározott fajspecifikus viselkedési jegyek genetikai hátterének vizsgálatára is (Abeelen 1979, Henderson 1986), bár egészen a legutóbbi időkig

meglepően kevés ilyen vizsgálatot végeztek (*Rothenbuhler* 1964, *Abeelen* 1975, *Vadász és mt.* 1983).

Ennek valószínűleg az az oka, hogy a patkányon, egéren és háziállatokon kívül más állatokból nemigen állanak rendelkezésre a hagyományos genetikai technikákhoz szükséges beltenyésztett törzsek. Az etogenetika művelését azért tartjuk igen fontosnak, mert a természetes környezetben élő állatok megfigyelésénél a környezeti és a genetikai variabilitás tényezői együttesen jelentkeznek, és igen nagymértékben megnehezítik a magatartási szabályozó mechanizmusok tiszta elkülönítését. Genetikailag homogén törzsek segítségével a környezeti hatások, tanulás során kialakuló változások nagy biztonsággal felismerhetők, másrészt az etológiai kritériumok alapján meghatározott természetes magatartási jegyek kitűnő taxonómiai bélyegek, amelyek genetikai mechanizmusának felderítése értékes ismereteket nyújthat a magatartás szerveződéséről és evolúciójáról is.

A paradicsomhalból kialakított beltenyésztett törzsek jellemzésére és ellenőrzésére megfelelő genetikai markereket izoláltunk (*Gervai és Csányi* 1984, *Monostory és mt.* 1984, *Gervai* 1986). A beltenyésztett törzsek és hibridjeik vizsgálata mellett a gerinces állatok genetikájának a legfejlettebb eszköze a rekombináns törzspopuláció vizsgálata. Ezt a módszert legelőször *Bailey* (1971) használta egereken. Két, egymástól sok tulajdonságban különböző beltenyésztett egértörzs keresztezésével F_1 hibrideket készített, és ezekből 39 generáción keresztüli testvérpárosítással homozigóta törzseket alakított ki. Miután a két eredeti szülői törzs homozigóta volt, a homozigóta törzsek e két törzs genomjának véletlenszerű kombinációit hordozzák. A szülői fenotípusoknak a megoszlása a törzspopulációban olyan adatokat szolgáltat, amelynek segítségével a genetikai architektúra számos fontos paramétere meghatározható. A rekombináns törzsek segítségével magatartási fenotípusokat — elkerülés (*Oliverio és mt.* 1972), agresszió (*Eleftheriou és mt.* 1974), tanulási képesség (*Oliverio és mt.* 1973) — is vizsgáltak sikeresen (a genetikai technikák részletesebb ismertetését lásd *Csányi* 1984).

Halakon mesterséges gynogenezis (a szűznemzés speciális formája) segítségével a testvérpárosításnál is gyorsabban lehet beltenyésztett törzsekhez jutni (Nagy és Csányi 1982, 1984). A paradicsomhalakból gynogenezis alkalmazásával készítettünk rekombináns törzspopulációt is (Gervai és Csányi 1984, 1986a).

A különböző genetikai technikákkal a pszichológiai tesztek paramétereinek, valamint a magatartási egységeknek a genetikai architektúráját vizsgáltuk és hasonlítottuk össze. Az első ilyen vizsgálatban (Gervai és Csányi 1985) négy beltenyésztett törzs és a kültenyésztett populáció magatartását vizsgáltuk. Kitűnt, hogy az egyes törzsek mind a tesztparaméterekkel, mind pedig a magatartási egységek időbeli eloszlásával jól jellemezhetők és jól megkülönböztethetők. A magatartási egységek heritabilitása igen nagy volt, ami jól alátámasztja az eredeti meghatározásaink relevanciáját. A magatartási egységek eloszlása alapján a törzsek különböző csoportokba oszthatók, és az egyes csoportok jellemzői az egyes magatartási elemek kapcsolatára is utalnak. Így az új környezetben végzett etológiai összehasonlítás azt mutatja, hogy az egyes törzsek nagymértékben különböznek az USZ, SZA és CSU elemek időszázalékában, de e három elem együttes időszázalékában a törzsek között nincs szignifikáns különbség. Ez a megfigyelés megerősíti azt a már említett elképzelésünket hogy a SZA elem az USZ-ból származik, egy arra valamiképpen ráépülő gátlás következtében, valószínűleg ugyanilyen kapcsolat lehet az USZ és a CSU között, végül is mindhárom elem helyváltoztatásra szolgál, de ismeretlen környezetben, averzív ingerek jelenlétében a normálisan használt USZ helyén jelenik meg a SZA vagy CSU. Ezt támasztja alá a törzsek adatain végzett faktoranalízis is, a III. faktorban nagyobb pozitív terheléssel szerepel a CSU és a SZA, míg negatív a terhelése az USZ-nak. Fontos itt felhívni a figyelmet arra, hogy ebben az esetben az egyes magatartás-elemek egymásból származtathatóságáról van szó, nem pedig a korábban tárgyalt magatartási komplexekről, hiszen a CSU és SZA az emocionális komplex része, amelynek nem tagja az USZ. Valószínűleg új magatartás-elemek kifejlődését az evolúció során

éppen a már kialakult elemekre rátelepedő, eltérő szelekciós hatásokat tükröző új motivációs központ szabályozó hatása hozta létre, mint ezt általában feltételezik a ritualizáció esetében is (Wickler 1966).

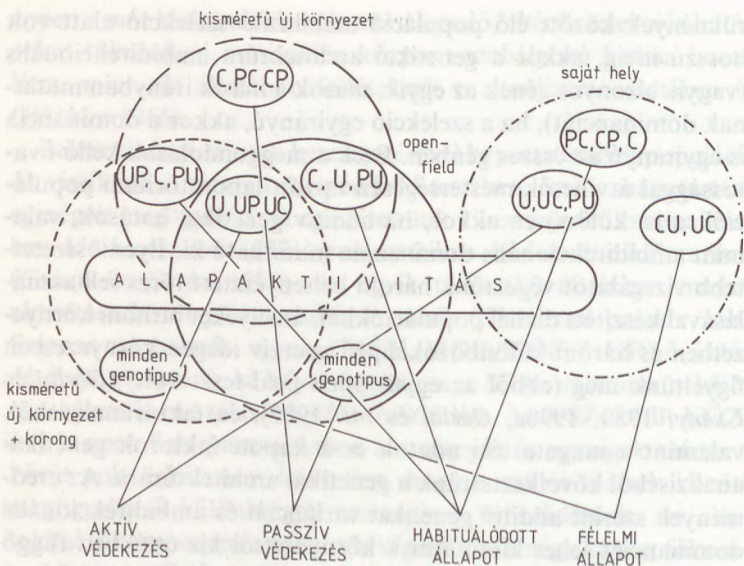
Beltenyésztett törzsek keresztezésével kapott mendeli populációk viselkedését vizsgáltuk open field-tesztben, amit a magatartásegységek megfigyelésével egészítettünk ki, és a genetikai analízisben Mather és Jink (1971) parametrikus módszerét alkalmaztuk (Csányi és Gerlai 1988). Az egyik törzs (U) általában magas aktivitással volt jellemezhető, a másik (P) viszont passzív volt. Számos magatartási egység (MEN, MOZ, KÖZ, UGR) öröklődésében mutatunk ki anyai hatást, és a SZA, valamint a LEN egység esetében szexhez kötött öröklődést. Az USZ, LEB, KÖZ, és két open field-paraméterben a szegregációs egységek száma 1 körül volt, tehát nem lehetetlen, hogy a szülői törzsek között megfigyelhető különbségek monogénes öröklődésűek. Az adatokkal főkomponens-analízist is végeztünk, a négy kapott főkomponens nagyjából megfeleltethető a korábban tárgyalt magatartási komplexek valamelyikének. Az egyedi faktorértékek alapján végzett genetikai analízis minden faktor esetében komplex genetikai architektúrát eredményezett.

Két szülői beltenyésztett törzssel (U és S), valamint az ezektől származó 16 rekombináns törzssel vizsgáltuk pszichológiai tesztek (16 féle paraméter) és 10 féle magatartási elem genetikai háttérét. A komplex analízisből egyértelműen kiderült, hogy a tesztparaméterek öröklődése komplex poligénes módon történik, míg a magatartáselemek megjelenésében megmutatkozó törzsi különbségek egyszerűbb, néhány-génes genetikai háttérre vezethetők vissza (Gervai és Csányi 1989a, 1989b). Hasonló eredményeket kaptunk korábban a dermedési fenotípus vizsgálatával (Kabai és Csányi 1978).

Nagyobb számú populáció megfelelő óvatossággal végzett genetikai analíziséből következtetni lehet a vizsgált jegyek evolúciós múltjára. Ilyen vizsgálatokban a legfontosabb az adott jegyre kifejtett szelekció típusát meghatározni. Ha egy természetes kö-

rülmények között élő populáció stabilizáló szelekció alatt volt hosszú ideig, akkor a genetikai architektúra ambidirekcionális (vagyis bizonyos gének az egyik, mások a másik irányban mutatnak dominanciát), ha a szelekció egyirányú, akkor a dominancia is egyirányú az összes génben. Ezek a megfontolások kellő óvatossággal átvihetők mesterségesen tartott laboratóriumi populációkra is, különösen akkor, ha additív genetikai hatások, valamint ambidirekcionális dominancia mutatható ki. Ilyen összetettebb vizsgálatot végeztünk három beltenyésztett törzs felhasználásával készített diallél populációkkal, amelyeket otthoni környezetben és három különbözőképpen averzív idegen környezetben figyeltünk meg (ebből az egyik open field-teszt volt) (Gerlai és Csányi 1989, 1990a, Gerlai és mt. 1989), és faktoranalízisből, valamint a magatartási adatok és a kapott faktorok genetikai analíziséből következtettünk a genetikai architektúrára. Az eredmények szerint additív genetikai varianciát és ambidirekcionális dominanciát lehet kimutatni a környezettől kis értékben függő mértékben minden magatartáselemnél és az ezekből adódó faktoroknál, vagyis az evolúció során a szelekció a köztes értékeknek kedvezett. Nyilvánvaló, hogy a minden helyzetben túlságosan aktív, vagy a minden helyzetben túlságosan passzív viselkedés szelekciós hátrányt jelentett. Elvileg is várható, hogy a komplex viselkedésformák elemeinél direkcionális szelekció ne alakuljon ki, mert a magatartás funkciója a legtöbbször nem szűkíthető le egyes magatartási elemekre, hanem valójában a magatartási komplexek hatékonyságában nyilvánul meg. Ugyanazt az adaptív funkciót többféle módon kielégítheti az idegrendszer az egyes magatartási elemek megfelelő, környezetspecifikus összerakásával.

A különböző környezetekben különböző törzsek egyedein végzett megfigyelések faktoranalízise azt mutatta, hogy az egyes faktorszerkezetek többé-kevésbé azoknak a magatartási komplexeknek felelnek meg, amelyekről már beszámoltunk, de a különböző környezetekben az egyes egyedek a *genotípusra jellemző* magatartási komplexeket mutatnak. Vagyis a törzsek közötti



13. ábra

A viselkedés genotípusfüggő tényezői

A nagy körök mutatják a különböző környezeteket, az ellipszisek jelzik az egyes faktorokat és azokat a genotípusokat, amelyek az adott környezetekben az adott faktor magas értékét mutatták.

(Gerlai és Csányi 1990a után)

genetikai különbségek az adott környezetnek megfelelő magatartási komplex kiválasztásában egyfajta speciális viselkedési stratégiában jelentkeznek (13. ábra).

III. A PARADICSOMHAL ÉS AZ ÉLŐ KÖRNYEZET

A. ÉLŐLÉNYEK FELISMERÉSE ÉS MEGKÜLÖNBÖZTETÉSE

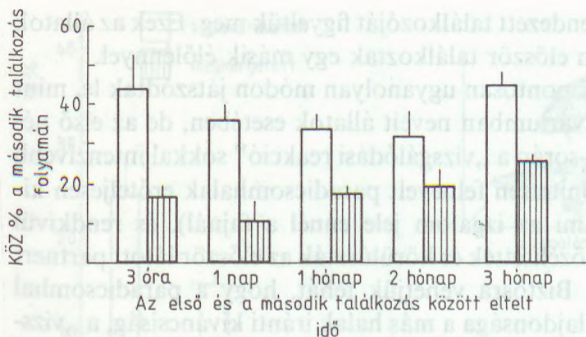
Az állatok számára az élő környezet, a fajtársak, ragadozók, a prédaállatok képezik a környezet legfontosabb komponenseit. Minden állat rendelkezik olyan viselkedési formákkal, amelyek az élő környezettel való kapcsolatát szabályozzák, és ezek egy része genetikai szabályozás alatt áll. Földi mókusok (*Owings* és *Cross*, 1977), prérrikutyák (*Owings* és *Owings* 1979) előzetes tapasztalatok nélkül is felismerik a ragadozókat, és a megfelelő védekező viselkedésformákat mutatják. Ragadozó modelleket használva *Curio* (1975) kimutatta, hogy naiv légykapók felismerik a természetes ragadozókat, de nem reagálnak az élőhelyükön nem található fajokra. *Hirsch* és *Bolles* (1980) hasonló eredményeket talált rágcsálókkal. Arra is van bizonyíték, hogy egyes fajok ragadozókkal szembeni viselkedését a tanulás is jelentősen befolyásolja (*Kruuk* 1976, *Curio* és *mt.* 1978).

Ebben a fejezetben bemutatunk néhány kísérletet, amelyekkel vizsgálni kívántuk a paradicsomhalak viselkedését békés természetű és ragadozó fajok jelenlétében, különös tekintettel arra, hogy a ragadozókkal történő kölcsönhatást milyen ingerek szabályozzák, és milyen tanulási folyamatot indukál a ragadozóval való találkozás. Kíváncsiak voltunk arra, hogy az összehasonlító pszichológia által hagyományosan alkalmazott passzív elkerülési kondicionálás folyamatai miként vethetők össze a természetes ragadozó kiváltotta tanulási folyamatokkal. A kísérletekhez a legtöbb esetben kültenyésztett paradicsomhalakat használtunk. Az alkalmazott ragadozókat (csukát és harcsát) is laboratóriumban neveltük, hogy a kísérleteknél alkalmazott manipulációkat, az akvárium körülményeket jól tűrjék. Táplálásuk folyamatosan megfelelő méretű paradicsomhalakkal történt, tehát a ragadozó szempontjából a paradicsomhal megszokott táplálék volt.

Legelőször azt vizsgáltuk, hogy miként reagál a paradicsomhal akkor, ha életében először találkozik valamilyen más halfaj egy

egyedével (Csányi 1985). A vizsgálatokhoz szeminaturális környezetet használtunk. A paradicsomhal az idegen faj (aranyhal vagy jóllakott csuka) egyedét mindig azonnal megközelítette, és egyértelműen „szemügyre vette”, azaz többször körbeúszta (gondosan elkerülve a ragadozó fejét), alaposan megvizsgálta. Ez a viselkedés a korábban már leírt MKZ magatartási elemmel azonos. A MKZ-t nemritkán a fajtársakkal szembeni használt agresszív uszonyfeszítés (POZ) szakította meg. Az idegen halak nem különösebben reagáltak a paradicsomhal vizsgálódására, az aranyhal rendszerint folytatta lassú úszkálását, a jóllakott csuka pedig a felszín alatt pihent. Ha a találkozót néhány óra, vagy néhány nap múlva megismételtük, akkor azt találtuk, hogy a paradicsomhalak jellegzetes vizsgálódása és agresszív viselkedése az első alkalommal megfigyeltnél jelentősen kisebb mértékű. A további találkozások során a vizsgálódási reakció időaránya még tovább csökkent. Figyelemre méltó azonban, hogy a reakció csökkenése sokkal gyorsabb volt a békés, mint a ragadozó halak esetében, noha ez utóbbiak, ebben a kísérletben, sohasem támadták meg a vizsgálódó paradicsomhalakat. A további kísérletekben egy élőlényről kialakult memória mértékének tekintettük a MKZ időszázalékának egy adott élőlényel való első két találkozás között mérhető csökkenését.

Megvizsgáltuk azt is, hogy a paradicsomhalak milyen hosszú ideig emlékeznek az idegen halakra (Csányi és *mt.* 1989). Azt találtuk, hogy a vizsgálódási reakciónak az első és második találkozó során megfigyelhető jellegzetes csökkenése a békés aranyhal esetében még akkor is kimutatható, ha a két találkozó között három hónap telt el (14. ábra). A paradicsomhal emlékezete tehát igen jó, hiszen az élettartama természetes körülmények között nemigen lehet több egy évnél, és ez az állat már háromhónapos korában felnőttnek számít. Végeztünk olyan kísérleteket is, amelyekben azt vizsgáltuk, hogy a már látott élőlény felismerése az egyed vagy magasabb kategória (pl. faji) jellegzetesség alapján történik-e. Nem jutottunk egyértelmű konklúzióra, sem bizonyítani, sem kizárni nem tudtuk az egyedi felismerést.



14. ábra

Az aranyhal vizsgálatával töltött idő százaléka az első és második találkozás között eltelt idő függvényében

Az oszlopok csoportátlagokat (\pm SE) mutatnak.

(Csányi és mt. 1989)

Bizonyos, hogy az idegen fajú halak felismerésében a szaglás is fontos szerepet játszik. Ha a paradicsomhalak szaglóiidegeit átvágjuk, az ismeretlen fajú egyeddel történő ismételt találkozások során a MKZ-reakció nem csökken olyan nagymértékben, mint a nem műtött állatoknál, 10—15 ismételt találkozás is szükséges ahhoz, hogy e reakció szignifikánsan csökkenjen. Tehát az idegen állatról kialakuló memórianyomok nemcsak a vizuális jellegekre vonatkoznak, hanem egészen bizonyosan tartalmazznak a szaggal kapcsolatos elemeket is (Miklósi és Csányi 1990b).

Sokat foglalkoztatott bennünket az a kérdés, hogy vajon a más élőlények iránti érdeklődés veleszületett tulajdonsága a paradicsomhalnak, vagy egészen korai élettapasztalatok tanítják-e meg, hogy megvizsgálja a környezetében előforduló élőlényeket?

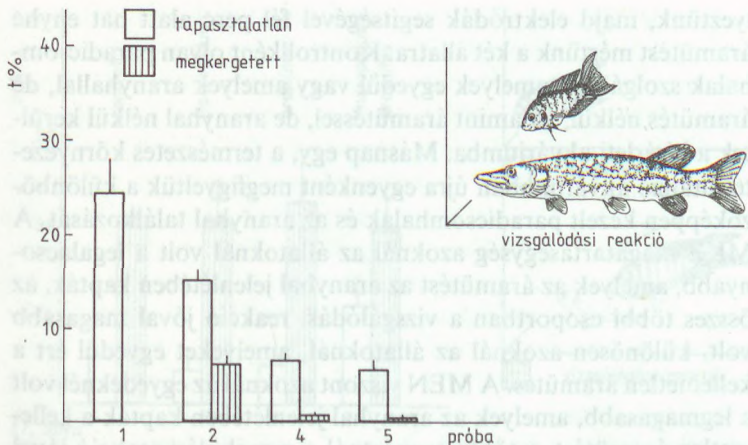
Ezt a kérdést klasszikus deprivációs kísérletekkel, olyan paradicsomhalak segítségével vizsgáltuk, amelyeket néhány sejtes embrió koruktól egyedenként elkülönítve neveltünk. Gondoskodtunk arról, hogy ne láthassák fajtársaikat vagy az állatgondozókat, és ne lássák az akváriumok üvegében a saját tükörképüket sem. Az így felnőtt paradicsomhalak aranyhállal vagy jóllakott

csukával megrendezett találkozóját figyeltük meg. Ezek az állatok tehát életükben először találkoztak egy másik élőlényel.

A találkozók pontosan ugyanolyan módon játszódtak le, mint a közösségi akváriumban nevelt állatok esetében, de az első néhány találkozó során a „vizsgálódási reakció” sokkal intenzívebb volt. Az elkülönítetten felnevelt paradicsomhalak erőteljesen kiszínesedtek, (ami az izgalom jele ennél a fajnál), és rendkívül szoroson megközelítették és körülúszták az először látott partnert (Csányi 1985). Biztosra vehetjük tehát, hogy a paradicsomhal veleszületett tulajdonsága a más halak iránti kíváncsiság, a „vizsgálódási reakció”. Az elkülönítetten nevelt halakkal néhány esetben megvizsgáltuk az életükben először látott *fajtársra* adott reakciót. Formájában ez sem különbözött a közösen nevelt, majd néhány napra elkülönített egyedek reakciójától, azonban az egyedek közötti interakció sokkal hosszabb ideig, esetenként órákig tartott, és igen intenzív volt. Ugyanilyen kitartó kölcsönhatást lehet megfigyelni akkor, ha a közösen nevelt felnőtt egyedeket hosszabb elkülönítési idő (3—4 hét) után hozzuk össze egymással, és nem tudtuk megkülönböztetni ezeket a reakciókat a már zigóta kortól folyamatosan elkülönítve nevelt állatok reakcióitól (Csányi és Tóth 1986).

A további kísérletekben azt vizsgáltuk, hogy hogyan reagál a paradicsomhal a támadó ragadozóra. Egyszerre 10—12 paradicsomhalat helyeztünk rövid időre az éhes csuka akváriumába. Az együtt úszó halrajból a ragadozónak sokkal nehezebb kiragadni a zsákmányt, a csuka ilyenkor kénytelen volt többször is kísérletezni a támadással, s így jónéhány percig eltartott, amíg sikerült egy paradicsomhalat megfognia. A sikertelen támadások közben a csuka a paradicsomhalakat alaposan megkergette, és néhányukat meg is harapta. Míg első áldozatának elnyelésével bajlódott, a többi, immár „tapasztalt” paradicsomhalat biztonságos helyre menekítettük. A kísérlet folytatásaként másnap egyenként helyeztük őket egy olyan akváriumba, amelyben egy jóllakott csuka volt.

A megfigyelések során kitűnt, hogy a „megkergetett” paradicsomhalak vizsgálódási reakciója nagymértékben lecsökkent a



15. ábra

Tapasztalt és naiv paradicsomhalak vizsgálódási reakciója jóllakott csuka jelenlétében

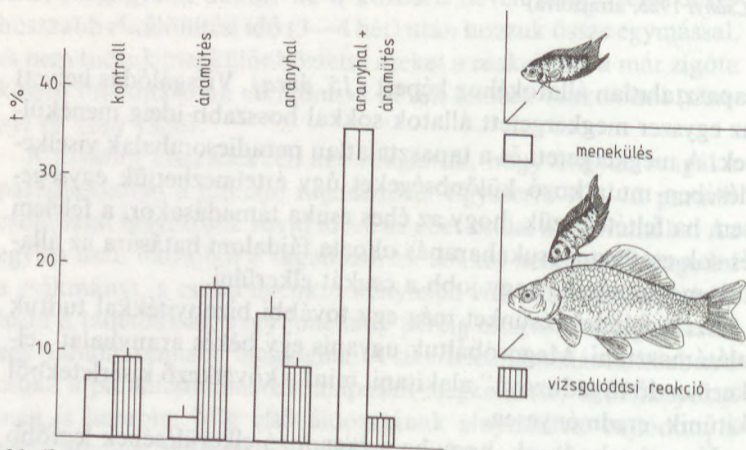
Az oszlopok csoportátlagokat (\pm SE) mutatnak (naiv: $n = 21$; tapasztalt: $n = 23$). (Csányi 1985, ábrázolva)

tapasztalatlan állatokéhoz képest (15. ábra). Vizsgálódás helyett az egyszer megkergetett állatok sokkal hosszabb ideig menekültek. A megkergetett és a tapasztalatlan paradicsomhalak viselkedésében mutatkozó különbségeket úgy értelmezhetjük egységesen, ha feltételezzük, hogy az éhes csuka támadásakor, a félelem és sok esetben a csukaharapás okozta fájdalom hatására az állatok megtanulták, hogy jobb a csukát elkerülni.

Ezt a feltételezésünket még egy további bizonyítékkal tudtuk alátámasztani. Megpróbáltuk ugyanis egy békés aranyhalat „elkerülendő ragadozóvá” alakítani, mint a következő kísérletekből kitűnik, eredményesen.

Úgy okoskodtunk, hogy ha a ragadozó elkerülésének legfőbb motívuma a paradicsomhalat a ragadozó jelenlétében érő fájdalom, akkor enyhe áramutések alkalmazása egy békés természetű aranyhal jelenlétében ez utóbbit is félelmissé teszi. Egy kisebb akváriumba egy aranyhalat és egyenként paradicsomhalakat he-

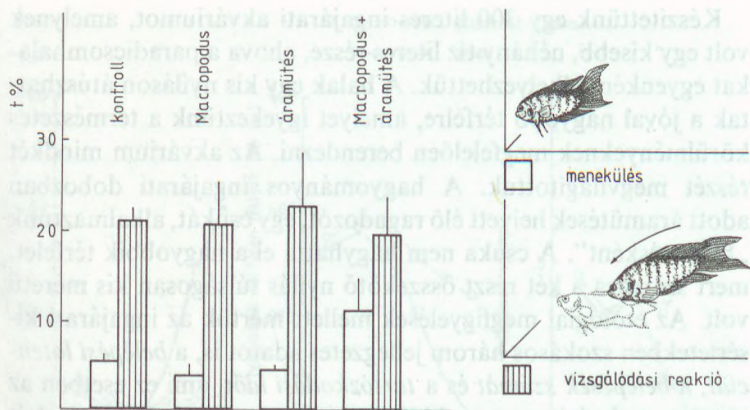
lyeztünk, majd elektródák segítségével fél perc alatt hat enyhe áramütést mértünk a két állatra. Kontrollként olyan paracicsomhalak szolgáltak, amelyek egyedül vagy amelyek aranyhállal, de áramütés nélkül, valamint áramütéssel, de aranyhal nélkül kerültek a kísérleti akváriumba. Másnap egy, a természetes környezetet utánzó akváriumban újra egyenként megfigyeltük a különbözőképpen kezelt paracicsomhalak és az aranyhal találkozását. A MKZ magatartásesség azoknál az állatoknál volt a legalacsonyabb, amelyek az áramütést az aranyhal jelenlétében kapták, az összes többi csoportban a vizsgálódási reakció jóval magasabb volt, különösen azoknál az állatoknál, amelyeket egyedül ért a kellemetlen áramütés. A MEN viszont azoknál az egyedeknél volt a legmagasabb, amelyek az aranyhal jelenlétében kapták a kellemetlen áramütést, a többi csoportnál a menekülési reakció jóval kisebb (16. ábra). Arra is rájöttünk, hogy áramütésekkel kizárólag idegen fajok egyedei „alakíthatók át” elkerülendő objektu-



16. ábra

A paracicsomhalak menekülési és megközelítési reakciójának időszázaléka, aranyhal jelenlétében, különböző előkezelések után

Az oszlopok csoportátlagokat (\pm SE) mutatnak ($n = 10$).
(Csányi 1985, átrajzolva)



17. ábra

A paradicsomhalak menekülési és megközelítési reakciójának időszázaléka fajtárs jelenlétében, különböző előkezelések után

Az oszlopok csoportátlagokat (\pm SE) mutatnak ($n = 10$).
(Csányi 1985, átrajzolva)

mokká. A kísérleteket ugyanis pontosan, az előbb leírt módon, elvégeztük úgy is, hogy az aranyhal helyett egy másik paradicsomhalat használtunk. A 17. ábrán mutatjuk be a kísérlet eredményét, a kezelt csoportok egyedeinek második találkozását a fajtárs paradicsomhalakkal. Látható, hogy a különböző kezelés ellenére a vizsgálódási reakció teljesen azonos mértékű, s ebben az esetben talán nem is vizsgálódási reakcióról, hanem „szociális kapcsolatról” van szó, noha megjelenésében a kettő e kísérletekben nem különböztethető meg.

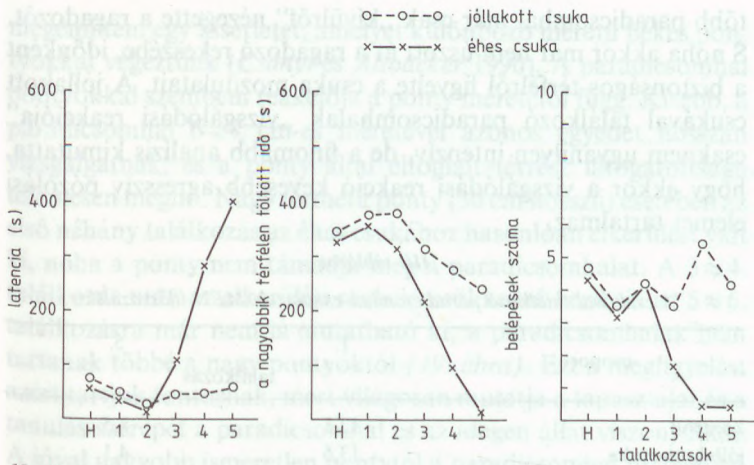
B. ELKERÜLÉSI STRATÉGIÁK

Minthogy az etológiai megfigyeléseinkből arra következtetünk, hogy a paradicsomhalnál a ragadozó elkerülésében fontos szerepet játszik a memória és a tanulás, érdemesnek láttuk, hogy megvizsgáljuk a paradicsomhal tanulási képességét az állatpszichológia módszereivel is.

Készítettünk egy 300 literes ingajáráti akváriumot, amelynek volt egy kisebb, néhány tíz literes része, ahova a paradicsomhalakat egyenként elhelyezhettük. A halak egy kis nyíláson átúszhattak a jóval nagyobb téréfélre, amelyet igyekeztünk a természetes körülményeknek megfelelően berendezni. Az akvárium mindkét részét megvilágítottuk. A hagyományos ingajáráti dobozban adott áramutések helyett élő ragadozót, egy csukát, alkalmaztunk „büntetésként”. A csuka nem hagyhatta el a nagyobbik téréfelt, mert számára a két részt összekötő nyílás túlságosan kis méretű volt. Az etológiai megfigyelések mellett mértük az ingajáráti kísérletekben szokásos három jellegzetes adatot is, a *belépési latenciát*, a *belépések számát* és a *tartózkodási időt*, ami ez esetben az ingajáráti akvárium nagyobbik, esetenként a csuka által lefoglalt részében töltött időt jelenti. Mielőtt a tulajdonképpeni kísérlet elkezdődött volna, hozzászoktattuk a halakat a berendezéshez (Csányi és Altbäcker 1990).

Három paradicsomhal-csoportot vizsgáltunk. A kontroll csoport egyedei az ingajáráti dobozban nem találkoztak csukával. A „támadó csuka”-csoport egyedei a nagyobbik térérszben éhes ragadozóval találkoztak, amely belépés után megtámadta, megkergette őket. Végül, a „jóllakott csuka”-csoport tagjai egy békésen álldogáló, előzőleg megetetett csukával találkoztak.

A 18. ábrán bemutatjuk a kísérlet három jellemző mértékének változását az egymást követő próbák során. Látszik, hogy ha a kontroll csoport tagjait egyesével a készülék kisebbik kompartmentjébe helyezzük, azok gyorsan átlépnek a másik téréfélbe, sokszor váltják a tartózkodási helyüket, és kb. azonos időt töltenek a két téréfelen. Ugyanez a helyzet akkor is, ha a nagyobb téréfelen jóllakott csukával találkoznak. A „támadó csuka”-csoportnál azonban minden másképpen alakul. Itt a csukával történt találkozások során a belépési latencia gyorsan emelkedik, és a kísérlet végén már csak kevesen lépnek be a csuka téréfelére, legtöbb egyed a kísérlet alatt a kisebbik kamrában úszkált. A belépésszám és a csuka téréfelen mért tartózkodási idő szintén gyorsan csökken. Világosan látható, hogy a támadó csuka tartóz-



18. ábra

A tanulást jellemző paraméterek változása a paradicsomhal ragadozóelkerülése során

Csoportátlagok (n = 20).

(Csányi és Altbäcker 1990a, módosítva)

kodási helyének elkerülését a paradicsomhalak megtanulták, míg a jóllakott ragadozónak nincsen ilyen hatása. Ez a változás megfelel a hagyományos tesztben megfigyelhető viszonyoknak, ha a paradicsomhalak belépését az egyik ténfélre elektromos sokkal büntetik (Brookshire és Hognander 1968).

A paradicsomhal—éhes csuka-találkozó lefolyása általában a következő volt. A paradicsomhal rendszerint gyorsan belépett a csuka ténfélére, és azonnal megközelítette a ragadozót, alaposan körbejárta, gyakran agresszív pózolással. Ha a csuka megtámadta, mindig uszonyfeszítő pózolással válaszolt, majd idővel visszahúzott a kisebbik rekeszbe, és a támadásokat követően egyre kevesebbszer hagyta el a biztonságos terepet. A vizsgálódást sokszor gyors visszafordulás és eltávolodás követte. Az intenzív kíváncsiság és vizsgálódás csak a csuka többszöri támadása után hagyott alább, és a negyedik-ötödik találkozó alkalmával a leg-

több paradicsomhal már csak „kívülről” nézegette a ragadozót. S noha akkor már nem úszott át a ragadozó rekeszébe, időnként a biztonságos térfélről figyelte a csuka mozdulatait. A jóllakott csukával találkozó paradicsomhalak „vizsgálódási reakciója” csaknem ugyanilyen intenzív, de a finomabb analízis kimutatta, hogy ekkor a vizsgálódási reakció kevesebb agresszív pózolási elemet tartalmaz.

III. táblázat

A csukával találkozó paradicsomhal-csoportok MEN-időszázaléka

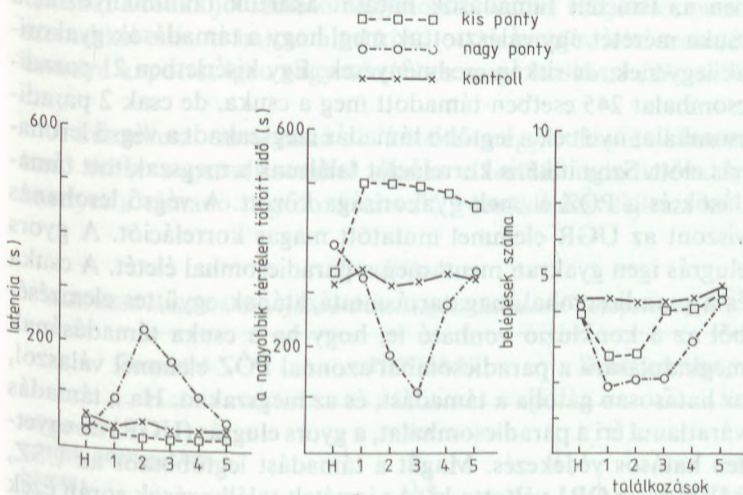
-csoport	1.	5.
	találkozás	
kontroll	12,1	8,5
jóllakott csuka	13,6	4,1
éhes csuka	15,0	2,0

Csányi és Altbäcker 1990a.

A III. táblázat a „vizsgálódási reakció”, valamint a menekülés időarányát mutatja az egyes csoportokban. Feltűnő, hogy a menekülés időaránya mindhárom csoportban nagyon alacsony, ellentétben azokkal a kísérletekkel, amikor csak egy kompartment állott az állatok rendelkezésére. Az eltérést azzal magyarázzuk, hogy az egy kompartmentes akváriumban a paradicsomhalak számára egyetlen menekülési lehetőségnek az eltávolodás látszott, amelyet az üvegfal akadályozott, ezért nagy a MEN időaránya, míg a két kompartmentes berendezésben a kisebbik rekeszbe történő átúszás eltávolítja őket a fenyegető ragadozótól, az üvegfalon keresztüli menekülési kísérlet szükségtelen.

A fenti kísérletek alapján teljesen egyértelmű, hogy az éhes, támadó csukával történt találkozás következményeképpen a paradicsomhalak a ragadozó térfelét elkerülik. Hasonló kísérleteket végeztünk más ragadozókkal, elsősorban harcsával is, és a kísérletek lefolyása hasonló volt. A ragadozó mint büntetés alkalmas egy adott térrész elkerülésének kondicionálására. Érdeemes még

megemlíteni egy kísérletet, amelyet különböző méretű békés pontyokkal végeztünk (Csányi és Altbacher 1990). A paradicsomhal pontyokkal szembeni reakciója a ponty méretétől függ. Kisebb, a paradicsomhal 6≈7 cm-es méretével azonos egyedek hosszán vizsgálhatunk, és a ponty által elfoglalt térrész látogatottsága tetemesen megnő. Nagy termetű ponty (30 cm hosszú) esetében az első néhány találkozás az éhes csukához hasonlóan elkerülést vált ki, noha a ponty nem támadja meg a paradicsomhalat. A 3≈4. találkozás után az elkerülési reakció csökkenni kezd, és az 5≈6. találkozással már nem is mutatható ki, a paradicsomhalak nem tartanak többé a nagy pontyoktól (19. ábra). Ezt a megfigyelést azért tartjuk fontosnak, mert világosan mutatja a tapasztalat és a tanulás szerepét a paradicsomhal és az idegen állat viszonyában. A jóval nagyobb ismeretlen pontytól a paradicsomhal nyilvánva-



19. ábra
A tanulást jellemző paraméterek változása a paradicsomhal és különböző méretű pontyok találkozási során

Csoportátlagok (n = 12).
(Csányi és Altbacher 1990a, módosítva)

lón fél, de miután az ismételt találkozások és az óvatos exploráció során semmiféle kellemetlenség nem éri, habituálódik a ponty jelenlétéhez.

Néhány kísérletben együtt vizsgáltuk a ragadozók, csuka, harcsa és a paradicsomhal viselkedését, annak felderítésére, hogy a különbözőképpen vadászó ragadozókkal szembeni védekezés megkülönböztethető-e (Altbäcker 1993). A csukával történő találkozás első perceit, akár jóllakott, akár éhes csukáról volt szó, az ORI és PÓZ elemek megjelenése jellemezte a paradicsomhal viselkedésében. A jóllakott csukához idővel hozzászokik, és mindkét elem időszázaléka tetemesen csökken. Ha az éhes csuka néhányszor támadással próbálkozik, a PÓZ gyakorisága tetemesen megnő. Itt említenénk meg, hogy a csuka támadásainak sikerét elég jól lehet befolyásolni a csuka és a paradicsomhal méretének megválasztásával (Hoogland és *mt.* 1957). Mivel kísérleteinkben az ismételt támadások hatását akartuk tanulmányozni, a csuka méretét úgy választottuk meg, hogy a támadások gyakoriak legyenek, de ritkán eredményesek. Egy kísérletben 21 paradicsomhalat 245 esetben támadott meg a csuka, de csak 2 paradicsomhalat nyelt el, a legtöbb támadás megszakadt a végső lerohanás előtt. Szignifikáns korrelációt találtunk a megszakított támadások és a PÓZ elemek gyakorisága között. A végső lerohanás viszont az UGR elemmel mutatott magas korrelációt. A gyors elugrás igen gyakran menti meg a paradicsomhal életét. A csuka és a paradicsomhal magatartásmintázatának együttes elemzéséből az a konklúzió vonható le, hogy ha a csuka támadásának megindulására a paradicsomhal azonnal PÓZ elemmel válaszol, az hatásosan gátolja a támadást, és az megszakad. Ha a támadás váratlanul éri a paradicsomhalat, a gyors elugrás (UGR) az egyetlen hatásos védekezés. Magát a támadást legtöbbször az USZ, MEN és az ORI váltotta ki. Az ismételt találkozások során ezek gyakorisága erősen csökkent, és ezzel együtt nőtt a csuka által elfoglalt rekeszbe történő belépés latenciája.

A harcsának egészen apró szemei vannak, és a préda felfedezésében inkább a vibrációkra érzékeny bajuszai segítik. A harcsa

jelenlétében is magas a KÖZ elem, de ellentétben a csukáéval, a harcsa jelenléte nem indukálja a PÓZ elemet. A harcsa a paradicsomhal mozgására reagál, támadását a USZ, MEN váltja ki. Ezen elemek gyakorisága ismételt támadások során csökken, a KÖZ változatlanul magas marad, és hiányzik a PÓZ, valamint éppen úgy, mint a csuka esetében, megnövekszik a belépési latencia. A támadások elleni védekezés legfőbb formája a harcsával szemben az elugrás (UGR).

Egy további kísérletben, amelyben különböző modellekkel vizsgáltuk a kulcsingerek szerepét a ragadozók felismerésében, szintén összehasonlítottuk a paradicsomhalnak a csuka, a harcsa és egy „preparált” harcsa jelenlétében megfigyelhető magatartáselemeit. A preparációt két vékony dróton függő üvegszemnek a harcsára történő erősítésével végeztük (Altbäcker és Csányi 1990). Világosan kitűnt, hogy a csukával szemben megfigyelt védekezési taktikát a csuka jól látható nagyméretű szemei váltják ki, mert a szemekkel ellátott harcsa által kiváltott uszonyfeszítési reakció a csukára kapottat igen nagymértékben megközelítette (IV. táblázat).

A két rekeszt tartalmazó akváriumban egyértelműen kimutatható tehát a paradicsomhal sikeres elkerülési kondicionálása, amelyet a támadó ragadozóval való kölcsönhatás fejleszt ki. A

IV. táblázat

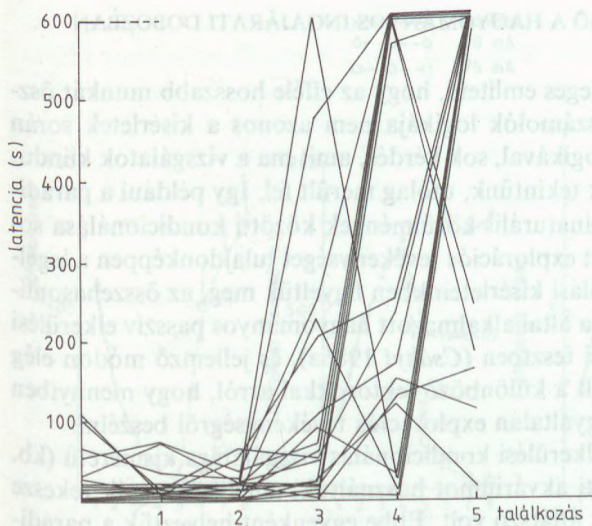
Különböző kezelések befolyása a PÓZ magatartáselemre. (Csoportátlagok)

Csoportok	PÓZ idő %	Duncan-ranges
szivacstest	0,4	
szemek önmagukban	0	
harcsa	3,1	
szivacstest + szemek	9,3	
harcsa + szemek	11,6	
csuka	23,1	

Altbäcker és Csányi 1990a.

paradicsomhal különböző elkerülési stratégiákat mutat attól függően, hogy milyen ragadozóval kerül szembe, az elkerülés módját a fizikai környezet is erősen befolyásolja, hiszen az egy kompartmentes térben a MEN az egyetlen lehetséges stratégia, míg a két kompartmentes akváriumban a ragadozót tartalmazó térfél elkerülése. A paradicsomhal tanulása tehát nyilvánvaló, szerettük volna a tanulási folyamat és a magatartáselemek közötti kapcsolatot, ha van ilyen, felderíteni. Megvizsgáltuk tehát, hogy az elkerülésre sikeresen kondicionált paradicsomhalaknál kimutatható-e valamiféle korreláció a sikeres elkerülés (a belépési latencia növekedése) és a megelőző események valamelyike, pl. a ragadozó térfélén való tartózkodási idő, a ragadozó támadásainak száma stb. között. Semmiféle ilyen összefüggést nem sikerült találni. Ha a sikeresen kondicionált csoport elkerülési latenciájának *átlaga* helyett az egyes egyedek adatait ábrázoljuk, mint ezt korábban már Krecsevszkij (1932) is igen hatékonyan alkalmazta, kiderül, hogy a kondicionálási folyamat nem fokozatosan zajlik, mint azt a csoportátlagot bemutató görbe sugallja, hanem egy minden vagy semmi jellegű esemény (*20. ábra*). A paradicsomhal a kondicionálási kísérlet során rendkívül intenzív explorációs tevékenységet végez, gyakran kerül kölcsönhatásba a ragadozóval, megkergetik, esetleg megharapják, mindezek ellenére az explorációs tevékenység magas szintű marad, majd egyik kísérletről a másikra a paradicsomhal kívül marad a ragadozó kompartmentjén, a megfigyelő megfogalmazása szerint ekkor „teljesítette” a kondicionálási feladatot. A ragadozó elkerülése nem végleges, még a többször megtámadott állatok is időnként újra felkeresik a ragadozót, noha ennek gyakorisága nem túlságosan nagy, de elegendő ahhoz, hogy az átlagos tanulási görbét 90—95%-os teljesítményszint közelében tartsa.

Ezek a megfigyelések a tanulás hagyományos koncepciójával, a fokozatossággal nincsenek összhangban, úgy tűnik, hogy a paradicsomhalban a szokatlan ingerek elsősorban *explorációt* indukálnak, ennek a tevékenységnek a motivációja igen nagy, és csak hosszabb idő után, habituáció vagy az esetlegesen kialakult féle-



20. ábra
Egyes egyedek latenciája éhes csuka elkerülése során

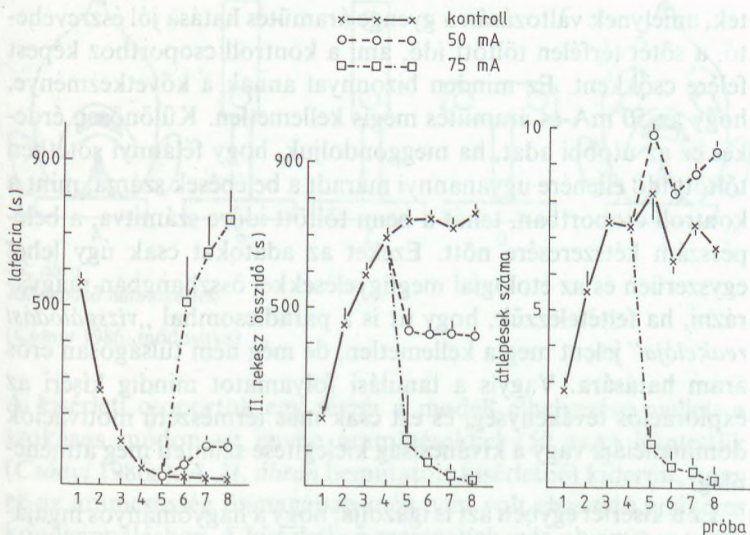
($n = 20$)
(Csányi és Altbäcker 1990a, módosítva)

lem hatására hogy időlegesen alább. Az exploráció közben minden valószínűség szerint kialakul az eseményekkel kapcsolatos memória is, de ez csak akkor veszi át a paradiplomha aktuális tevékenységének irányítását, esetünkben a megfelelő elkerülési tevékenység létrehozását, ha az exploráció motivációja már kellőképpen lecsökkent. Maga a tanulási folyamat, gondolunk itt az idegen fajú halakkal kapcsolatos memória gyors és tartós kiépülésére, valószínűleg nem fokozatos, hanem minden vagy semmi típusú.

C. EXPLORÁCIÓ A HAGYOMÁNYOS INGAJÁRATI DOBOZBAN

Talán felesleges említeni, hogy az efféle hosszabb munkát összefoglaló beszámolók logikája nem azonos a kísérletek során alkalmazott logikával, sok kérdés, amit ma a vizsgálatok kiindulási pontjának tekintünk, utólag merült fel. Így például a paradicsomhal szeminaturális körülmények közötti kondicionálása során kimutatott explorációs tevékenységet tulajdonképpen a legelső kondicionálási kísérleteinkben figyeltük meg, az összehasonlító pszichológia által alkalmazott passzív elkerülési kondicionálási tesztben (Csányi 1986a), és jellemző módon elég sok vitánk volt a különböző lektorokkal arról, hogy mennyiben van jogunk egyáltalán explorációs tevékenységről beszélni.

A passzív elkerülési kondicionálás vizsgálatára kisméretű (kb. 16 l) ingajárati akváriumot használtuk, amelynek egyik rekesze sötét, a másik átlátszó volt. Ebbe egyenként helyeztük a paradicsomhalakat tíz napon át, naponta negyedóra. Az első hat alkalommal a halak csak „ismerkedtek” az ingajárati dobozzal, semmiféle kellemetlenség nem érte őket. Hamarosan megszokták a berendezést, az idő nagyobb részét a sötét téréfelen töltötték, de elég gyakran, egy-egy próba alatt 7–8 alkalommal is kijöttek, és körülúszkálták a berendezés világos téréfelét is. Legelőször azt vizsgáltuk meg, hogy a sötét téréfelen enyhe áramütéseket alkalmazva, hogyan tanulja meg a paradicsomhal, hogy a sötétkamrát elkerülje. Mértük a belépési latenciát, a sötét téréfélre való belépések számát, valamint a sötét tartózkodási időt. Ez a három mérték nagyon jól tükrözi a tanulási folyamatot. A 21. ábrán bemutatjuk, hogy hogyan változnak ezek az értékek akkor, ha 50, illetve 75 mA erősségű áramütésekkel büntetjük a sötét téréfélre úszását. A nagyobb áramerősséggel „büntetett” csoport viselkedése teljesen egyértelmű. Az áramütések hatására lecsökken a belépések száma, és a tartózkodási idő, valamint jelentősen megnövekszik a belépési latencia, húsz állatból az utolsó próbán mindössze három lépett be rövid időre a sötét rekeszbe. A paradicsomhalak tehát kitűnően s gyorsan megtanulták, hogy a kelle-



21. ábra

Tesztparaméterek változása a paradicsomhal sötételkerülése során

Csoportátlagok (\pm SE) (n = 20)
 (Csányi 1986, módosítva)

metlen kamrát elkerülik. Bonyolultabb a gyengébb árammal kezelt állatok viselkedésének értelmezése.

A büntetlen kontroll csoport és az 50 mA áramütésekkel büntetett állatok esetében az átlagos belépésszámok nagyjából azonosak az egész kísérlet során, vagyis a paradicsomhalak az enyhe áramütések ellenére ugyanolyan gyakran lépnek a sötét térfele, mintha ott nem érné őket semmiféle kellemetlenség. A belépési latencia ugyan az 50 mA csoportban kicsit megemelkedik, de a kontrolltól való eltérése nem szignifikáns, vagyis tanulás nem mutatható ki. Ez persze nem feltétlenül jelenti azt, hogy az állat nem emlékszik a kellemetlen tapasztalatra, csupán annyit állíthatunk, hogy ez a tapasztalat nem annyira kellemetlen, hogy a paradicsomhal a sötét térfelet teljesen elkerülje. Az egyetlen mér-

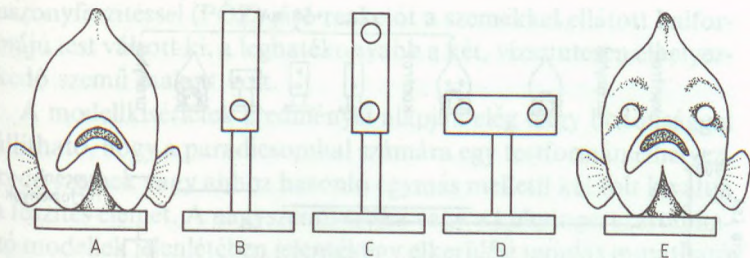
ték, amelynek változásán a gyenge áramütés hatása jól észrevehető, a sötét térfélen töltött idő, ami a kontroll csoporthoz képest felére csökkent. Ez minden bizonnyal annak a következménye, hogy az 50 mA-es áramütés mégis kellemetlen. Különösen érdekes ez az utóbbi adat, ha meggondoljuk, hogy félannyi sötétben töltött idő ellenére ugyanannyi maradt a belépések száma, mint a kontroll csoportban, tehát a benn töltött időre számítva, a belépésszám kétszeresére nőtt. Ezeket az adatokat csak úgy lehet egyszerűen és az etológiai megfigyelésekkel összhangban magyarázni, ha feltételezzük, hogy itt is a paradicsomhal „vizsgálódási reakciója” jelent meg a kellemetlen, de még nem túlságosan erős áram hatására. Vagyis a tanulási folyamatot mindig kíséri az explorációs tevékenység, és ezt csak más természetű motivációk dominanciája vagy a kíváncsiság kielégítése szünteti meg átmenetileg.

Ez a kísérlet egyben azt is igazolja, hogy a hagyományos ingajáratí dobozban mérhető adatokból kellő körültekintéssel jogosan lehet következtetni a természetes körülmények között bekövetkező folyamatokra, de teljes értékű analízist csak akkor végezhetünk, ha szemügyre vesszük az etológiai megfigyelések révén nyert adatokat is.

D. KULCSINGEREK A TANULÁSBAN

Ebben a fejezetben azokat a kísérleteinket mutatjuk be, amelyek során azt vizsgáltuk, hogy a paradicsomhal esetében a ragadozó elkerülésével kapcsolatos tanulási folyamatban, illetve az azzal kapcsolatos explorációban milyen szerepe van a különböző kulcsingereknek?

Egy modellsorozatot készítettünk, amelynek tagjai egyre jobban hasonlítottak egy igazi halra (22. ábra). A modelleket a kisebb méretű ingajáratí dobozban próbáltuk ki. Kondicionálási kísérleteket végeztünk azzal a módosítással, hogy a szoktatási idő (6 próba) után valamelyik modellt is elhelyeztük a sötét térfélen.

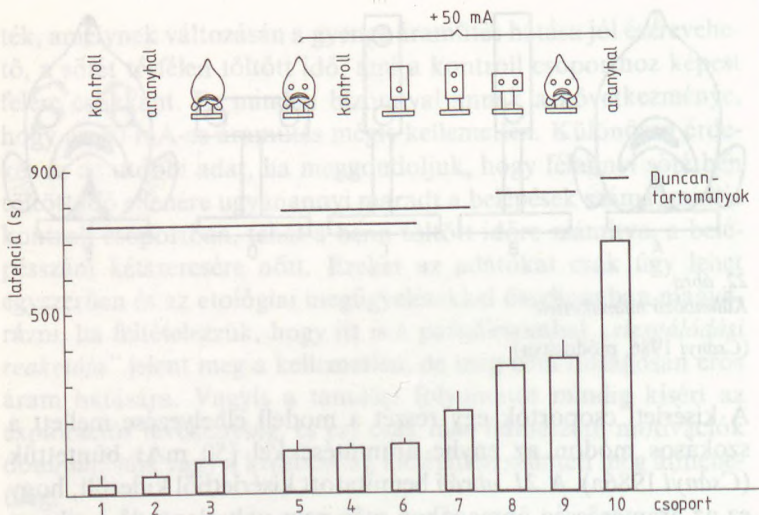


22. ábra

Különböző halmakettek

(Csányi 1986, módosítva)

A kísérleti csoportok egy részét a modell elhelyezése mellett a szokásos módon az enyhe áramütésekkel (50 mA) büntettük (Csányi 1986a). A 21. ábrán bemutatott kísérletből kiderült, hogy ez az áramerősség önmagában még nem volt elegendő a sikeres kondicionáláshoz. A kísérletben szerepeltek még olyan csoportok is, amelyek modell helyett egy élő aranyhalat találtak a készülék sötét téréfélén, és kondicionálás esetén ennek jelenlétében kapták a kellemetlen 50 mA áramütéseket. A 23. ábrán a bonyolult kísérlet eredményei közül a legjellemzőbbet, a belépési latencia változását mutatjuk be az egyes csoportoknál. Önmagukban sem a modellek, sem az élő aranyhal jelenléte, sem az áramütés nem okozott jelentős változást a belépési latenciában. Nem emelkedett meg a belépési latencia akkor sem, ha az „egy-lámpás” vagy a „szem nélküli” halfejet áramütéssel együttesen használtuk. Jelentősen megnőtt viszont a belépési latencia, ha a büntetést a többi modell jelenlétében alkalmaztuk. A legnagyobb latencianövekedést az élő aranyhal jelenlétében kondicionált csoport esetében kaptuk, ennél kevésbé, de szintén jelentősen megemelkedett a belépési latencia azokban a csoportokban, amelyek két egymás melletti lámpát, két „szemet” hordozó modellt találtak a sötét téréfélén. Ennél kisebb mértékű volt a belépési latencia növekedése a két, egymás alatt elhelyezett lámpát viselő modell jelenlétében.



23. ábra

A latenciaperiódus növekedése különböző halmakettek jelenlétében

Csoportátlagok (\pm SE) (a csoportméretek 18—79 között változtak). A Duncan-ranges-teszt eredményeit is feltüntettük.

(Csányi 1986, módosítva)

Az automatikus adatrögzítésen kívül az állatok viselkedésének megfigyelése is igen érdekes volt. Azok az állatok, amelyek az aranyhal vagy a két szemmel ellátott modell jelenlétében kapták az elektromos áramot, gyorsan elhagyták a sötét térfelet, de rendszerint azonnal visszafordultak, visszaúsztak a kapuhoz, és figyelmesen nézegettek be a sötét térfélre. Hasonló viselkedést a többi csoport tagjainál nem tapasztaltuk (Dóka és Csányi 1990).

További kísérletekben vizsgáltuk a szemek nélküli mozdulatlan halformájú testtömeg, négyszögben elhelyezett üvegszemek, valamint vékony dróton lógó üvegszemek és bizonyos kombinációik hatását a feszítési reakció (PÓZ) kiváltására (Altbäcker és Csányi 1990). Önmagukban a vízbe lógatott szemek nem váltottak ki semmilyen reakciót. Az exploráció enyhébb formáját, a KÖZ reakciót minden halformájú tárgy kiváltotta. Erőteljesebb, sok

uszonyfeszítéssel (PÓZ) járó reakciót a szemekkel ellátott halformájú test váltott ki, a leghatékonyabb a két, vízszintesen elhelyezkedő szemű makett volt.

A modellkísérletek eredményei alapján elég nagy biztonsággal állítható, hogy a paradicsomhal számára egy testformán elhelyezkedő szemek vagy ahhoz hasonló egymás melletti két folt kiváltja a feszítés elemét. A nagyszemű csuka vagy a kulcsingert tartalmazó modellek jelenlétében jelentékeny elkerülési tanulás mutatható ki, és abban az esetben, ha a „modell” mozog is, mint az aranyhal, gyakorlatilag egyetlen próba elegendő ahhoz, hogy kellemetlen ingerforrás tartós elkerülése alakuljon ki. Ennek alapján valószínű, hogy a mozgás maga is kulcsinger. Mint említettük, a szaglásnak is szerepe van az idegen halak felismerésében, tehát igen valószínű, hogy az élő aranyhállal kapott rendkívül gyors kondicionálásban a szagkulcsok is szerepet játszottak.

Bizonyos, hogy amennyiben a kulcsinger jelenlétében fájdalom éri az állatot, elkerülési tanulás történik, de vajon mit tanul meg a paradicsomhal? Azt, hogy elkerülje a veszedelmes helyet, vagy azt, hogy elkerülje a kulcsinger forrását? Ezt a kérdést a következő kísérlet segítségével válaszoltuk meg (Csányi és Lovász 1987). Két, különbözőképpen berendezett ingajárati akváriumba helyeztük a paradicsomhalakat véletlen kiválasztásával. Az egyik akvárium biztonságos volt, ott sokkot sohasem kaptak, a másik akváriumban egyes csoportok erős sokkot, mások az erős sokkal együtt halfejet utánozó modellt kaptak. Az eredmények azt mutatták, hogy a sokk önmagában és a sokkal kombinált modell is nagyon eredményesen készítette a paradicsomhalakat a sötét térfél elkerülésére. Lényeges különbség volt azonban abban, hogy a csak sokkot kapott csoportok egyedei az elkerülési viselkedésüket nagymértékben kiterjesztették a biztonságos akváriumra is, ahol pedig büntetést sohasem kaptak. A modellel együtt büntetett csoport tagjai ilyen elkerülést nem mutattak, a biztonságos akvárium mindkét kompartmentjében egyformán mozogtak. Ha a sokkot és modellt kapott csoport menetrendjébe olyan próbákat iktattunk, amikor a büntetést megszüntettük, és a modellt eltávo-

lítottuk, a paradicsomhalak azonnal felkeresték a korábban elkerült sötét térfelet. Az elkerülés tehát nem a helynek, hanem a kulcsinger hordozójának szólt!

E. AZ ELKERÜLÉSI KONDITIONÁLÁS GENETIKAI HÁTTERE

Az elkerülési kondicionálás néven ismert jelenség, akár a laboratóriumban tanulmányozott eseteit, akár természetes körülmények közötti előfordulását tanulmányozzuk, roppant összetett. Felfoghatjuk sajátos viselkedési jelenségnek is, az állatok különféle akciókat hajtanak végre, amelyeket mi bizonyos körülmények között aktív vagy passzív elkerülési kondicionálásnak nevezünk. A folyamat kétségtelenül kapcsolatban van a memóriával, hiszen a tanulás, ezen akciók külső hatásra történő módosulásával jellemezhető, és nyilvánvaló a kapcsolata a percepcióval is, mert az állatban a környezet különböző tényezőinek észlelése bizonyos akciókat aktiválhat vagy gátolhat. Különböző genotípusú beltenyésztett törzsek felhasználása jelentős segítséget adhat ahhoz, hogy e komplex jelenséget megkíséreljük egyszerűbben értelmezhető részekre bontani.

Négy paradicsomhaltörzs (U, P, S, V) egyedeivel végeztünk passzív elkerülési kondicionálási kísérleteket, vagy sokkot, vagy pedig halmodellt és sokkot együtt alkalmazva büntetésként (Csányi és Gervai 1985, 1986). A törzsek között jelentős különbségeket találtunk mind a habituációs tréning, mind pedig a kondicionálás során. A különbségek részben a sokk iránti érzékenységből, részben pedig az alkalmazott modell kulcsingereire történő reakció mértékéből adódtak. A habituációs periódus végén a belépési latencia az U törzsnél valamivel alacsonyabb volt, mint a többinél. Enyhe elektromos sokk már önmagában is szignifikánsan emelte a belépési latenciát valamennyi törzsnél, kivéve az U törzset. A modell jelenléte a sokk mellett viszont szignifikánsan emelte az U törzs egyedeinek belépési latenciáját, míg gyakorlatilag változatlanul hagyta a többiét.

A sötétben tartózkodás a habituációs periódusban valamennyi törzsben egyformán magas volt, az áram hatására ez az érték csökkent, de az egyes törzsek között nagyon különböző mértékben. A V törzsben majdnem egytizedére esett vissza a sötéttartózkodási idő, jelentősen csökkent a S törzsnél, valamivel kevésbé a P törzsnél, és a legkevésbé az U törzs esetében. A modell jelenlétében viszont a sötéttartózkodás két nagyságrenddel esett az U törzsnél, egytizedére a V törzsnél, míg szinte változatlan maradt a P és S törzseknél. A vizsgált törzsekben tehát igen nagymértékű a variabilitás a büntetésként használt sokk iránti érzékenységben vagy toleranciában.

Ugyancsak nagy a törzsek között mért különbség az explorációs aktivitásban, amit a legjobban az átlépésszám jellemez. Ez az érték a legmagasabb az U törzsnél és alig változik az áram hatására, míg igen alacsony a P és V törzseknél, közepes az S törzsnél. A modell jelenléte nagymértékben csökkentette az U törzs explorációs tevékenységét, míg a többiét gyakorlatilag változatlanul hagyta.

Ezekből az eredményekből kétségtelen, hogy a kondicionálás során megfigyelhető viselkedési jelenségeket különböző idegéletani mechanizmusok szabályozzák. Egyes törzsek között nem találtunk különbségeket a végrehajtott akciók mozgásmintázatában, de nagyok a különbségek a fájdalmas ingerre, valamint a jelként szereplő kulcsingerre adott válaszokban, amelyek a percepció és az ingerfeldolgozás szintjén jelentkező genetikai különbségekre utalnak.

IV. ÖSSZEGZÉS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Ha egy kutatócsoport aránylag hosszú időt szentel egy állat viselkedésének részletes tanulmányozására, mint ezt a mi laboratóriumunk tette, a megfigyelések, kísérletek értékelése során kialakulnak olyan koncepciók is, amelyek a megfigyelt jelenségek általánosítására szolgálnak. Az ilyen koncepciók egyes részei

könnyen vitathatók, de az egész mint egyfajta „gestalt” nagyon sok részeredményen alapszik, az önmagukban bizonytalan részek egymást kölcsönösen erősítik, és mindenképpen alkalmasak arra, hogy vitára és további kutatómunkára serkentsenek.

Két ilyen koncepciót mutatunk be: a ragadozók elkerülésével és a passzív elkerülési kondicionálással kapcsolatban kidolgozott „interaktív tanulás” hipotézisét, valamint egy általánosabb elméletet, amelyben a paradicsomhal és a környezet funkcionális kölcsönhatását igyekeztünk megragadni.

A. A TANULÁS INTERAKTÍV ELMÉLETE

Az averzív kondicionálás első komolyabb értékű etológiai szemléletű modelljét Bolles dolgozta ki (Bolles 1970, Bolles és Fanselow 1980).

Az elmélet alaptételei a következők:

1. Bármilyen inger, ami félelmet vagy fájdalmat kelt az állatban, fajspecifikus (*feltétlen*) védekezési reakciókat (FSVR) indukál az állatban.

2. Ha a feltétlen inger együtt jár valamilyen neutrális ingerrel, akkor néhány ismétlés után a *feltételes* inger egyedül is képes kiváltani a FSVR-t.

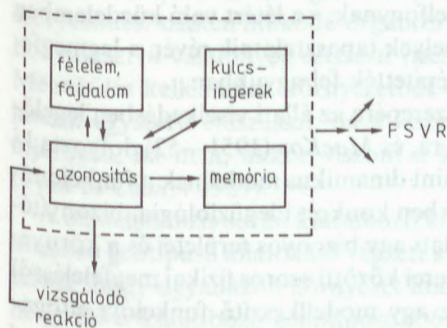
3. Elkerülési kondicionálás csak akkor alakítható ki gyorsan, ha a megkövetelt válasz az FSVR-ek valamelyike.

Paradicsomhalakkal végzett kísérleteink Bolles tanuláselméletének továbbfejlesztését teszik lehetővé (Csányi 1986). E kísérletek egyik leglényegesebb, többféleképpen is alátámasztott következtetése az, hogy a paradicsomhal veleszületetten *kíváncsi*. Új környezet vagy az ismerős környezetben valamiféle nem túlságosan kellemetlen inger (gondoljunk a gyenge áramütésekkel kezelt halak viselkedésére) aktiválja a *vizsgálódó magatartást* (explorációt), amit egyébként nem szoktak az FSVR részének tekinteni. Különösen nagy a paradicsomhal érdeklődése a környezetében előforduló élőlények iránt. A „vizsgálódó reakció” alkalmat ad

az állatnak arra, hogy tapasztalatokat, ismereteket szerezzen a környezet új tárgyairól, és ezeket a tapasztalatokat a tanulási folyamat során elraktározza.

Bizonyos, hogy a paradicsomhal számára a környezet legfontosabb élőlényei, a táplálékállatokon és a fajtársakon kívül, a ragadozók. A felismerést és a további külső jegyek rögzítését, megtanulását kulcsingerek segítik. Ilyen kulcsingerek a testen elhelyezkedő szemek, a mozgás és valószínűleg a szagok. Egy kulcsingereket hordozó tárgy a paradicsomhal érdeklődését azonnal felkelti. Vizsgálódás közben valószínűleg különféle tanulási mechanizmusok aktiválódhatnak. Ha vizsgálódás során a paradicsomhalat semmiféle kellemetlen inger vagy fájdalom nem éri, akkor habituálódik, vagyis megszokja a kulcsinger hordozójának jelenlétét, és többet nem törődik vele. Ha azonban a kulcsinger hordozója megtámadja, vagy jelenlétében valamiféle fájdalom éri, akkor a kulcsingerhordozót továbbiakban lehetőleg elkerüli. Kísérleteink során elkerülési reakcióhoz vezetett, a ragadozó támadása mellett, a békés aranyhal vagy modell jelenlétében alkalmazott elektromos sokk okozta fájdalom is.

A fentiek alapján elkészíthető az elkerülési tanulás *interaktív* modellje, amelyben a fajspecifikus magatartáselemeken és a feltétlen vagy feltételes ingereken kívül a kulcsingerek és az állat vizsgálódó reakciója is szerepet kapnak (24. ábra).



24. ábra

Az elkerülési kondicionálás interaktív modelljének vázlata

Az interaktív tanulás hipotézise több fontos következtetésre is lehetőséget kínál. Az interaktív tanulási mechanizmusból következik, hogy az állat a környezetét állandóan szemmel tartja, ha „gyanús” tárgyakkal, élőlényekkel kerül szembe, vizsgálódik, és tapasztalataitól függően cselekszik. A ragadozót *reprezentáló* emlényomok a hatékony menekülési válaszreakciókkal, a békés halak reprezentációi pedig közömbös viselkedésformákkal kapcsolódnak szorosan össze. Az interaktív tanulás folyamatosan felfrissíti, ha szükséges, átrendezi az emlényomok és válaszreakciók e kapcsolatrendszerét, dinamikus kölcsönhatást biztosít a környezettel.

B. A KÖRNYEZET MODELLJEI A PARADICSOMHAL AGYÁBAN

Az interaktív tanulási mechanizmus folyamatos működésének következménye, hogy a paradicsomhal élete során az agyában fokozatosan kiépül, tökéletesedik a környezet egyfajta reprezentációja, *dinamikus modellje*, amelynek segítségével képes a környezet viselkedését, eseményeit megjósolni (Csányi 1988, 1987, 1989). A fejlődő paradicsomhal-ivadék először az apróbb ragadozók prédája, és egy-egy támadás a csoportban nevelkedő több tíz vagy száz egyedben aktiválja a tanulási mechanizmust. A rosszul tanuló egyedek lassanként elfogynak, s a létért való küzdelemben azok a legsikeresebbek, amelyek tapasztalataik révén a legmegfelelőbb környezeti modellt építették fel agyukban.

A belső reprezentációk szerepére az állati viselkedésben legelőször Craik (1943) mutatott rá, és MacKay (1951—52) dolgozta ki a belső reprezentációnak mint dinamikus modellnek a funkcionális szerkezetét. Egyes esetekben konkrét idegfüziológiai bizonyítékokkal rendelkezünk az állati agy bizonyos területei és a környezet meghatározott paramétereit közötti szoros fizikai megfelelésről (Collett 1983). Ma már az agy modellkészítő funkciója elfogadottnak tűnő koncepciója a magatartástudományoknak (Gallistel 1980). A paradicsomhal esetében csak viselkedési adatokkal ren-

delkezünk, megkíséreljük ezért, hogy a környezeti modell-koncepciót a paradicsomhal viselkedéséről szerzett ismereteink birtokában funkcionálisan értelmezzük.

A bemutatott megfigyelések, kísérletek eredményeit általában a magatartás két szerveződési szintjén értelmezhettük. Az alsóbb szerveződési szint elemzésekor arra igyekeztünk magyarázatot adni, hogy a szigorú formai meghatározás alapján megfigyelt viselkedési elemek megjelenése milyen külső vagy belső tényezők következménye, a másik, ennél magasabb szinten arra voltunk kíváncsiak, hogy az állat az egyes elemekből a viselkedés milyen *magasabb organizációját* képes létrehozni, valamilyen komplex környezeti helyzetben, egy komplex „feladat” megoldása során. Így, amikor beszámoltunk arról, hogy az egyes viselkedési elemeket (MEN, UGR, DER stb.) a környezet milyen fizikai tényezői befolyásolják, az alsóbb értelmezési szinten mozogtunk, míg a ragadozófelismeréssel, -elkerüléssel kapcsolatos megfigyelések értelmezésében a felsőbb szerveződési szintjén. Nyilvánvaló, hogy a két szint eseményei szorosan összefüggenek, hiszen egy bonyolult feladat megoldásához a paradicsomhálnak meghatározott magatartáselemek sorozatát kell valamiképpen előhívni. Miközben éppen valamilyen magatartáselem figyelhető meg, ennek a konkrét elemnek az előhívásában egyes környezeti tényezők is bizonyosan szerepelnek, de legalább ilyen fontos lehet a magasabb szerveződési szinten működő organizátor, amely az egyes elemekből választva valamilyen *célszerű* viselkedésmintázatot hoz létre. Menekülés kellemetlen környezetből egy cél, amely elérhetőnek látszik egyszerű elúszással, ha a közvetlen környezet vizuálisan átjárható, ha nem, akkor viszont a kiugrás a megfelelő válasz (Tóth és Csányi 1989).

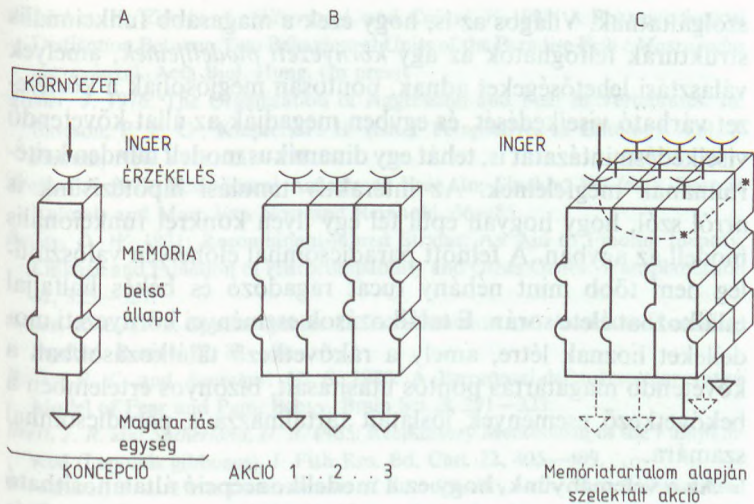
A diallélanalízis során különböző környezetekbe helyezett, különböző gentípusú állatokkal végzett kísérletek egyértelműen mutatták, hogy ugyanazon környezet más és más elemek csoportját hívja elő a különböző genotípusokból (Gerlai és Csányi 1990a), tehát a genetikai különbségek éppen a magatartásegységek magasabb szerveződési szintjén alakultak ki.

Ugyanezt lehet látni az egyes elemekkel végzett kondicionálási kísérleteknél (Csányi és Altbäcker 1990b), ahol kiderült, hogy az egyes magatartási elemek szintjén a kondicionálások során erős korlátok érvényesülnek, de ha a „feladat” többféleképpen is megoldható, mint pl. a bal vagy jobb oldali térfél elkerülése, akkor a nagyobb szabadsági fokkal rendelkező, felsőbb szerveződési szinten nem érvényesülnek ilyen korlátok.

A tanulási folyamatok szabályozása is e felsőbb szerveződési szinten történhet, mert nem sikerült semmiféle közvetlen merev összefüggést kimutatni, egyes magatartáselemek, egyes konkrét kellemetlen események, illetve a paradicsomhal elkerülési viselkedése között (Csányi és Altbäcker 1990a). Az elkerülési tanulásban megnyilvánuló döntés a tapasztalatok hatására, de a magatartási elemekkel csak laza kapcsolatban álló felsőbb szerveződési szinten történhet.

A fenti megfontolások alapján úgy véljük, hogy megszerkeszthető a viselkedésszabályozás kétszintű modellje, amely tükrözi a percepció, az ingerek szerepét, az egyes magatartáselemek kiválasztásában, de tükrözi azt a magasabb szerveződési szintet is, amely a magatartáselemek felett érvényesül, és amelynek a legtöbb köze van a célorientált adaptív értékű viselkedés kialakításához.

Korábbi elméleti megfontolásaink (Csányi 1988, 1989) alapján szerkesztettünk egy organizációs sémát (25. ábra), amelynek központi koncepciója a magatartás szabályozásának legkisebb, még értelmezhető funkcionális egységének az értelmezése. Tekintsük a magatartásszabályozás legkisebb funkcionális egységének azt az idegrendszeri konstrukciót, amely kapcsolatot teremt a percepció, az állat által végrehajtható magatartási instrukciók (akciók), valamint a memória és a belső állapot között (25. A). Ilyen funkcionális egységek léte adhat arra magyarázatot, hogyan indukálják egyes környezeti tényezők bizonyos elemek megjelenését. A funkcionális egységben szereplő belső állapot és különösen a memória egyfajta *kapcsoló funkciót* tölt be, amely képes az egységet más egységhez kötni, így a funkcionális egységek bonyo-



25. ábra
A magatartásmodell belső szerkezete

lultabb, magasabb organizációi jöhetnek létre (25. B). Az ilyen magasabb organizáció lehetővé teszi, hogy a közvetlen percepció hatását a tapasztalat, a memória módosítsa, és olyan akciók induljanak be, amelyek az eredeti funkcionális egységekből nem értelmezhetők. Az állati agy működésében végbemenő folyamatot, amikor az állatban valamilyen adott környezeti helyzetben eldől, hogy ezt a helyzetet hogyan értelmezi, és milyen viselkedésmintázattal igyekszik az adott feladatot megoldani, úgy értelmezhetjük, mint egy döntési mechanizmusnak a funkcionális egységekből kialakult magasabb struktúra felületén végzett „sétáját”, amelynek eredménye azután a kiválasztott akció (25. C). Külön nem hangsúlyoztuk, de fontosnak tartjuk megemlíteni, hogy ezt a „sétát” erős genetikai korlátok is befolyásolják.

A fejlettebb, tapasztaltabb állatok agyában életük során sok száz vagy sok ezer ilyen, esetleg egymással is lazán összefüggő magasabb struktúra jöhet létre, amelyek egy-egy konkrét percepció mintázat beérkezése esetén pontos viselkedési utasításokat

szolgáltatnak. Világos az is, hogy ezek a magasabb funkcionális struktúrák felfoghatók az agy *környezeti modelljeinek*, amelyek választási lehetőségeket adnak, pontosan megjósolják a környezet várható viselkedését, és egyben megadják az állat követendő viselkedésmintázatát is, tehát egy dinamikus modell minden kritériumának megfelelnek. Az interaktív tanulási hipotézisünk is arról szól, hogy hogyan épül fel egy ilyen konkrét funkcionális modell az agyban. A felnőtt paradicsomhal élőhelyén valószínűleg nem több mint néhány tucat ragadozó és békés halfajjal találkozhat élete során. E találkozások eseményei környezeti modelleket hoznak létre, amely a rákövetkező találkozásokban a követendő magatartás pontos utasításait, bizonyos értelemben a bekövetkező események jóslatait tartalmazza a paradicsomhal számára.

Az a véleményünk, hogy ez a modellkonceptió általánosítható fejlettebb állatokra is, és érdemes más fajok esetében a konkrét modellek tulajdonságainak felderítésével foglalkozni.*

IRODALOM

- Abeelen, J. H. F. van* 1975: Genetic Analysis of Behavioural Responses to Novelty in Mice. *Nature* **254**, 239—241.
- Abeelen, J. H. F. van* 1979: Ethology and the Genetic Foundations of Animal Behavior. In: Royce, J. R. and Mos, L. P. (eds.): *Theoretical Advances in Behavior Genetics*. Sijthoff and Noordhoff, Alphen aan den Rijn, 101—119.
- Altbäcker, V.* 1993: How to avoid Predators? Paradise Fish Provide some Answers. In: Schröder, H., Bauer, J. and Scharl, M. (eds.): *Trends in Ichthyology*. Blackwell, London, 315—322.
- Altbäcker, V. and Csányi, V.* 1990: The Role of Eyespots in Predator Recognition and Antipredatory Behaviour of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). *Ethology* **85**, 51—57.

* Ez a munka a MTA OTKA 27-3-681/1987 támogatásának keretében készült.

A tanulmány angolul is megjelent: How Genetics and Learning Make a Fish an Individual: a Case Study on the Paradise Fish. In: P. P. G. Bateson, P. H. Klopfer and N. S. Thompson (eds): *Perspectives in Ethology*. Vol. 10, Plenum, New York, 1993. 1—53.

- Altbäcker, V., Zocchi, A., Oliverio, A. and Csányi, V. 1989: A Pharmacological Distinction Between Two Behavioural Units of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). *Acta Biol. Hung.* (In press)
- Archer, J. 1976: The Organization of Aggression and Fear in Vertebrates. In: Bateson, P. P. G., Klopfer, P. H. (eds.): *Perspectives in Ethology*. Vol. 2. Plenum, New York, 231—298.
- Archer, J. 1979: Behavioural Aspects of Fear. In: Sluckin, W. (ed.): *Fear in Animals and Man*. Van Nostrand Reinhold, 56—85.
- Bailey, D. W. 1971: Recombinant-inbred Strains: An Aid to Finding Identity, Linkage and Function of Histocompatibility and Other Genes. *Transplantation* **11**, 325—327.
- Bolles, R. C. 1970: Species-specific Defense Reaction and Avoidance Learning. *Psychol. Review* **77**, 32—48.
- Bolles, R. C. and Fanselow, M. S. 1980: A Perceptual-defensive-recuperative Model of Fear and Pain. *Behav. Brain Sci.* **3**, 291—323.
- Brett, J. R. and Sutherland, D. B. 1965: Respiratory Metabolism of the Pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*). *J. Fish Res. Bd. Can.* **22**, 405—409.
- Broadhurst, P. L. 1957: Determinants of Emotionality in the Rat: I. Situational Factors. *Brit. J. Psychol.* **48**, 1—12.
- Broadhurst, P. L. 1960: Experiments in Psychogenetics: Application of Biometrical Genetics to the Inheritance of Behavior. In: Eysenck, J. H. (ed.): *Experiments in Personality*. Vol. 1, Routledge and Kegan Paul, 1—102.
- Brookshire, K. H. and Hognander, O. C. 1968: Conditioned Fear in the Fish. *Psychol. Repts.* **22**, 78—81.
- Collett, T. S. 1983: Sensory Guidance of Motor Behaviour. In: Halliday, T. R. and Slater, P. J. B. (eds.): *Causes and Effects*. *Animal Behaviour*. Vol. 1. Blackwell, Oxford, London.
- Craik, K. J. W. 1943: *The Nature of Explanation*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Curio, E. 1975: The Functional Organization of Anti-predator Behaviour in the Pied Flycatcher: A Study of Avian Visual Perception *Anim. Behav.* **23**, 1—45.
- Curio, E., Ernst, K. and Vieth, W. 1978: The Adaptive Significance of Avian Mobbing II. Cultural transmission of enemy constraints. *Z. Tierpsychol.* **48**, 184—202.
- Csányi, V. 1984: Neurogenetics. *Int. Rev. Neurobiol.* **25**, 360—389.
- Csányi, V. 1985: Ethological Analysis of Predator Avoidance by the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). I. Recognition and Learning of Predators. *Behaviour* **92**, 227—240.
- Csányi, V. 1986a: Ethological Analysis of Predator Avoidance by the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). II. Key Stimuli in Avoidance Learning. *Anim. Learn. Behav.* **14**, 101—109.

- Csányi, V. 1986b: How is the Brain Modelling the Environment? A Case Study by the Paradise Fish. In: Montalenti, G. and Tecce, G. (eds.): Variability and Behavioral Evolution. Proceedings, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 1983, Quaderno No. 259, 142—157.
- Csányi, V. 1987: The Replicative Evolutionary Model of Animal and Human Minds. World Future: J. Gen. Evol. 24 (3), 174—214.
- Csányi, V. 1988: Contribution of the Genetical and Neural Memory to Animal Intelligence. In: Jerison, H. and Jerison, Irene (eds.): Intelligence and Evolutionary Biology. Springer-Verlag, Berlin, 299—318.
- Csányi, V. 1989: Evolutionary Systems and Society: a General Theory. Duke University Press, Durham, 304.
- Csányi, V. and Altbäcker, V. 1989: Predator in the Shuttlebox: An Ethological Analysis of Passive Avoidance Conditioning of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). Anim. Learn. Behav. (In press).
- Csányi, V. and Altbäcker, V. 1990: Variable Learning Performance: the Levels of Behaviour Organization. Acta Biol. Hung. 41 (4), 321—332.
- Csányi, V. and Csizmadia, G. 1990: Exploration of the physical environment by the paradise fish (*Macropodus opercularis*). In. prep.
- Csányi, V., Csizmadia, G. and Miklósi, Á. 1989: Long-term memory and recognition of another species in the paradise fish. Anim. Behav. 37, 908—911.
- Csányi, V., Dóka, A., Castellano, C. and Oliverio, A. 1984a: An Etho-pharmacological Analysis of Morphine Effects in Fish (*Macropodus opercularis*). Behav. Proc. 9, 315—321.
- Csányi, V. and Gerlai, R. 1988: Open-Field Behavior and the Behavior-Genetic Analysis of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). J. Comp. Psych. 102, 226—236.
- Csányi, V. and Gervai Judit 1985: Genotype-environment Interaction in Passive Avoidance Learning of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). Acta Biol. Hung. 36, 259—267.
- Csányi, V. and Gervai, Judit 1986: Behavior-genetic Analysis of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). II. Passive Avoidance Conditioning of Inbred Strains. Behav. Genet. 16, 553—557.
- Csányi, V., Gervai, Judit, Ádám, Gy. 1973: Two Time-dependent Responses of Chicks to Imprinting Stimuli. J. Comp. Phys. Psych. 83, 13—18.
- Csányi, V. and Lovász, F. 1987: Key Stimuli and the Recognition of the Physical Environment by the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). Anim. Learn. Behav. 15 (4), 379—381.
- Csányi, V. and Tóth, P. 1985: Ethological Analysis of Social and Environmental Effects on the Behavior of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). Acta. Biol. Hung. 36, 245—259.
- Csányi, V. and Tóth, P. 1986. Unpublished.

- Csányi, V. and Tóth, P. 1989: Conditions for Recognition of a Physical Space as Two Compartments by the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). *Acta Biol. Hung.* **40**, 203—219.
- Csányi, V., Tóth, P., Altbäcker, V., Dóka, A. and Gervai, Judit 1984b: Behavior Elements of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*) I. Regularities of Defensive Behavior. *Acta Biol. Hung.* **36**, 93—114.
- Csányi, V., Tóth, P., Altbäcker, V., Dóka, A., and Gervai Judit 1984c: Behavior Elements of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*) II. A Functional Analysis. *Acta Biol. Hung.* **36**, 115—130.
- Davis, R. E., Kessel, J. 1975: The Ontogeny of Agonistic Behaviour and the Onset of Sexual Maturation in the Paradise Fish *Macropodus opercularis* (Linnaeus). *Behav. Biol.* **14**, 31—39.
- Dóka, A., and Csányi, V. 1990: An Ethological Analysis of Passive Avoidance Conditioning. *Acta Biol. Hung.* (In press)
- Dóka, A., Csányi, V., Castellano, C. and Oliverio, A. 1985: Effects of Morphine in Different Strains of Paradise Fish: An Ethopharmacological Analysis. *Behav. Proc.* **11**, 171—180.
- Domján, M. and Galef, B. G. Jr. 1983: Biological Constraints on Instrumental and Classical conditioning: Retrospect and Prospect. *Anim. Learn. Behav.* **11**, 151—162.
- Ebeling, W. A. 1966: Retarded Growth of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*) in Low Environmental Oxygen, *Copeia* **3**, 606—610.
- Eleftheriou, B. E., Bailey, D. W., Denenberg, V. H. 1974: Genetic Analysis of Fighting Behavior in Mice. *Physiol. Behav.* **13**, 773—777.
- Forselius, S. 1957a: Studies of Anabantoid Fishes I. A Quantitative Description of the Reproductive Behaviour. *Zool. Bidr.* **33**, 93—302.
- Forselius, S. 1957b: Studies of Anabantoid Fishes II. Anatomy and Histology of Some Endocrine Organs. Quantitative Description of Growth and Nest Building Activity. *Zool. Bidr.* **32**, 305—379.
- Freed, C. R. and Yamamoto, B. K. 1985: Regional Brain Dopamine Metabolism: A Marker for the Speed, Direction and Posture of Moving, Animals. *Science* **229**, 62—65.
- Gallistel, C. R. 1980: The Organization of Action: A New Synthesis. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, N. J.
- Gallup, G. G. and Suarez, S. D. 1980: An Ethological Analysis of Open-field Behavior in Chickens. *Anim. Behav.* **28**, 386—378.
- Gerlai, R. and Csányi, V. 1987: The Behaviour of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*) in Two Different Open-fields. A Correlation Study. *Acta Biol. Hung.* **38** (2), 225—234.
- Gerlai, R. and Csányi, V. 1989a: Diallel Genetic Analysis of the Elements of Paradise Fish's (*Macropodus opercularis*) Etogram. *Acta Biol. Hung.* **40**, 67—106.

- Gerlai, R. and Csányi, V. 1986b: Genotype-environment Interaction and the Correlation Structure of Behavior Elements in the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). *Phys. Behav.* **47**, 343—356.
- Gerlai, R., Crusio, W. E. and Csányi, V. 1989: What Behavior Could Be Advantageous in Hovel and Familiar Environments? A Diallel Genetic Analysis of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). *Behav. Genet.* **20**, 487—498.
- Gervai, Judit 1986: New Serum Esterase Variants and Their Inheritance in the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). *Acta Biol. Hung.* **37** (3—4), 291—293.
- Gervai, Judit and Csányi, V. 1973: The Effects of Protein Synthesis Inhibitors on Imprinting. *Brain Res.* **53**, 151—160.
- Gervai, J. and Csányi, V. 1984: Artificial Gynogenesis and Mapping of Gene-centromere Distances in the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). *Theor. Appl. Genet.* **68**, 481—485.
- Gervai, Judit and Csányi, V. 1985: Behavior-genetic Analysis of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). I. Characterization of the Behavioral Responses of Inbred Strains in Novel Environment. A Factor Analysis. *Behav. Genet.* **15**, 503—519.
- Gervai, Judit and Csányi, V. 1986a: Derivation of Recombinant Inbred Lines of Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). *Acta Biol. Hung.* **37** (3—4), 287—290.
- Gervai, Judit and Csányi, V. 1986b: Exploration and Fear Behaviour in the *Macropodus Opercularis* Subspecies *M. O. Opercularis* and *M. O. Concolor*. *Acta Biol. Hung.* **37** (3—4), 277—285.
- Gervai, J. and Csányi, V. 1989a: Behavior-Genetic Analysis of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*) III. Genetic Analysis of the Response to Novelty Using Recombinant Inbred Strains. *Acta Biol. Hung.* **40**, 43—56.
- Gervai, J. and Csányi, V. 1989b: Behavior Genetic Analysis of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*) IV. Behavioral Unit Analysis of the Response to Novelty Using Recombinant Inbred Strains. *Acta Biol. Hung.* **40**, 57—66.
- Hall, C. S. 1934: Emotional Behavior in the Rat: I. Defecation and Urination as Measures of Individual Differences in Emotionality. *J. Comp. Psychol.* **18**, 385—403.
- Henderson, N. 1986: Predicting Relationships Between Psychological Constructs and Genetic Characters: An Analysis of Changing Genetic Influences on Activity of Mice. *Behav. genet.* **16**, 201—220.
- Hinde, R. A. 1970: *Animal Behavior: a Synthesis of Ethology and Comparative Psychology*. 2nd ed. McGraw-Hill.
- Hirsch, S. M. and Bolles, R. C. 1980: On the Ability of Prey to Recognize Predators. *Z. Tierpsychol.* **54**, 71—84.
- Hoogland, R., Morris, D. and Tinbergen, N. 1957: The Spines of Sticklebacks (*Gasterosteus* and *Pygosterus*) as a Means of Defence Against Predators (*Perch* and *Esox*). *Behaviour* **10**, 207—236.

- Johnston, T. D. 1981: Contrasting Approaches to a Theory of Learning. *Behav. Brain. Sci.* **4**, 125—173.
- Jones, R. B. 1977: Activities of Chicks in Their Home-cages and in Open Field. *Brit. Poul. Sci.* **19**, 725—730.
- Kabai, P. and Csányi, V. 1978: Genetic Analysis of Tonic Immobility in Two Subspecies of *Macropodus opercularis*. *Acta Biol. Hung. Acad. Sci.* **29**, 295—298.
- Krechevsky, I. 1932: Hypothesis in Rats. *Psychol. Review* **39**, 516—532.
- Kruuk, H. 1976: The Biological Function of Gull's Attraction Towards Predators. *Anim. Behav.* **24**, 146—153.
- Lorenz, K. 1981: *The Foundations of Ethology*. Springer-Verlag, New York, Wien, 380.
- MacKay, D. M. 1951—52: Mindlike Behaviour of Artifacts. *Brit. J. Phil. Sci.* **2**, 105—121.
- Mather, K. and Jink, J. L. 1971: *Biometrical Genetics: The Study of Continuous Variation*. (2nd. ed.) London, Chapman and Hall.
- Miklósi, Á. and Csányi, V. 1989: The Influence of Olfaction on Exploratory Behaviour in the Paradise Fish (*Macropodus opercularis* L.). *Acta Biol. Hung.* **40** (3), 195—202.
- Miklósi, Á., Topál, J. and Csányi, V. 1992: Development of Open Field and Social Behavior of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis* L.). *Develop. Psychol.* **25** (5), 335—344.
- Monostory, Zs., Nagy, A., Gervai, J. and Csányi, V. 1984: Polymorphism and Inheritance of Serum Esterases and β -globulins in the Paradise Fish. *Anim. Blood Groups and Biochem. Genet.* **15**, 1—11.
- Munro, A. D. 1986: The Effects of Morphine, D-amphetamine and Chlorpromazine on the Agressiveness of Isolated *Aequidens pulcher* (Teleostei, Chihlidae). *Psychopharmacol.* **88**, 124—128.
- Nagy, A. and Csányi, V. 1982: Changes of Genetic Parameters of Successive Gynogenetic Generations and Some Calculations for Carp Gynogenesis. *Theor. Appl. Genet.* **63**, 105—110.
- Nagy, A. and Csányi, V. 1984: A New Breeding System Using Gynogenesis and Sex-transformations. *Theor. Appl. Genet.* **67**, 485—490.
- Nagy, A., Dóka, A. and Csányi, V. 1985: A Microcomputer Method for Recording and Analysing Behavioral Elements. *Acta Biol. Hung.* **36**, 239—245.
- Nagy, A., Monostori, Zsuzsa and Csányi, V. 1983: Rapid Development of the Clonal State in Successive Gynogenetic Generation of Carp (*Cyprinus carpio*). *Copeia*, **3**, 745—749.
- Oliverio, A., Castellano, C., Messeri, P. 1972: Genetic Analysis of avoidance. Maze, and wheel-running behaviours in the mouse *Physiol. Behav.* **16**, 557—581.
- Oliverio, A., Eleftheriou, B. E., Bailey, D. W. 1973: A Gene Influencing Active Avoidance Performance in Mice. *Physiol. Behav.* **11**, 497—501.

- Owings, D. H. and Cross, R. G. 1977: Snake Mobbing by California Ground Squirrels: Adaptive Variation and Ontogeny. *Behaviour* **62**, 50—69.
- Owings, D. H. and Owings, S. C. 1979: Snake directed behaviour by blacktailed prairie dogs (*Cynomys ludovicianus*). *Z. Tierpsychol.* **49**, 35—54.
- Parker, F. R. 1973: Reduced Metabolic Rates in Fishes as a Result of Induced Schooling. *Trans. Am. Fish. Soc.* **102**, 125—131.
- Randrup, A. and Munkval, I. 1974: Pharmacology and Physiology of Stereotyped Behaviour. *J. Psychiatr. Res.* **11**, 1—10.
- Rothenbuhler, W. C. 1964: Behavior Genetics of Nest Cleaning in Honey Bees. IV. Responses of F₁ and backcross Generation to Disease-killed Brood. *Am. Zool.* **4**, 111—123.
- Royce, J. R. and Mos, L. P. (eds.) 1979: Theoretical Advances in Behavior Genetics. Sijthoff, Noordhoff.
- See, J. H. 1980: Respiratory Patterns and Antipredatory Responses in the Central Mudminnow *Umbra limi*, a Continuous Facultative Air-breathing Fish. *Can. J. Zool.* **58**, 819—827.
- Seligman, M. E. P. 1970: On the generality of the laws of learning *Psychol. Rev.* **77**, 406—418.
- Shettleworth, S. 1978: Reinforcement and the Organisation of Behavior in Golden Hampsters. *Learn. Motiv.* **9**, 99—123.
- Suarez, S. D. and Gallup, G. G. 1981: An Ethological Analysis of Open-field Behaviour in Rats and Mice. *Learn. Motiv.* **12**, 342—363.
- Székely, S., Havas, I. and Csányi, V. 1978: How Paradise Fish (*Macropodus opercularis*) Explores a Chessboard? *Acta Biol. Hung. Acad. Sci.* **29**, 401—406.
- Tóth, P. and Csányi, V. 1989: Effect of the Components of the Physical Environment on Escape Behavior of the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). *Acta Biol. Hung.* **40**, 203—219.
- Vadász, Cs., Kiss, B., Csányi, V. 1978a: Defensive Behavior and its Inheritance in the Anabantoid Fish *Macropodus opercularis* and *Macropodus opercularis concolor*. *Behav. Proc.* **3**, 107—124.
- Vadász, Cs., Kabai, P., Sas, M. and Csányi, V. 1978b: Correlation of Sexual Behavior and Ovarian Processes in the Paradise Fish, *Macropodus opercularis*. *Acta Biol. Hung. Acad. Sci.* **30**, 151—160.
- Vadász, Cs., Kóbor, Gy. and Lajtha, Á. 1983: Genetic Dissection of a Mammalian Behaviour Pattern. *Anim. Behav.* **31**, 1029—1037.
- Wickler, W. 1966: Ursprung und biologische Deutung de Genitalpräsentierens männlicher Primaten. *Z. Tierpsychol.* **23**, 422—437.
- Wilson, R. C., Vacek, T., Lanier, D. L. and Dewsbury, D. A. 1976: Open Field Behaviour in Muroid Rodents. *Behav. Biol.* **17**, 495—506.
- Wyman, R. L. and Ward, J. A. 1973: The Development of Behavior in the Cichlid Fish *Entropus maculatus*. *Z. Tierpsychol.*, **33**, 461—491.

A SZEMÉLYISÉG MINT EVOLÚCIÓS RENDSZER

A személyiségelméletek hagyományosan a pszichológia területére tartoznak, a következőkben mégis megkíséreljük egy természettudományos, biológiai szemléletű személyiségmodell alapjait felvázolni. Mi indokolhat egy természettudományos megközelítést?

A leginkább talán az, hogy napjainkban felgyorsultak az integrációs folyamatok a tudományok között. A természettudományok kezdeti fejlődési szakaszában az egyes részterületek, a fizika, a kémia, a biológia, a pszichológia kizárólag saját problémáikkal törődtek, leírták a megfigyelt jelenségeket, és igyekeztek azt valamilyen módon értelmezni, de nem feltétlenül vették figyelembe a társtudományok eredményeit. Később azután kiderült, hogy vannak olyan elvek, törvényszerűségek, amelyek minden tudományterületre érvényesek. Ilyen például az anyag vagy az energia megmaradásának elve. Az elmúlt fél évszázadban jöttek rá a biológusok, hogy a biológiai jelenségek mögött mindig kémiai reakciók állanak. Ebből a felismerésből született a molekuláris biológia. A világ megismerése során kiderült, hogy noha minden szerveződési szintnek megvannak a maga sajátos törvényei, végső magyarázatokat csak akkor vagyunk képesek kimunkálni, ha a magasabb szintű jelenségek mögött feltárjuk az alacsonyabb szintek mechanizmusait, a biológia esetében tehát a kémiai reakciókat, a galaxisok keletkezésének magyarázatához pedig szükségünk van az elemi részek fizikájára. Kialakulóban van egy hatékony „szupertudomány”, amelynek minden részét közös elvek, idővel közös nyelv kötik majd össze (Csányi 1982).

Három jellegzetessége van:

- a) a kettős leírás
- b) a logikai átjárhatóság
- c) a transzformativitás

A kettős leírás azt jelenti, hogy egy-egy jelenségcsoport magyarázatát legalább két szerveződési szinten történő leírással szükséges megadnunk. A sejt leírása például „sejt szinten”, a szaporodás, táplálkozás, ingerlékenység, sejtkölcsönhatások, valamint „molekuláris szinten” a kémiai reakciók, a katalízis, az anyagcsere-folyamatok, a makromolekula-szintézis stb. folyamatainak leírásával történik. Az állati viselkedés magyarázatait egyrészt az organizmus szinten megfogalmazott etológiai leírás, másrészt az idegrendszeri szinten működő idegéletteni mechanizmusok leírásának együttese adja. A logikai átjárhatóság egyszerűen azt jelenti, hogy az integrált tudományterületek bármelyik két jelenségét képesek vagyunk valamilyen sorban értelmezhető logikai láncsal összekötni. Pl. a *cukorbetegség* biológiai, az *atom* fizikai tudományok területére tartozó fogalom, a kettőt összekapcsoló logikai lánc a következő: a cukorbetegség az organizmus szintjén megjelenő tünetegyüttes, amelyet visszavezethetünk a hasnyálmirigyre, a vércukorszint szabályozására, az inzulintermelő sejtekre és az inzulinra, az inzulin fehérjemolekula, atomcsoportok, atomok találhatóak benne. A logikai lánc minden szemét kielégítő kauzális magyarázatokkal köthetjük össze. A harmadik jellegzetesség a transzformativitás, ez utal az egységes tudományos nyelvre, vagyis arra, hogy a logikai átjárhatóság bizonyítása során az egyes szerveződési szinteken alkalmazott magyarázatok szemantikailag egyenértékűek és egymásnak pontosan megfeleltethetőek. A sejtosztódás folyamatainak sejtszintű leírását például pontosan átfordíthatjuk molekuláris folyamatokra.

A szupertudomány ma még csak a természettudományokat: a fizikát és társtudományait, a kémiát és bizonyos mértékig a biológiát foglalja magában, de megindult a társadalomtudományok csatlakozása is, ez szükségszerűen a pszichológiai, szociológiai, ökonómiai jelenségek természettudományos vizsgálatát igényli (Artigiani és mt. 1989).

AZ EVOLÚCIÓ SORÁN KIALAKULT FAJSPECIFIKUS EMBERI TULAJDONSÁGOK

Személyiségmodellünk kialakítása előtt feltétlenül szükséges rövid áttekintést adnunk az ember evolúciójának néhány jellegzetességéről. A biológia-kultúra koevolúciója során kialakult néhány olyan alapvetően biológiailag meghatározott tulajdonságunk, amely az állatok között ismeretlen, vagy csak egészen csökevényes formában található meg, és amely a kultúra, mindenfajta emberi kultúra kifejlődését teszik lehetővé. Ezek közül a legfontosabbak a fejlett *szocialitás*, a *tárgyak kedvelése* és a *szabálykövetés* tulajdonsága (Boyd és Richerson 1985, Csányi 1979, 1980, 1988).

Az első tulajdonság az állatok körében is gyakran előfordul, vannak hozzánk hasonlóan egész életükben csoportban élő állatok, mint például a kutyafélék vagy a majmok, de a gerinces állatok között az ember szocialitása a legfejlettebb. Az ember hajlandó táplálékát, szexuális partnerét, bújóhelyét megosztani társaival akkor is, ha ez az ő életfeltételeit rontja. A szocialitás ilyen foka csak az emberre jellemző. Tárgyakkal is manipulál néhány állatfaj, az etológusok ma már több mint száz fajt írtak le, amelyek valamilyen célra tárgyakat használnak, és ebben nincsenek benne a madarak, amelyek fészeképítése a tárgyakkal való manipuláció közismert formája (Munding 1980). Vannak tehát tárgykedvelő állatok, de egyetlen sincsen, amelynek egész életét a tárgyakkal való műveletek szövik át, tárgyak nélkül tevékenykedő ember úgyszólván nincs (Taylor 1969). Egészen különleges, csak az emberre jellemző tulajdonság viszont a *szabálykövetés képessége* (Eibl-Eibesfeldt 1989).

Vizsgáljuk meg először ezt. Sokat vizsgálták az állatok és az ember taníthatóságát, és kitűnt, hogy a legfejlettebb állatokat és az embert a tanulóképesség egy különleges fajtája választja el. Az állatok is könnyen megtanulnak jeleket, időpontokat, könnyen társítják a jeleket eseményekkel, következményekkel stb. Csak az ember képes azonban bonyolult *szabályokat* megtanulni és követ-

ni. Az emberszabású majmok nyelvtanítási kísérleteiből kitűnt, hogy egy csimpánz vagy gorilla könnyen elsajátít néhány száz jelből álló „szókészletet”, megfelelő értelemben is használja ezeket a jeleket, de képtelen a szavak, jelek sorrendjére, egymással való kapcsolatára vonatkozó szabályokat megtanulni. Vagyis az állati elme nem képes például *nyelvtani* szabályok elsajátítására. Az ember *faji jellegzetessége* a szabálykövető viselkedés. A nyelv ennek egyik legnyilvánvalóbb formája. De a szabálykövetés nem korlátozódik a nyelvre. A rokonsági rendszer voltaképpen meghatározott módon szabályozott szociális vonzódás, a rokoni viszonyok viselkedési szabályokban, szabályok követésében jelennek meg. A tárgykészítés a tárgyszeretet által aktivált szabálykövetés. A készítő előre meghatározott szabályok alapján megmunkálja a természeti tárgyat. Elemi megmunkálásra az állatok is képesek, de képtelenek kicsit is bonyolult szabályrendszerek elsajátítására. Szabálykövetés nyilvánul meg a kultúra viselkedésformáiban is. Minden szokás, hiedelem, technika jellemezhető egy leírással, adott szabályok meghatározott rendszerével, vagyis az adott szokás alapját képező *eszme* megformálása éppen úgy, mint a tárgyé, akár gondolatban, akár viselkedéssel vagy bármilyen más módon is nyilvánul meg, meghatározott szabályok egymásra következő alkalmazásán alapul. A csoporthoz tartozás eszméi, a szülői gondoskodás, a tulajdon, a szabadság ideái is meghatározott szabályrendszereknek tekinthetők, nem egyszerű szabályhalmaznak, hanem bonyolult, a szabáylelemek között érvényesülő organizációnak. A szülői gondoskodás ideája tartalmazza mindazokat a viselkedési szabályokat, amelyeket egy adott kultúrában a szülőnek gyermekeivel kapcsolatban követnie kell, ezek részben kisebb gondozói technikák, részben olyan szabályok, amelyek érdekekkel kapcsolatos döntésekre vonatkoznak. De a szülői gondoskodás ideája olyan szabályokat is tartalmaz, amelyek ennek az ideának más ideához való alá- és fölérendeltségi viszonyaira vonatkozó utasítások, mikor szabad, mikor kell például gyermekemet feláldoznom a csoportért, a hazáért. A viselkedési szabályokból álló idea akkor működik jól, ha organizációja

megfelelő, nem tartalmaz ellentmondásokat, lehetőleg nincs ellentétben biológiai késztetésekkel, minden helyzetben egyértelmű döntést tesz lehetővé stb. Vannak olyan ideák is persze, amelyekben éppen a biológiai késztetések korlátozása fejeződik ki, pl. a szexuális magatartással kapcsolatos ideák esetében, ilyenkor az idea bizonyos mértékig labilis, a társadalmi változások során gyakran átértékelődik, egyes szabályok kimaradnak belőle, vagy új szabályok épülnek bele. A készített tárgyak mindig ideákat fejeznek ki, vagyis szintén felfoghatók szervezett viselkedési szabályok rendszerének. Gondoljuk csak végig, hogy mennyi szabály érvényesül egy olyan egyszerű tárgy mint pl. az ajtókulcs használatánál. Az ajtókulcsot magammal kell vinnem, ha elmegyek, magammal hoznom, ha hazatérek. Meghatározott módon kell tartanom, ha az ajtót ki akarom nyitni, meghatározott műveleteket kell elvégezni a kinyitás során. Különböző szabályok vonatkoznak arra, hogy a zárban hagyom-e vagy elteszem a kulcsot. Ugyancsak bonyolult ideákban fogalmazódik meg a kulcs fogalma, tulajdon, zár, jog, illeszkedés, stb. De maga a tárgy elkészítése, például az említett kulcs esetében is, leírható meghatározott szabályok sorozatával. A fémelőállítás, az öntőforma elkészítése, az öntés, a további megmunkálás során a készítő meghatározott szabályokat követ, ezek eredménye a használati tárgy.

Az emberi kultúrák lényegében a szociális vonzódás és a tárgyszeretet által folyamatosan formált szabályrendszerek hordozói. Idetartoznak az emberi kapcsolatokra vonatkozó szabályrendszerek, a tárgyak előállítására, használatára, cseréjére és termelésére vonatkozó szabályok, valamint azok a szabályok, amelyek a kultúra egyéb ideáiban a kultúra keletkezésére, értékeire, működésére, történetére vonatkoznak.

A szabálykövetés tulajdonságát másképpen is megfogalmazhatjuk. A szabályok kialakítását, összerendezését és követését úgyis felfoghatjuk, hogy az emberi agy képes elemi absztrakt koncepciók *kreatív produkciójára*. Egy-egy viselkedési, nyelvi, logikai stb. szabály megfeleltethető egy koncepcióegységnek, elemnek, amelyek szervezett összerendezésével jönnek létre a ma-

gasabb szintű ideák, technikák, a fogalmi gondolkodás. Ma már elfogadott tény, hogy az állatok is gondolkodnak, de gondolkodásuk egyedi és konkrét; az absztrakt koncepciók produkciójával és *kommunikációjával* történő gondolkodás emberi specifikum. Az emberi nyelv, amely mint említettük, maga is a szabálykövetés egyik megnyilvánulása, lehetővé teszi, hogy az emberi gondolkodás az egyedi formát meghaladva populációs szintre emelkedjék. Egy állat elgondolhatja saját vagy általa megfigyelt mások tevékenységét, de képtelen arra, hogy a kommunikáció révén átvett, absztrakt koncepcióstruktúrák segítségével olyan szabályrendszer alakítson ki agyában, amelynek segítségével múltbéli, jelen idejű vagy a jövőben elképzelt eseményeket elemezhet, egyáltalán elgondolhat. A rendkívül nagy kapacitású emberi memória lehetővé teszi 50—100 év tapasztalatainak összegyűjtését és állandó elemzését. Az absztrakt koncepciók egyedek közötti kommunikációjával pedig a koncepciók szerveződésének teljesen új szintje jelenik meg, és lényegében ez ad lehetőséget a *kulturális evolúciónak*. Az absztrakt koncepció-struktúrákból felépülő mutábilis szerkezetek gyors evolúció alanyai, fejlődésük függetlenné vált rövid életű hordozóiktól.

A szocialitás egyik legfontosabb kifejeződése a státuszküzdelem, és ez is szoros kapcsolatban áll a szabálykövetéssel. Minden szociális állatfaj csoportjaiban kialakul egyfajta rangsor, amelynek pozícióiért az egyedek időnként megküzdenek. A stabilizált rangsor biztosítja az erőforrások minimális energiaráfordítással történő elosztását a csoport tagjai között, így rendkívüli jelentőségű a csoport fennmaradása szempontjából. Szociális tulajdonság nem létezik rangsor nélkül. Az ember ebben sem kivétel, szociális vonzódása a csoportban kialakult pozíciók, a rangsor elfogadásával együtt jelentkezik. Jelentős különbségek is vannak, az állati csoportokban a pozícióért fizikailag kell megküzdeni, és csak a legfejlettebb majmoknál jelenik meg e küzdelmekben a szociális rafinéria, egymást védő szövetségek, cselvetések, többé-kevésbé tudatos kijátszások formájában. Az állati csoportban a pozíció addig tartható, amíg az állat fizikai ereje teljében van,

és mindig szorosan kapcsolódik a fizikai erőnléthez. Az embernél a rangsor kialakítására irányuló etológiai készséget a *szabálykövetés tulajdonsága* emeli új szintre. A csoportban kialakuló pozíciók csak a legprimitívebb csoportokban felelnek meg a fizikai erőnlét rangsorának, a nyelvet, kultúrát használó embercsoportokban a magasabb pozíciókat *ideák*, tehát viselkedési szabályok határozzák meg. A csoport vagy törzs vezetőjének nem kell fizikailag megküzdeni pozíciójáért, mert a vezetővel kapcsolatos idea olyan szabályokat tartalmaz, amelyek az előny megszerzését és megtartását pontosan szabályozzák. Különösen fontos itt a korai szocializáció szerepe. A gyermek korán megtanulja a csoport vezetőit elfogadni, beleni az adott idea teremtette körülményekbe, és ez lehetővé teszi, hogy a pozíciókkal kapcsolatos ideák folyamatosan, generációk során keresztül is változatlan formában megmaradjanak.

Fontos felismerni a szabálykövetés és a rangsor közötti másik kapcsolatot is. *A szabálykövetés tulajdonképpen szintén a rangsor elfogadásának egyfajta kifejeződése.* Amikor egyének állanak egymással szemben, a pozíciót elfoglaló domináns fél érvényesíti akaratát. Elveszi a táplálékot, nőstényt, alvóhelyet stb., ezt nevezhetjük *brutális dominanciának* is. Amikor az ember szabályoknak engedelmeskedik, lényegében egy elszemélytelenedett dominanciának engedelmeskedik. A különböző ideákban gyakran helyettesítik a parancs kiadóját az ősökkel, istenekkel, de a legtöbb ember számára elegendően meggyőző az is, ha „úgy kell” valamit csinálni, ezt a dominanciaformát nevezük *szabálydominanciának*.

Az ember rendkívül érzékeny a dominanciaviszonyokra, azokra is, amelyeket a szabályokat tartalmazó ideák hordoznak, és azokra is, amelyekre ilyen konkrét ideák esetleg nem vonatkoznak, de mindennapi életében megjelennek. Tisztán biológiai alapon 50-60 embernél nagyobb csoportokban nem alakulhatna ki egységes dominanciairend. Az ideák viszont lehetővé teszik, hogy sok ezres vagy akár sok milliós tömegben is pontosan szabályozzák a dominanciairendet a szabályok segítségével. A hadseregek kitűnő példái ennek. Lényeges felismerni e rendszerek mindkét

tényezőjét, az adott idea, ha megfelelő, pontosan meghatározza minden egyes egyén helyzetét a rangsorban, és ez a rangsor fennáll, amíg az egyének hajlandók elfogadni az adott szabályrendszert, felismerik és megtartják a rangkülönbségekből adódó pozicionális szabályokat. Ez az egyik tényező, de az is nagyon lényeges, hogy bár a szabálydominancia a magasabb rendű, mert ez biztosítja a tömegek megszervezését, azért mindig kimutathatók a tendenciák a brutális dominancia érvényesítésére is, különösen a szabályok szerinti egyenrangúak között. A tömegtársadalmakban ezért a két dominanciamechanizmus mindig együtt jelenik meg, a társadalmi konfliktusok jórészt éppen a két mechanizmus szembefordulása okozza. Konfliktusokat eredményez az is, hogy bár a szabálydominanciát nem kísérik fizikai összecsapások, a szabályt is el kell valahogyan fogadtatni. A különböző társadalmak jelentős speciális ideákat alkottak a szabálydominancia minél simább érvényesítésére. A társadalom normális működését általában az teszi lehetővé, hogy a szabálydominanciák szocializációja már a korai gyermekkorban megtörténik. Ha a korai szocializáció nem megfelelő, megjelennek azok a tömegek, amelyek nem vagy csak részben fogadják el az adott szabályrendszert, és ez a fennálló társadalom lassú felbomlásához vezethet. Természetesen a szocializáció hiányosságait vannak hivatva korrigálni a különböző erőszakszervezetek is, amelyek mindig a brutális dominancia alkalmazásával fenyegetnek, de még ezek eredményes működése is bizonyos szabályok elfogadásán alapszik, ezek tehát csak korrekcióra képesek, nem helyettesíthetik a szocializációt. Az ember tanulóképessége a felnőttkorban is rendkívül nagy, ezért a korai szocializáció után is el lehet szabályokat fogadtatni, egyszerű tanulás-tanítás révén. A felnőttkori tanuló mechanizmusok emocionális, motivációs töltöttsége és ezeken keresztül hatásfoka azonban meg sem közelíti a korai szocializáció hatásfokát (Csányi 1990).

ÁTMENET AZ ETOLÓGIAI CSOPORTKOHÉZIÓTÓL A KULTURÁLIS IDEAKOHÉZIÓHOZ

Az ember evolúciója során, a kultúra kialakulását közvetlenül megelőző szakaszban, nagyjából olyan életkörülmények között élt, mint a mai emberszabású majmok közül a csimpánz, amely az állatok között legközelebbi rokonunk. A fejlett Homo-csoportok uralták állati és növényi környezetüket, de jelentősen fenyegették egymás életét. A csoportok fajon belüli versengésének eredménye a nyelvet beszélő, tárgyakat használó, életre-halálra összetartó embercsoport, amelynek tagjai együttműködnek, de elfogadnak enyhe hierarchiát is, és tevékenységük alapja a kultúrán nyugvó szabályok szigorú követése, a csoporttársadalmak megjelenése (Csányi 1986).

A kulturális evolúció kezdetén álló Homo-csoportok viselkedését jól leírhatjuk a replikatív komponensrendszer modelljével. A rendszer komponensei a Homo-egyedek és az a kevés tárgy, amelyet használnak, valamint azok a tapasztalatok, amelyeket a csoport működése során szerzett a környezetéről, és a nyelv segítségével képes a következő nemzedéknek is átadni. Ez a rendszer képes az időbeli replikációra, vagyis arra, hogy komponenseit folyamatosan megújítsa anélkül, hogy organizációja megváltozna. Az egyedek elpusztulását újak születése pótolja, a tárgyakat másolással újítják meg, gondosan ügyelve azok formai és funkcionális hasonlóságára. Ugyancsak megújulnak az egyedek tapasztalatai is a tanulás/tanítás kulturális örökítő mechanizmusai révén. A különböző komponenseket tartalmazó hálózat mint szerves „egész” működik, komponensei, részfolyamatai olyan módon vannak összehangolva, hogy az egész rendszer képes saját maga folyamatos megújítására a komponensek szervezett produkciója és cseréje révén (Csányi és Kampis 1987). A koevolúció koncepciója itt arra vonatkozik, hogy a komponenshálózat csak olyan változásokat — legyenek ezek genetikai mutációk vagy kulturális innovációk — visel el, amelyek a hálózat replikatív természetét nem változtatják meg. Ez meglehetősen erős korlát mind a bioló-

giai, mind pedig a kulturális komponensekre vonatkozóan, de könnyen belátható. Olyan kulturális szerkezet, amely mondjuk az egyedet elválasztja a csoporttól, életképtelen, mert a csoport védelme nélkül az egyed is az, de az a genetikai mutáns is életképtelen, amelynek szociális vonzódása a csoporthoz erősen lecsökken. Tehát a replikatív hálózat adott szerkezete bizonyos változásokat eleve kizár, mások számára viszont kedvező.

Ilyen módon a biológiai tényezők és a kulturális tényezők egymáshoz illesztett, egymást kölcsönösen meghatározó és feltételező evolúciója, modern terminológiával *koevolúciója* jött létre, és ez a fejlődés vezetett a mai emberhez. Következik ebből, hogy a biológiai és kulturális jegyek nem váltak szét, nem szerveződtek teljesen független mechanizmusokba, hanem olyan fajspecifikus biológiai változások következtek be, amelyek az adott kulturális változásokat megengedték, illetve lehetővé tették, és olyan kultúrák fejlődtek ki, amelyek maximalizálták az adott biológiai jegyek hasznosságát. Az ilyen rendszerek rendkívül stabilak, mint ezt fajunk történetének első kétmillió éve is bizonyítja. (A replikatív modell részletes tárgyalását lásd Csányi 1988.)

A csoporttársadalmak legfontosabb szervező tényezőjének a csoportban kialakult ideákat kell tekintenünk. A vadászat, halászat, ragadozók és más csoportok elleni védekezés különböző ideákat kívánt. Ez egyes ideák azonban nem lehetnek egymástól teljesen függetlenek, nem kívánható a csoport tagjaitól, hogy egy-egy idea megvalósítása során nagyon különbözően viselkedjenek. Az is nyilvánvaló, hogy az ideák összehangolásának szervező magja a csoport mint önálló entitás kell legyen. Az ideák a csoport életét szervezik, s a közöttük lévő összhangot a csoportnak kell megvalósítani, megjelennek tehát az ilyen összehangoló szerepet betöltő szervezőeszmék, az eredetmítoszok, legendák, vallások, megjelennek az értékek és a normák. A Homo-csoportok létszáma nem túl nagy, 30-60 fő az átlag, ekkora létszámú csoportban még lehetséges az egyes ideák mindenki által történő elsajátítása. Vagyis a csoport tagjai nemcsak a saját szerepüket ismerik egy-egy akció során, hanem azt is, amit a többieknek kell

csinálni. Ez egyben nagyon megkönnyíti a helyettesítéseket. Fel-
mérések szerint a ma élő csoporttársadalmak tagjai idejük legna-
gyobb részét *beszélgetéssel* töltik, ez éppen arra szolgál, hogy
folyamatosan megosszák és felfrissítsék tapasztalataikat, vala-
mint arra is, hogy a csoport fiatalabb tagjait a csoport ideakészle-
tének elsajátításához hozzásegítsék.

A csoport és a hozzátartozó ideák zárt szerveződési rendszert
alkotnak. A jól szervezett ideák segítik a csoport tagjainak életét
és szaporodását, a csoport pedig gondoskodik az ideák generáció-
ról generációra történő átörökítéséről. Az ember biológiai, etoló-
giai csoportképző tulajdonságai, a csoportidentitás elfogadása, a
csoport tagjainak előnyben részesítése a külsőkkel szemben, a
csoport életre-halálra történő védelme tökéletesen illeszkednek a
csoporttal kapcsolatos ugyanilyen jellegű ideákhoz. Ideális az
összhang az egyén, a csoport és az eszmék között. Biztosított az
érzelmi és értelmi stabilitás generációk ezrei számára.

Igen lényeges, hogy a csoportok kialakításával, fennmaradásá-
val kapcsolatos *etológiai tényezők* (vonzódás a csoporttagokhoz,
az idegenek gyűlölete, az egyének készséges alávetettsége a csoport
dominanciarendjének stb.), és az ideák egy irányban hatottak, a
szociális vonzódás és a csoport ideái kiegészítették, meghatározták
és feltételezték egymást. A kulturális evolúció utolsó néhány ezer
évében a tömegtársadalmak megjelenése a jellemző, és ez alapvető-
en megváltoztatja a csoportfenntartó etológiai tényezők, valamint
az ideák viszonyát. A tömegtársadalmak többszázazres majd több-
millió tömegeiben a csoportokat létrehozó etológiai tényezők, bár
folyamatosan tovább működnek, már nem képesek betölteni a
társadalom összetartásának funkcióját, hiszen jól ismert tény, hogy
egy-egy egyén legfeljebb néhány tíz másikkal képes hatékony cso-
portot képezni, egyszerű etológiai okok miatt. A nagyobb létszámú
csoportok, hadseregek, városállamok, pártok, nagy vallások, nem-
zeti államok összetartó szerepét szinte teljes egészében magas szer-
vezettségű ideák vették át (Csányi 1990).

A SZEMÉLYISÉG MINT REPLIKATÍV KOMPONENSRENDSZER

Az előzőekben azt az evolúciós kontextust igyekeztünk vázlatosan bemutatni, amely az ember evolúciója során alakult ki, és amely döntően meghatározta jelenlegi formáját és mechanizmusait. A következőkben figyelmünket az individuumra és arra a rendszerre fordítjuk, amelyet általában személyiségnek szoktak nevezni. Sokféle meghatározás van, de álláspontunkhoz legközelebb talán *Allport* (1980) meghatározása áll, amely szerint a személyiség azoknak a pszichofizikai tényezőknek a dinamikus organizációja, amelyek az adott egyén gondolatait és viselkedését meghatározzák. Természettudományos megközelítéssel ezt a dinamikus rendszert legalább két szinten vizsgálhatjuk. Elemezhetjük azokat a pszichofizikai *mechanizmusokat*, amelyek ezt a dinamikus rendszert alkotják, valamint vizsgálhatjuk a mechanizmusok saját relációit, a kulturális kontextust.

Jelen tárgyalásunkat az első megközelítésnek szenteljük, az eddig elmondottakból indulunk ki egy meglehetősen leegyszerűsített modellel. Az emberi agy képes nagy tömegben absztrakt koncepciókat előállítani, ezek jórészt a nyelv segítségével kommunikálhatja. Dinamikus rendszerünk alapja tehát a *konceptió* lesz, amelyet funkcionális egységnek tekintünk, annak a legkisebb, még értelmezhető „gondolatnak”, amely beszéd, viselkedés, vagy absztrakció eleme lehet. A hétköznapi vagy speciális tevékenységek, ideák, valamint megmunkált tárgyak ilyen koncepciók organizált együtteseinek hatására jönnek létre. Ezeket a koncepciókat tanuljuk, másoljuk, kikövetkeztetjük, kombináljuk. Ezek a tevékenységek egy nagymértékben mutábilis replikatív rendszer tartozékai. A koncepciók tehát relatíve konzervatív struktúrák.

Lényegesebb azonban a rendszer dinamikája. A koncepciók állandóan keletkeznek és elbomlanak, azonban ezek a folyamatok nem esetlegesek, mert a koncepciók egymástól nem függetlenek, hanem egységes, funkcionálisan zárt *replikatív hálózatot*

alkotnak. Ez másképpen azt jelenti, hogy új koncepció, új elem csak akkor maradhat meg valamennyire is tartósan a rendszerben, ha képes a már meglévő rendszerhez funkcionálisan kötődni, és ezáltal bekapcsolódni annak replikatív ciklusába. A replikatív hálózat létezésének természetes következménye a koncepciók kontextusfüggése. A mesterséges intelligenciakutatások legnagyobb megoldatlan problémája éppen az emberi nyelv és gondolkodás kontextusfüggésének megfelelő modellezése. Hiszen minden egyes közlés vagy új gondolat nem csupán egy nyelvi és logikai szűrőn keresztül kerül elfogadásra/megértésre, hanem az egész *személyiség* koncepcióhálózatához mint speciális individuális egészhez történő illesztés során. A gyermeki fejlődésben tisztán felismerhető ennek a rendszernek a szerveződése, a nyelvi közegben élő gyermek a nyelvelsajátítás kezdetén automatikusan szűri ki és hártja el azokat a szavakat, nyelvi struktúrákat, fogalmakat, amelyek a már meglévő koncepció hálózatához nem illeszthetők. Azonnal befogadja viszont azokat, amelyek a már kiépült hálózathoz funkcionálisan kapcsolhatók. A biológiai motivációk, érzelmi struktúrák iniciálják a rendszert. A még fejletlen Én kíváncsiságát, éhségét, szociális kontaktus-igényét kívánja kielégíteni. Azokat a nyelvi közléseket, amelyek ehhez hozzásegítik, elsajátítja, és az ezekből kialakuló koncepciók logikai-érzelmi kapcsolataik révén azonnal egy funkcionális replikatív hálózat részei lesznek. A hálózat ciklikus és replikatív, mert minden szó, közlés, cselekedet ismétlése replikáció, a már tárolt koncepciók aktiválása, magasabb koncepcióstruktúrák rekonstrukciója és ezáltal a funkcionális kapcsolatok megerősítője. Az állati gondolkodás az akciók, konkrét emlékek felidézésén és processzálásán alapszik, az emberi gondolkodás ezek mellett a nyelvtani és logikai szabályok segítségével olyan koncepcióstruktúrákat képes létrehozni, amelyek a konkrétat meghaladják, lényegében a fogalmi gondolkodás jön létre.

Az állati elme gondolkodási folyamataiban is felidézhetők az emlékek, de csak az asszociációk alapján. Az emberi elme a logikai és nyelvtani szabályok révén az emlékek teljesen újfajta

processzálását végzi, a logikai és egyéb szabályrendszerek alkalmazásával nyert következtetések olyan konstrukciók, amelyek nem az asszociatív memória termékei, az állati elme számára elvileg hozzáférhetetlenek. Látható, hogy a szabálykövető viselkedés nemcsak egyfajta kulturális magatartás alapja, hanem az emberi gondolkodás lényegi folyamata is.

A replikatív hálózatokra jellemző, hogy bennük relatíve független kompartmentek is kialakulhatnak olyan egységek funkcionális kapcsolataiból, amelyek együtt replikálódnak, de nagyrészt elkülönülnek a teljes hálózattól. Ez magyarázza az emberi elme azon jólismert tulajdonságát, hogy képes egymásnak ellentmondó felfogásokat is befogadni. Természetesen ez csak elkülönülő organizációk keretében valósulhat meg, nem tekinthetjük tehát az elmét egyfajta zsáknak, amelyben összerendezés nélkül kerülnek az elemi koncepciók.

A személyiségjelenség magyarázata során választ kell adnunk a kreativitás forrására. A replikatív komponensrendszerek nagymértékben kreatívak, ezt az élővilág evolúciója és formagazdagsága is szépen bizonyítja (*Kampis és Csányi 1988*). Az ilyen rendszerekben a kreativitás több forrásból származik, a legfontosabbak az új komponensek bevonása a replikatív hálózatba, valamint a már meglévő komponensek úgynevezett „rejtett” tulajdonságainak funkcionális organizálódása. Talán ez utóbbi részletesebb magyarázatot igényel. A komponensrendszerekben kialakuló szerveződéseket a komponensek tulajdonságai határozzák meg, pontosabban a komponensek azon tulajdonságai, amelyek az adott szerveződést éppen lehetővé teszik. Ez azt jelenti, hogy a komponensek tulajdonságai és a belőlük kialakuló funkcionális hálózat kölcsönösen meghatározza és feltételezi egymást. Gyakran előfordulhat azonban az, hogy a komponenseknek olyan tulajdonságai, amelyek az organizáció szempontjából érdektelenek, tehát mintegy rejtve vannak jelen, új funkcionális kapcsolatokban nyilvánulnak meg, új organizációkat hoznak létre. Az emberi nyelv kreativitásának ez a jelenség a leglényegesebb forrása. A nyelvi kommunikációban számos olyan kifejezést, fogalmat

használhatunk, amelynek nincsen akárcsak közelítő definíciója sem. Pl. értelmes kijelentés az, ha azt mondjuk: „valami megzavarta a munkát” — ebben a mondatban a „valami” nincsen meghatározva, csak annyit tudunk róla, hogy zavarta a munkát, lehet jelenség, személy, tárgy, érzés és még sok minden más. Egészen hosszú beszélgetést kialakíthatunk erről a valamiről anélkül, hogy a definíciót elvégeznénk, lehet, hogy a beszélgetés végén éppen a beszélgetés folyamatában nyer el a kifejezés valamiféle funkcionális meghatározást. A rejtett tulajdonságok nemcsak a nyelvben, hanem a társadalmi kapcsolatrendszerekben és legfőképpen a személyiség alapját képező replikatív koncepcióhálózatokban játszanak alapvető szerepet.

Végezetül hangsúlyoznunk kell, részletes tárgyalásra itt nem volt alkalmunk, hogy a koncepciók replikatív hálózata számos ponton az emberi szervezet tisztán biológiai mechanizmusainak van alárendelve. Így a motivációs tényezők, az információfeldolgozás, a viselkedési mechanizmusok genetikai tényezői és egyebek befolyásolják a koncepciók produkcióját, sajátos személyiségeket, kognitív stílusokat hoznak létre.

KÖVETKEZTETÉSEK

A replikatív komponensrendszeren alapuló személyiségmodell kínálja magát további vizsgálatokra. Előnyei a következőkben foglalhatók össze:

1. A replikálódó koncepcióegységből álló rendszer egyértelmű magyarázatot szolgáltat az érett személyiség bizonyos mértékig konzervatív mivoltára, ugyanakkor megmutatja a változtatás, formálás lehetőségét is.
2. A koncepciókból mint komponensekből álló replikatív hálózat rendszere, minden további feltételezés nélkül magyarázatot szolgáltat a személyiség individualitására, hiszen a replikatív hálózat a személyiségfejlődés során sajátos szűrőhatásával teljesen egyedi rendszerként alakul ki.

3. A tökéletlen replikációs rendszerekre jellemző kompartmentalizáció és konvergencia (Csányi 1988) magyarázza a személyiségszféra fejlődés tényét és az ehhez szükséges relatíve hosszú kifejlődési időt.

4. A koncepciókból felépülő magasabb ideaorganizációk populációs természete, tehát az a tény, hogy a személyiség alapját képező rendszer elemei kommunikálhatók, megtanulhatók és lényegében nagyobb embercsoport memóriaterében fejtik ki hatásukat, egyidejűleg magyarázza a személyiség individualitását és szociális determinációját. A személyiséget körülvevő szociális tér bőven szolgáltatja a személyiséget formáló koncepcióegységeket, de az egyénben kialakuló hálózat, sajátos szűrőként viselkedve, teljesen egyedi rendszerek, személyiségek kialakulását eredményezi.

5. A komponensreplikatív rendszerek kreatív rendszerek, modelljük kielégítő magyarázattal szolgál az egyéni és társadalmi kreativitás minden formájára.

1990

IRODALOM

- Allport G. W. 1980: A személyiség alakulása. Gondolat, Bp.
- Artigiani, R., Csányi, V., László, E. and Masulli, I. 1989: The Evolution of Cognitive Maps. The Vienna Academy Edition, Vol. 1, 1—16.
- Boyd, R. and Richerson, P. J. 1985: Culture and the Evolutionary Process. The University of Chicago Press, Chicago, 331.
- Csányi V. 1979: Az evolúció általános elmélete. Akadémiai Kiadó, Bp. 154.
- Csányi V. 1980: A kulturális evolúció biológiai alapjai. In: Filozófia—Ember—Szaktudományok. Akadémiai Kiadó, Bp. 157—192.
- Csányi V. 1982: Szempontok a megismerés elméletének természettudományos megfogalmazásához Magy. Fil. Szem. 4, 558—566.
- Csányi V. 1986: A biológiai és a társadalmi információ eredete. *Biológia* 34, 165—202.
- Csányi V. 1988: Evolúciós rendszerek; az evolúció általános elmélete. Gondolat, Bp. 280.
- Csányi, V. 1990: The Shift from Group Cohesion to Idea Cohesion is a Major Step in Cultural Evolution. *World Future* 29, 1—8.

Csányi, V. 1990: Ethology, Power, Possession: A System Theoretical Study of the Hungarian Transition. *World Future* **29**, 107—122.

Csányi, V. and Kampis, Gy. 1987: Modelling Society: Dynamical Replicative Systems. *Cybernetics and Systems* **18**, 233—249.

Eibl-Eibesfeldt, I. 1989: *Human Ethology*. Aldine de Gruyter, New York, 848.

Kampis, Gy. and Csányi, V. 1988: A System Approach to the Creating Process. *IFSR Newsletter No. 20*, 2—4.

Mundinger, P. C. 1980: Animal Cultures and a General Theory of Cultural Evolution. *Ethol. Sociobiol.* **1**, 183—223.

Taylor, R. B. 1969: *Cultural Ways*. Allyn and Bacon, Boston.

A PÁRVÁLASZTÁS EVOLÚCIÓJA

A sokat vitatott szociobiológiai elméletek a szaporodással közvetlen kapcsolatban álló magatartásformák esetében állanak a legbiztosabb talajon. Következik ez a szociobiológia alaptételéből is, amely szerint egy faj genetikai architektúrája és viselkedési mintázatai között egyirányú, a génektől a viselkedés felé irányuló oksági kapcsolat van.

PÁROSODÁSI RENDSZEREK ÉS A PÁRKAPCSOLATOK

A következőkben világosan meg kell különböztessük a párkapcsolatot, amely valamely faj két egyede között jön létre, és közös védekezésben, az erőforrások közös használatában és más hasonló kooperációt igénylő tevékenységekben mutatkozik, valamint a párosodási kapcsolatot, amelynek kizárólagos célja a kopuláció.

Brown felosztása alapján (1975) ismerünk tartós monogámiát, amelyben a párkapcsolat gyakorlatilag egy egész életre szól, megszakítatlan, és természetesen a szaporodási időszakban a partnerek között a párosodási kapcsolat is kialakul. Ilyen típusú kapcsolatban élnek a hattyúk, a ludak bizonyos fajai, a háromujjú sirály, az emlősök közül a gibbon.

A következő típus a szezonális monogámia. Itt a partnerek csak a szaporodási periódusban tartják fenn a párkapcsolatot, és ez természetesen egybeesik a párosodási kapcsolattal is. A mada-

rak 90 százaléka él ilyen szezonális monogámiában. Jellemző példa a szezonális monogámiaira a különböző sirályok viselkedése. A sirályok igen szorosan kötődnek a költési telepeikhez, ahova a szaporodási periódusban rendszeresen visszatérnek, megkeresik párjukat, és felújítják vele a párkapcsolatot, valamint a párosodási kapcsolatot is.

A szaporodási szisztémák következő nagy csoportját a különféle poligámiák alkotják. A szimultán poligámiánál rendszerint a hímnek, ritkábban a nősténynek egy időben több ellenkező nemű partnerrel van párosodási kapcsolata, a párképződés ilyen formák mellett ritka kivételnek számít. Egy tipikusan szimultán poligámiában élő állat az elefántfóka. A nagytestű hímek a territóriumukra került nőstényeket agresszív dominanciával kényszerítik a párosodásra, párkapcsolat lényegében nem alakul ki. A poligámia legtöbbször polygynia, de van néhány olyan faj is, mint például az ausztráliai Talagalla tyúk, amely polyandriában szaporodik. Egy nőstény egyszerre több hím fészkébe rakja tojásait, és a költés a hímek funkciója.

Vannak átmeneti szaporodási formák is, ilyen a szukcesszív monogámia, amelyben a partnerek sűrűn cserélgetik egymást, de egy időben csak azonos partnerrel párosodnak. Ilyen rendszert írtak le például a kormos légykapónál.

Végül említjük a promiszkuitást, amelyre tulajdonképpen az jellemző, hogy nincs benne rendszer, hiányzik a párkapcsolat, és a párosodási kapcsolat csak a kopuláció idejére szorítkozik másodpercekre, percekre. A partnerek véletlenszerűen kerülnek össze.

A PÁROSODÁSI RENDSZEREK ADAPTÍV ÉRTÉKE

A párosodási és párkapcsolattal kapcsolatos rendszerek rendkívül szoros funkcionális kapcsolatban vannak az adott állatfaj egyéb tulajdonságaival, valamint azzal a niche-sel amelyben él. Világos tehát, hogy két alapvető kérdésre kell választ adnunk. Az

első az, hogy van-e adaptív értéke egy adott párosodási rendszernek, és mi ez az adaptív érték. Másodszor arra kell válaszolnunk, hogy hogyan fejlődtek ki ezek a mechanizmusok az evolúció során. E két alapkérdés természetesen bizonyos mértékig átfedi egymást.

A biológiai rendszerek folytonos energiaáramban léteznek, komponenseik a különböző állati és növényi szervezetek, amelyek folyamatosan keletkeznek és bomlanak egy általános replikatív organizációban. Ezért az elméleti biológusok már többször kísérletet tettek arra, hogy különböző energetikai modellek segítségével adjanak magyarázatot a szaporodási rendszerek adaptív értékét illetően. A szociobiológiai paradigmán belül *Trivers* (1985) szülői ráfordítási elmélete látszik a legsikeresebbnek.

A szülői ráfordítási elmélet lényege, hogy az állati szervezetek létrehozása, gondozása, felnevelése „költésekkel” jár, amelyek a különböző fajok esetében akkor hasonlíthatók össze, ha valamilyen energiaekvivalensben számolunk. Vagyis a pete- vagy tojásrakás, a fészkek felépítése, védelme, a ragadozókkal vagy fajtársakkal való küzdelem elméletileg kifejezhető energiaekvivalensben. Ez a tézis automatikusan következik a darwini axiomából, abból, hogy a természetes szelekciónak a túlélést növelő hatást tulajdonítunk. Vagyis feltételezzük, hogy az állati szervezet az evolúció során úgy alakult, hogy maximalizálja az egységnyi energiaráfordításra jutó „hasznot”, vagyis az élet- pontosabban szaporodóképes utódok számát. Ez a megfogalmazás lényegében megegyezik a darwini természetes szelekció elvével.

A szülői ráfordításelmélet számos problémát vet fel. Ha különböző állatfajokat szemügyre veszünk, kiderül, hogy a nemek között morfológiai és más funkcionális szempontból igen nagy különbségek vannak. Egy pávián hím jóval nagyobb, erősebb, agresszívebb, mint nőstényei. A paradicsommadarak ríktó szín-pompás tollazata a hímek tulajdonsága, a nőstények teljesen jellegtelen rejtőszínnel rendelkeznek. De nemcsak a szexuális dimorfizmus különbözteti meg a hímeket és nőstényeket azokban a fajokban, ahol a dimorfizmus megvan. Ha sokkal finomabb jelle-

geket is szemügyre veszünk, további és tárgyunk szempontjából lényeges különbségek mutathatóak ki a hímek és a nőtények között. Az elefántfóka kistermetű nőtényei egy, ritkán két utódot hoznak a világra, vagyis a szaporodási siker variabilitása igen kicsinek mondható. Különösen kitetszik ez akkor, ha a hímek között vizsgáljuk meg ugyanezt a paramétert. A legerősebb hím fókák nagy territóriumot tartanak, amelyeken esetenként 100—150 nőtény is van, míg a fiatalabb hímek még territóriumhoz sem juthatnak. A szaporodási siker variabilitása tehát óriási, de ez kizárólag a hímekre jellemző. A szexuális dimorfizmussal rendelkező állatfajok esetében ez a szaporodási sikerben fellelhető variancia mindig kimutatható, és ez az alapja Trivers elmélete magyarázó jellegének. Azonban logikusan végiggondolva az elméletet és lehetséges következményeit, számos problémát vethetünk fel. Világos, hogy ha egy faj összes hímjét és nőtényét egyszerre vizsgáljuk, akkor állítható, hogy az összes nőtény szaporodási sikere egyenlő az összes hím szaporodási sikerével, ha abszolút számokban gondolkodunk. Ugyanakkor ez az azonosság a nőtényeknél rendkívül alacsony variabilitással párosul, míg a hímeknél a variabilitás óriási. Ez nyilvánvalóan azt jelenti, hogy a hímek nagy része bizonyos értelemben „felesleges”, hiszen a következő generáció megtermékenyítésében az összes hím alig néhány százaléka vesz részt. A szülői ráfordítási elmélet erre a jelenségre azt a magyarázatot adja, hogy a hímekbe „investált” költség ugyan jóval nagyobb és kockázattal jár, de szerencsés esetben a ráfordítás megtérülése rendkívül kifizetődő. A nőtények „előállítására” olcsóbb, de csak kis megtérüléssel jár, igaz ez „kis haszon, de biztos nyereség”. Monogám állatoknál a hímek és nőtények között a szaporodás variabilitása lényegesen nem különbözik. A szülői ráfordításelmélet magyarázó értéke itt ki is merül, mert nem tud választ adni arra az alapvető kérdésre, hogy hogyan fejlődött ki, pontosabban miféle szelekciós hatások serkentették a monogám, illetve a poligám szaporodási rendszer kialakulását.

SZEXUÁLIS SZELEKCIÓ

A szaporodási siker szexspecifikus variabilitásával már Darwin is foglalkozott, és magyarázó modellje a szexuális szelekció néven került a tudományos köztudatba. Eszerint a poligám állatoknál a hímek közötti vetélkedéssel, azaz a nagyobb territórium birtoklásával a testi erő dominanciájával stb. a hím mintegy „megméretik”, és a faj legéletrevalóbb egyedei közül kerülnek ki a következő generáció apái. Ez a magyarázat nem kielégítő, mert például ugyan milyen összefüggés lehet a paradicsommadarak színpompás tollazata és a rátermettségük között, vagy a lugasépítő madár díszítőképességének utódokkal történő „honorálása” hogyan segíti elő az életrevalóbb egyedek szelekcióját. A hímek dominanciáján alapuló szelekciós mechanizmust ezért a teoretikusok kiegészítették egy, a nőtény választásán alapuló további szelekciós tényezővel. A biológia korai éveiben igen sokáig kétségbe vonták a nőtények szerepét a párválasztásban, illetve a párosodási partner kiválasztásában. Valóban sok fajnál a nőtények szinte inaktívak a párosodásban, és nagyon sokszor csupán az agresszív erős hímeknek engedelmességek kopulálnak. Az utóbbi évtizedekben azonban sikerült számos döntő bizonyítékot szerezni arra, hogy a nőtények „ízlése”, változó szerepe döntő lehet e fajok hímjeinek evolúciójában. A vidampintyek fészekparaziták, és a nőtény mielőtt a gazdamadár fészekbe csempészné tojásait, párosodik az általa kiválasztott hímmel. A hímek igen hosszú sötétszínű farktollal rendelkeznek, és dűrgési területükön intenzív fel-le ugrálással hívják fel magukra a nőtények figyelmét. Gondos kísérletekkel egyértelműen és minden kétséget kizáróan bizonyítani lehetett, hogy a nőtények esetében a vonzódás legfontosabb kulcsingere a hosszú farki tollazat, amely viszont rendkívüli mértékben megnöveli a hímek halálzási arányát, mert a hosszú dísztollak akadályozzák őket a repülésben. Azonban nemcsak ezekben az extrém esetekben mutatható ki a nőtények választásának szerepe, hanem szinte mindenhol. A szarvasbikák nagy háremeiben a nőtények igen gyakran cserélnek helyet, vagyis aktívan irányítják maguk is a párosodás menetét.

Ha végiggondoljuk a fenti eseteket, világosan kiderül, hogy sem a természetes kompetitív szelekció, sem a nőstény választásának szelekciós hatása nem ad kielégítő magyarázatot arra, hogy az evolúció során miért jelenhettek meg olyan tulajdonságok, amelyek a túlélés szempontjából károsak. Ha egy axiomatikus rendszerben logikai hibákat találunk, akkor a legokosabb felülvizsgálni az axiómákat, vajon valóban megfelelő alapul szolgálnak-e?

ADAPTÁCIÓ, FITNESS, SZELEKCIÓ

A szintetikus evolúciós elmélet egyik legfontosabb és újabban a legtöbbet vitatott fogalma a genetikai adaptáció. Lazább megfogalmazásban genetikai adaptáción olyan optimalizációs folyamatot értenek, amelynek során a környezet különböző hatásaira egy populáció genetikai architektúrája úgy változik meg, hogy a változás minden szempontból a legkedvezőbb legyen a populáció egyedeinek fennmaradása és szaporodási sikere szempontjából. A párválasztással kapcsolatos imént tárgyalt jelenségek viszont azt mutatják, hogy az evolúció során a szó fizikai értelmében vett rátermettség gyakran elhanyagolható szempont. Az adaptáció fogalmának kritikusai szerint a legnagyobb probléma az, hogy a darwini elmélet nem bizonyítani kívánja az adaptáció létezését, amit egy korrekt elméletnek tenni kéne, hanem azt eleve feltételezi, és csupán azt vizsgálja, hogy a különböző organizmusok hogyan adaptálódnak (*Lewontin* 1979). Kétségtelenül kimutatható akár kísérletileg is, hogy bizonyos tulajdonságok erős szelekciós hatásokra alakultak ki, de ez természetesen nem bizonyítja azt, hogy minden tulajdonság így jött létre, és, hogy az organizmusok formálásában kizárólag a szelekciónak van szerepe. A gének legtöbbjének pleiotrop hatása van, tehát nemcsak egy konkrét tulajdonság kifejlődését befolyásolják, hanem sokét. Ezért nehéz elképzelni, hogy a különböző tulajdonságokat befolyásoló gén olyan módon képes megváltozni az adaptáció során, hogy ez a változás egyidejűleg optimális legyen minden szempontból. Min-

denképpen számolni kell olyan tulajdonságokkal is, amelyek csak véletlen hatások eredményeképpen alakultak ki, vagy esetleg más szelekciós hatásra megjelenő tulajdonságok következményeként.

Felvetődik itt az a kérdés is, hogy tulajdonképpen mit nevezhetünk tulajdonságnak? Ha egy gyümölcslegyet vizsgálunk, sok tízezer fenotípusos jegyet írhatunk össze, hiszen a fenotípus egyetlen kritériuma, hogy felismerhető legyen, ugyanakkor az is nyilvánvaló, hogy ezek a bélyegek nem lehetnek egymástól teljesen függetlenek, a gyümölcslegy kromoszómái meghatározott számú (valamivel több mint négyezer) gént tartalmaznak, és valamilyen módon ezeknek a géneknek a működése hozta létre az összes fenotípust. A „valódi” fenotípusok száma bizonyosan valahol a sok tízezer és a négyezer között kellene hogy legyen, de nem rendelkezünk a fenotípusok rendszerezésének megfelelő eszközeivel, hogy ezt a számot akár csak megbecsüljük.

Sok kritika érte az adaptációs koncepciót a fitnessdefiníció miatt is. A tisztán populációgenetikai fitnessdefiníció mellett az evolúciós elméletek használják az egész organizmusra vonatkoztatott fitness fogalmát, ami az egyed „alkalmasságát”, rátermettségét mutatja. De mint láttuk a párválasztással, párosodással kapcsolatos viselkedési jelenségek ellentmondanak annak a feltételezésnek, hogy az evolúció során az egyedek alkalmassága folytonosan növekedik.

A fitness körüli viták felvetették a szelekció egységének a problémáját is. A szociobiológusok fejlesztették ki az összesített fitnessfogalmat (*Hamilton* 1964), amely magában foglalja a személyes, azaz a létrehozott utódok számában megnyilvánuló, valamint azt az alkalmasságot, ami a géneknek a rokonokban való képviselőitől adódik. Az összesített alkalmasság az egyedek szintjén eléggé nehezen kezelhető fogalom, ezért javasolta *Dawkins* (1986), hogy célszerűbb lenne, ha a szelekció egységének nem az egyedet, hanem a gént tekintenénk.

Az adaptáció, szelekció hagyományos koncepcióinak a legmegalapozottabb bírálatát *Ho* és *Saunders* (1979) adták meg, akik kimutatták, hogy teljesen valószínűtlen az az elképzelés, hogy a

fajok keletkezése erősen szelektív környezetben történik. Szerintük a fajkeletkezésnek, éppen ellenkezőleg, a szelekció nagymértékű relaxációja a kedvező, mert csak ilyen körülmények alkalmasak a variabilitás növelésére. Későbbi megfontolásainkat támasztja alá az a nézetük, hogy a természetes szelekció többféle, különböző folyamatra bontható, így pl. stabilizáló szelekcióra, amelynek csupán az a funkciója, hogy a már kialakult formákat védje a deformálódástól, míg más szelekciós mechanizmusok szerepe az, hogy biztosítsák az étellel való összeegyeztethetőséget. Ho és Saunders szerint az evolúciós változások legfőbb keletkezési forrása a környezeti tényezők és az egyedfejlődés epigenetikus folyamatai közötti kölcsönhatás.

A REPLIKATÍV SZELEKCIÓ

Véleményünk szerint az előző fejezetekben felsorolt vitatott kérdések, problémák mind tükrözik az evolúciós elmélet legfőbb hiányosságát, nevezetesen azt, hogy az evolúciós folyamatokat egymástól elszigetelve szemlélik. Nem veszi figyelembe az élővilág organizációs szintjeit és legfőképpen azt, hogy a bioszféra egyetlen összefüggő rendszer, amelynek változásait csak egységes rendszerelméleti keretben lehet értelmezni (lásd *Csányi* 1985, 1989; *Csányi és Kampis* 1984, 1985). Egy ilyen értelmezés vázlatát adjuk a következőkben.

Az autogenetikus modell szerint a bioszféra komponensrendszer, amelyben az egymásba skatulyázott komponensek, az ökoszisztéma, az organizmus, a sejt és a molekulák hierarchikusan egymás fölé rendelt organizációs szinteket képviselnek. Az egyes organizációs szintek kettős leírással jellemezhetők, úgymint az adott szintet megelőző szint komponenseinek dinamikájával, a molekuláris szinten ez az atomok közötti kölcsönhatásokat jellemző mozgásegyenletekkel adható meg, sejtszinten a molekulák kölcsönhatásait leíró kémiai törvényekkel, organizmusszinten a sejtek kölcsönhatásaival és így tovább, valamint az adott kompo-

nenszinten ható korlátok leírásával, amelyek viszont csak az adott szint feletti organizációs szinten értelmezhetők. A molekuláris szint korlátai sejtszinten, a sejtszint korlátai organizmusszinten értelmezhetők.

A klasszikus biológiai elméletek mindig az organizációs szinteken alulról felfele haladva igyekeztek az egyes jelenségek magyarázatát megtalálni, ha egyáltalán figyelembe vettek organizációs szinteket. Ilyen típusú elemzés csupán kauzális magyarázatok kidolgozására alkalmas, és alkalmatlan értelmező magyarázatok kialakítására. A kétféle magyarázat megkülönböztetésére vegyük szemügyre például az enzimreakciókat. Az enzimmolekula felfogható specifikus korlátnak, amely az alatta lévő szerveződési szint, a kémiai reakciók szintjének dinamikáját befolyásolja. A kémiai-reakció-mechanizmus és az enzimszerkezet-vizsgálatok kitűnő magyarázatokat szolgáltatnak arra vonatkozóan, hogy hogyan működnek az enzimek, mi a mechanizmusa a kémiai katalízisnek, de ezek a vizsgálatok elvileg alkalmatlanok annak tisztázására, hogy miért jöttek létre enzimek, miért éppen azok jöttek létre stb. Ezek a kérdések csak a sejt organizációs szintjén válaszolhatók meg. Ugyanígy az organizmikus szinten az organizmusok közötti kölcsönhatások, az organizmuskomponensek dinamikája a felsőbb ökológiai szint korlátaival szabályozottak, és ezek a korlátok csak az ökológiai szinten értelmezhetők, kilátástalan ezeket egy még alsóbb szerveződési szinten, pl. molekuláris (genetikai) szinten értelmezni. Vagyis a szexuális szelekció vagy a párosodási rendszer keletkezésének magyarázatát sem kereshetjük az alacsonyabb szinteken, csak a felsőbb ökológiai szinten.

Van egy olyan jellegzetessége a komponensrendszernek, amely rendkívül sok félreértésre vezetett, tulajdonképpen az evolúcióval kapcsolatos legtöbb megoldatlan kérdés erre a jellegzetességre vezethető vissza. Nevezetesen a bioszférának ugyan több organizációs szintje van, de a komponensek sajátos előállítási folyamatai következtében valamennyi változás a legalsóbb szinten, a molekuláris szinten (DNS) rögzül. A különböző szinteken kiépülő korlátok befolyásolják az adott szintek dinamikáját, de a kor-

látok leírása nem az adott szinten valósul meg, hanem a legalsó szint komponenseiben. Nyilvánvalóan egészen másként viselkedne a rendszer, ha ez nem így lenne, ha például az egyes szintek korlátai egymástól függetlenek lennének. Ennek a jellegzetességnek számos következménye van, amelyek közül néhányat említünk.

Egy-egy szint eseményterében a korlátokat számos specifikus változás érheti, amelyek az aktuális dinamikát megváltoztatják, de a korlátok maguk csak jókora késéssel változhatnak meg, mert a korlátok a komponensek keletkezési folyamataiban állandóan újratermelődnek, és csak azok a változások épülnek be ebbe az újratermelődési folyamatba, amelyek a genomban is rögzülnek. Tehát nem sok értelme van a faj vagy egyed szelekciójáról beszélni, mert bármiféle szelekció is hat, csak akkor változtatja meg a rendszert, ha hatására a genom is megváltozik. A szelekció valódi egysége ténylegesen a gén, ahogyan ezt *Dawkins* (1986) is állítja. De, és ez lényeges, hogy nagyon sok esetben egy gén fennmaradása és az organizmus fennmaradása között a kapcsolat igen laza, vagy nem is létezik.

Az adaptáció úgy tekinthető, mint a korlátokban bekövetkező változások rögzítési folyamata a genomban. Ebből rögtön az is következik, hogy nem minden struktúraváltozás tartozik az adaptáció fogalmkörébe, csak azok, amelyek specifikus korlátok kialakításában működnek közre. A sejten belüli kémiai reakciók meghatározott korlátokkal szabályozottak, de nem minden kémiai folyamat, nem minden kémiai tulajdonság megnyilvánulása a korlátok következménye. Ugyanígy a sejtek közötti kapcsolatok létrehozzák az organizmusokat, és ezt a folyamatot a felsőbb organizációs szint korlátai szabályozzák, de ez nem jelenti azt, hogy az organizmus minden tulajdonsága a korlátok megnyilvánulásának következménye. A különböző szerkezeti megoldások, formák stb. kialakulása lehet a sejt dinamika spontán megnyilvánulása. Érvényes ez a megállapítás a korlátok információját hordozó DNS-re is. Ebben is létrejöhetnek olyan strukturális változások, amelyek nem tartoznak a specifikus korlátokhoz (pl. a

„parazita” DNS-szakaszok). Korlátok csak ott jelennek meg, ahol a magasabb rendű organizáció ezt megkívánja. A korlátok az alsóbb szint dinamikája és a felsőbb szint organizációja közötti funkcionális kapcsolat hordozói. Ebből természetesen következik, hogy az adaptáció nem eleve adott feltételezés, a biológusnak éppen az a feladata, hogy a különböző komponensek struktúrájának vizsgálata során kiderítse azokat a specifikus korlátokat, ha vannak, amelyek a komponens funkcióiban megnyilvánulnak, és azt a magasabb szint organizációjába bekapcsolják.

A NEGATÍV ÉS A KREATÍV SZELEKCIÓ

A természetes szelekcióval kapcsolatos evolúcióelméleti problémák főként arra vezethetők vissza, hogy a természetes szelekció nem egységes folyamat. *Ho* és *Saunders* (1979) szerint a negatív hatású stabilizáló szelekció alapvetően különbözik az életképességet érintő szelekciós hatásoktól. Ugyancsak itt érdemes megemlíteni *Riedl* (1978) autoszelekciós koncepcióját is, amely a már kialakult biológiai struktúrák saját szelekciójukat befolyásoló hatása. Mi rendszerelméleti megfontolások alapján korábban bevezettük (*Csányi* 1989) a replikatív szelekció fogalmát, ami szerint minden olyan változás rögzülhet az evolúció során, amely nem akadályozza a szaporodást, azaz a replikációt. A kompetitív szelekció stabilizáló hatása közismert, talán nem érdemes vele részletesen foglalkozni. A replikatív szelekció viszont új fogalomnak tekinthető, ezért valamivel részletesebben tárgyaljuk. A replikatív szelekció csak annyiban negatív hatású, hogy eliminál minden olyan változást, ami akadályozza a replikációt, a sejtek esetében az osztódást, az organizmusok esetében az életképes utódok létrehozását. A negatív hatás mellett sokkal fontosabbnak tűnik a replikatív szelekció kreatív hatása, mert megenged minden olyan változást, ami nem akadályozza a replikációt. A replikatív szelekció ezért rendkívül sok szabadsági fokkal rendelkezik. Az élővilágban imponáló formagazdaság, variabilitás nyilvánul meg

amellett, hogy minden forma képes a saját replikációjára. A replikatív szelekció kreatív volta tehát kielégítően bizonyítható.

A kompetitív szelekció kreatív voltát tulajdonképpen mindig csak feltételezték, bizonyítani sohasem sikerült. A szelekciós hatások kreatív voltát bizonyítandó, gyakran hivatkoznak az ember által kitenyésztett állatok és növények formagazdagságára, de ez rossz példa, mert itt ugyan működik a szelekció, de ez külső befolyás, az ember mint organizáló ágens hatása alatt áll, kreativitása tehát külső eredetű.

A természetes szelekciót általában a környezet hatásának szokták tulajdonítani, érdemes ezt a fogalmat a szelekciós modellünk szempontjából is értelmezni. A biológusok, amikor egy-egy organizmus evolúcióját vizsgálják hajlamosak a rendszer összes többi komponensét környezetnek tekinteni, ez nagymértékben leegyszerűsíti a vizsgálatokat, noha azzal a nyilvánvaló hátránnyal jár, hogy a környezetet valamiféle „külső” tényezőnek tekintjük. A hagyományos biológiai gondolkodásmód környezet—organizmus dichotómiájával az élő komponensek legfontosabb jellemzőjét, a kölcsönhatásokat rekesztjük ki szemléletünkéből. Az autogenetikus komponensrendszer definíciója szerint a komponensek egy funkcionális hálózatot képeznek, amely úgy működik, hogy működésének eredménye ugyanezen hálózat előállítása lesz. Tehát a biológiai környezetfogalom helyébe a biológiai rendszer komponenseinek funkcionális hálózatát kell helyettesítenünk, és így a környezet—organizmus dichotómiát a rendszer—komponens dichotómia váltja fel. Ennek a felfogásnak messzemenő következményei vannak. Világosan kiderül például, hogy a legfőbb szelekciós ágens — akár stabilizáló, akár replikatív szelekcióról legyen is szó — maga a rendszer. Az autogenetikus modell nyelvén: a rendszerben lévő replikatív információ. A biológiai rendszer komponensei az egyes organizációs szinteken kiépült korlátok materializációi. Az eddig kiépült korlátok rendszere a biológiai rendszer organizációja. Mind a replikatív, mind pedig a stabilizáló szelekcióban ez az organizáció az aktív szelektáló ágens. Ilyen módon a meglévő organizáció a szelekciós folyama-

tokon keresztül egy pozitív feed-backkel kapcsolódik ugyanezen organizációhoz, vagyis sajátmagához. Ebből adódik a biológiai rendszer önszervező tulajdonsága.

KONKLÚZIÓK

A legfőbb konklúziónk az, hogy végre fel kell adni az elméleti biológiának azt a kedvenc hipotézisét, hogy az evolúció során valamiféle tökéletesedés menne végbe. Ilyenről szó sincs, bármilyen struktúra, viselkedési elem rögzülhet, ha az adott környezetben, azaz az adott biológiai rendszerben, a megjelenésért felelős genetikai rendszer replikációképes. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy esetenként más szelekciós formák, mint például a természetes vagy kompetitív szelekció befolyása ne lenne kimutatható. A különböző szelekciós mechanizmusok hierarchikusan működnek. A replikatív szelekció van a hierarchia legtetején, ez a legmegengedőbb, legkreatívabb szelekciós mechanizmus. Ez hozta létre végsősoron a rendkívül változatos párosodási szisztémákat is, a kompetitív és egyéb szelekciós formák csak a replikatív szelekció keretein belül működnek, esetenként nyesegetve, terelve a már kialakult formai és viselkedési gazdagságot. A replikatív szelekció axiómájának elfogadása ellentmondásmentes evolúciós elméletet eredményezhet, legalábbis tudásunk ezen szakaszán.

A monogámia és poligámia rendszere elsősorban az adott faj ökológiai viselkedésével függ össze, csak ökológiai szinten magyarázható. Monogámia ott alakul ki, ahol mindkét szülő ráfordítása az utógondozásban a legnagyobb, pontosabban, ahol csak a két szülő együttes ráfordítása eredményezhet utódokat. A madarak táplálékszerzése általában igen nagy energiaráfordítást igényel, ebből következik a monogám viselkedéstípus dominanciája. Az emlősöknél legtöbbször az anya egyedül is képes az utódok felnevelésére, és ezért alakulhatott ki a poligámia.

1986

- Brown, J. L.* (1975): *The Evolution of Behavior*. W. W. Norton Co. Inc., New York, 761.
- Csányi, V.* (1985): *Autogenesis: Evolution of Selforganizing Systems*. In: Aubin, J. P., Saari, and Sigmund K. (eds.): *Dynamics of Macrosystems, Proceedings, Laxenburg, Austria, 1984. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems No. 257*. Springer-Verlag, Berlin, 253—268.
- Csányi, V.* (1989): *Evolúciós rendszerek: az evolúció általános elmélete*. Gondolat, Bp.
- Csányi, V. és Kampis Gy.* (1984): *Autogenezis: a replikatív rendszerek evolúciója*. *Biológia* **32**, 3—23.
- Csányi, V. and Kampis Gy.* (1985): *Autogenesis: Evolution of Replicative Systems*. *J. Theor. Biol.* **114**, 303—321.
- Dawkins, R.* (1986): *Az önző gén*. Gondolat, Bp., 262.
- Hamilton, D. W.* (1964): *The Genetical Evolution of Social Behavior*. *J. Theor. Biol.* **7**, 1—52.
- Ho, M. W. and Saunders, P. T.* (1979): *Beyond Neo-Darwinism an Epigenetic Approach to Evolution*. *J. Theor. Biol.* **78**, 573—591.
- Lewontin, R. C.* (1979): *Sociobiology as an Adaptationist Program*. *Behav. Sci.* **24**, 5—14.
- Trivers, R.* (1985): *Social Evolution*. The Benjamin/Cummings Pub. Co. Inc. Menlo Park, California, 462.

TÁRSADALMI KREATIVITÁS

A KOMPONENSRENDSZEREK TERMÉSZETE

Az élő és az élőbből származtatható kulturális, technikai, társadalmi rendszerek számos közös tulajdonságot mutatnak, amelyekkel már részletesen foglalkoztunk (Csányi 1985, 1989a, Kampis 1988, 1991, Csányi és Kampis 1985, 1987). Röviden összefoglalva, ezek a rendszerek valamennyien úgynevezett *komponensrendszerek*, amelyekre jellemző a komponenseik természete, a komponensek között zajló kölcsönhatások, valamint az organizáció. A legegyszerűbb ilyen rendszer például az élő sejt, amely molekuláris komponensekből épül fel, az egyes sejteket jellemzik a molekulák közötti kémiai és fizikai kölcsönhatások, valamint a sejt replikatív organizációja. A sejt példáján bemutatjuk a komponensrendszerek néhány jellemző tulajdonságát.

A sejt komponensei a molekulák. A molekulákat felépítő atomokat elemi építőköveknek tekintjük. A sejt molekulái szüntelen kölcsönhatásban állanak egymással, a sejt kémiai reakciók szintere. Nagyon sokféle molekula létezik és nagyon sokféle kémiai reakció, azonban nem véletlenszerű azoknak a molekuláknak és reakcióknak a halmaza, amelyek egy-egy sejtet létrehoznak. A lehetséges sejteket az organizáció határozza meg. Minden élő sejtben a molekulák és a kémiai reakciók zárt, folyamatos önmegújító hálózat komponensei. Ez a hálózat úgy szerveződött, hogy képes legyen az egyes molekuláris komponensek előállítására, megújítására. Az ilyen hálózatokat *replikatív hálózatoknak* nevezük, mert a komponensek előállítása lényegében másolási folyamatok során történik (Csányi 1985, 1989c). A másolási folyama-

tok sohasem tökéletesek, időnként új komponensek jelennek meg a sejtben, amely evolúciós időtartományokban a sejt tulajdonságainak megváltozásához, a sejt *autogeneziséhez* vezet.

Hasonló módon autogenetikus replikatív hálózatnak tekinthetők az ökológiai rendszerek vagy például, a társadalom organizációja is. Az ökológiai rendszerben a különböző fajok egyedei a komponensek, és ezek kölcsönhatásai hozzák létre a replikatív hálózatot, amelyben a fajok egyedei a többé-kevésbé szabályozott szaporodási folyamatokban megújulnak. A társadalom komponensei az emberek, tárgyak, eszmék, amelyek replikatív hálózata alkotja a társadalom struktúráját. A mindennapi élet kölcsönhatásaiban születnek az új generációk és mennek el a régiek, új tárgyakat készítenek a régiek helyett, és tanulás, tanítás révén az eszmék is átkerülnek egyik generációból a másikba. A társadalom replikatív hálózata az autogenezis igen aktív szakaszában van, a komponensek és kölcsönhatásaik másolásának pontossága ugyan messze elmarad a molekuláris replikatív rendszerek másolási hűségétől, de a replikatív organizáció megbízhatóan kimutatható (Csányi 1989a, Kampis és Csányi 1987).

A SEJT KREATIVITÁSA

A rendszerek kreativitásának nincsen a rendszerelméletben elfogadott egységes meghatározása, de lényegét intuitíve is megközelíthetjük az élővilág evolúciójának tanulmányozásával (Kampis és Csányi 1988). Az evolúció során rendkívül változatos formák, szerkezetek, viselkedésmintázatok jöttek létre egy-egy konkrét feladat, funkció megoldására. Ha szemügyre vesszük például a madarak csőrét, amely a táplálkozás során a táplálék megragadására kialakult szerkezet, rendkívül nagy változatosságot figyelhetünk meg. A madár csőr ellátja funkcióját akkor is, ha a megragadni kívánt zsákmány parányi rovar, síkos, gyorsan mozgó hal vagy akár erőteljesen védekező négylábú. Ezt a funkcionális változatosságot tekintjük a biológiai evolúciós rendszer kreativitásá-

nak. Az evolúció során az élővilág rendszere egyre bonyolultabb lett, nemcsak ugyanazon funkció ellátására alakultak ki változatos szerkezetek, hanem a lehetséges funkciók variabilitása is folyamatosan növekedett. Az élővilág anyag- és energiaáramlása egyre több speciális funkciót ellátó faj közreműködésével folyik, amelyek egymást kölcsönösen kiegészítve építik fel a teljes bioszférát.

Kreatívnek tekinthetünk tehát egy rendszert, ha működése során képes új funkciókat és a funkciók ellátására új struktúrákat, új folyamatokat létrehozni.

Az evolúció során az élőrendszer kreativitása a variabilitás és a szelekció révén nyilvánult meg.

A sejtek elemi építőköveinek, a kémiai elemeknek a száma mindössze száz körül van, és ezek nagyobb része nem sok szerepet játszik a sejtek életében, viszont a belőlük felépíthető molekula-fajták száma rendkívül nagy. Miután az atomok tulajdonságai minden sejtben azonosak, és még a molekuláris komponensek jórésze is azonos, a sejtek közötti különbségeket az adott sejtben éppen megtalálható, az *adott sejtire jellemző* molekuláris komponensek halmazára vezethetjük vissza. Az evolúció során azokból a molekuláris komponensekből lettek sejtek, amelyek egy-egy funkcionálisan zárt komponenshálózatban beillettek. A genetikai mutáció révén minden generációban a sejtek egy része új komponenseket hoz létre. Az új komponenseket tartalmazó, megváltozott tulajdonságú sejtek közül azok maradnak meg és tükrözik a rendszer kreativitását, amelyek képesek valamilyen, a *sejtek szintjén működő* új funkció ellátására, a többi változat nyomtalanul eltűnik. Ez a természetes szelekció folyamata.

A sejtek példájából általánosítunk a komponensrendszerekre:

1. A komponensek bármiféle strukturális különbségét variabilitásnak tekintjük.
2. A kreativitásra a következő intuitív definíciót adjuk: kreativitásnak tekintjük a rendszerekben megnyilvánuló *funkcióval kapcsolatos variabilitást*.

Vagyis egy adott rendszer saját fennmaradásának, identitásának megőrzése mellett a komponensekben megmutatkozó, a rendszerbe funkcionálisan illeszkedő variabilitás a rendszer kreativitásának mértéke.

Ha a fentiek alapján megvizsgáljuk a sejt mint adott típusú rendszerkategória kreativitásának kérdését, azt állíthatjuk, hogy az elemi építőkövek szintjén a rendszer nem kreatív, hiszen adott, változatlan elemkészlettel dolgozik. Az organizáció második szintjét, a molekuláris szintet potenciálisan óriási variabilitás jellemzi, de ennek a variabilitásnak valójában csak kis része kerül kiaknázásra, hiszen az élő sejtek anyagcseretípusai igen kis változékonyságot mutatnak, az anyagcserét létrehozó molekulafajták száma nemigen lehet több néhány tízezernél, ezen a szinten tehát a rendszer mérsékelten kreatív. A szerveződés harmadik szintjén, a sejtszinten, a kreativitás igen nagyfokú. Az élővilágban 10 milliós nagyságrendbe esik a jelenleg élő fajok száma, és ez sejtszintre lebontva legalább további három nagyságrenddel emeli a funkcionálisan is bizonyosan működőképes variánsok számát.

KREATIVITÁS A KOMPONENSRENDSZEREK BEN

Korábban részletesen foglalkoztunk a komponensrendszerek új tulajdonságainak konkrét megjelenésével (Csányi 1989a, Kampis 1991). Megállapítottuk, hogy az új tulajdonságok megjelenése szoros kapcsolatban van a komponensek ún. *rejtett tulajdonságaival*, ami az atomok esetében kimeríthetetlennek tekinthető (Csányi 1989a, Bunge 1963). Hozzátehetjük ehhez, hogy az új tulajdonság megjelenése az adott organizációnak is függvénye. Ugyanis egy-egy konkrét organizáció a komponensek tulajdonságainak csupán meghatározott, az organizáció létezése szempontjából szükséges részére vonatkozik, arra épül. A komponensek esetleges egyéb saját tulajdonságai az organizáció szempontjából rejtett tulajdonságok. Olyan folyamatokban, amelyekben az organizáció is megváltozik, mint pl. az evolúcióban, az organizáció meg-

változását éppen a komponensek rejtett tulajdonságai teszik lehetővé. A rejtett tulajdonságoknak egy új organizációban történő manifesztációja eredményezi az evolúciót. Ezt a kapcsolatot úgyis kifejezhetjük, hogy az organizáció mintegy szelektálja a lehetséges komponensek saját tulajdonságait, a komponens és az organizáció csupán a másokban kifejezve létezik.

A kreativitás természetesen nemcsak a kevés fajta elemből nagyszámú különböző komponens felépítése révén valósulhat meg, nagyfokú kreativitáshoz vezethet az is, ha egy rendszer az elemi építőkövek szintjén mutat nagyfokú variabilitást, és a különböző komponensekből aránylag egyszerű, uniformizált konstrukciós szabályok segítségével jönnek létre a variabilis magasabb szintű komponensek.

A kevés számú elemből építkező rendszerek példaként a sejteket vettük. A nagyvariabilitású elemkészlettel és uniformizált konstrukciós szabályokkal operáló kreatív rendszer példaként az emberi individualitást létrehozó rendszert tekinthetjük. Az emberi egyedfejlődést elindító zigóták, az egypetéjű ikrek esetét kivéve, minden ember esetében különbözőek, különböznek egyes génekben, mutációkban. A zigótából kialakuló emberi szervezet viszont azonos konstrukciós szabályok szerint jön létre, a kialakult egyének mégis rendkívül nagymértékű variabilitást mutatnak, mert a zigótában meglévő egyedi különbségek és az adott egyént befogadó környezet befolyása speciális, megismételhetetlen egyedi különbségeket hoz létre, individualitást, személyiséget. A lényeg ebben az esetben is az, hogy kialakulhat valamiféle funkcionális variabilitás a legfelső szint hatótényezőinek szelektáló közreműködése következtében.

A fentieket némiképpen leegyszerűsítve, megadható a rendszerek kreativitásának receptje: végy egy elemi építőkökészletet, készíts belőle rendszert, a komponenseket az építőkövek felett legalább két szerveződési szinten alakítsd ki, s rendszered a legfelső, harmadik szinten, megfelelő környezetben igen magas fokú kreativitással fog rendelkezni.

A TÁRSADALMI RENDSZEREK MINT KOMPONENSRENDSZEREK

Ugyancsak vizsgáltuk korábban az emberi társadalmak evolúciós kialakulását (Csányi 1989a, 1989b, 1990). Megállapítottuk, hogy az ember megjelenéséhez vezető, az emberszabású majmokkal közös ős már igen fejlett, csoportosan élő, fejlett kommunikációval, együttműködési viselkedésformákkal és minden valószínűség szerint tárgyhasználattal rendelkező lény volt. Az emberszabású majmok hasonlóan fejlett csoportjai rendszerelméleti szempontból zárt replikatív komponensrendszereket képeznek, amelyek komponensei az egyedek, és a komponensek replikációja a szaporodás során valósul meg. A komponensek folyamatos megújulása egyben az adott csoportok organizációjának fennmaradását is biztosítja (Csányi 1989b).

A majomcsoportok mint autogenetikus replikatív rendszerek, mint az evolúciós folyamat részei, kreatívak. Kreativitásuk azonban nagyrészt a genetikai mutációkon alapszik és biológiai jellegű. Az ember megjelenése, az emberi kultúra kialakulása két teljesen új komponensosztály felbukkanásának következménye. A két osztály az *eszmék* és a *tárgyak* osztálya.

Ezek a következőképpen alakultak ki. Minden állat idegrendszere, a faj fejlettségétől függő mértékben, képes a környezete belső reprezentálására. Ez a belső reprezentáció egy dinamikus modell, amelynek működtetése során nyert adatokból az egyed képes a környezetének bizonyos jelenségeit megjósolni, és azokra felkészülni. Ez az adaptáció legfejlettebb módja. Az egyedekben kiépített modellek teljes mértékben izoláltak. Az állati kommunikáció csak az egyed belső állapotáról, szándékairól vagy limitált esetekben a külső környezetről képes információt szolgáltatni társainak. Ez az információ az állati agyban kiépült környezet-reprezentációba is beépülhet. Rendkívül fontos azonban, hogy az állati agyban kiépült környezetmodell saját komponensei semmiféle módon nem képesek egyik egyedről a másikba átkerülni, leegyszerűsítve: az állat képtelen megosztani tapasztalatait.

Az emberi nyelv evolúciós kifejlődésével azonban olyan kommunikációs eszköz jelent meg, amelynek segítségével az egyedek képesek az agyukban kiépített környezeti modellek saját komponenseit is kicserélni (Csányi és Kampis 1988), ezáltal megindulhat a modellek saját, az egyedek élettartamától független önálló fejlődése, amit másképpen kulturális evolúciónak nevezünk (Csányi 1989a). Az emberi nyelv lehetővé teszi a tapasztalatok közvetlen átadását, létfontosságú ismeretek megszerzéséhez nem szükséges a közvetlen élmény vagy az imitáció. A tapasztalat ekképpen olyan információvá (eszme) válik, amely akár számos generációval később is kifejtheti hatását a csoportban. Az emberi nyelven kommunikált információ, egészen pontosan az információ fizikai alapját képező *memórianyom* így mint alapvetően új komponensosztály jelenik meg a csoportban, amelynek replikációja a tanítás/tanulás folyamatai során valósul meg. Az eszmék komponensosztálya a *tárgyak* osztályának megjelenését is elősegítette. A humánoid csoportok hatékonyságában jelentős szerepet játszott a biológiai tényezők által szabályozott tárgyhasználat és tárgykészítés. Nagyon sok állatfaj is használ tárgyakat különböző tevékenységei során, egyes fajok még egyszerű megmunkálást is végeznek tárgyakon. Egyedül az embernél alakult ki azonban egy sajátos kapcsolat a tárgyak, az agy környezeti modellje és a kommunikáció között. Az ember képes elképzelni a tárgyat, bizonyos logikai sémák segítségével a képzeletbeli tárgyakon műveleteket hajt végre, lényegében a tárggyal kapcsolatos eszmét alakít ki, és képes a tárgykészítés során azt objektívalni, tárgyi formában megjelentetni. A tárgy formájában megjelenő eszme a használat során újra átkerülhet a felhasználó elméjébe. Így rendkívül dinamikus kölcsönhatás lép fel a tárgyak és az eszmék osztálya között. Az emberek, tárgyak, eszmék az a három komponensosztály, amely az emberi társadalom rendszereit felépíti. Mint ezt korábban kifejtettük (Csányi 1989a, Csányi és Kampis 1987) a három komponensosztályból álló rendszer organizációsan zárt, replikatív és autogenetikus. Ez utóbbi azt jelenti, hogy egyik komponens replikációja sem tö-

kéletes, ezért az emberek, tárgyak, eszmék átfedő generációiban új és új tulajdonságú komponensek jelennek meg, amelyek a kulturális evolúció alapját képezik.

SZERVEZŐDÉSI SZINTEK A TÁRSADALOMBAN

A szerveződési szintek meghatározása a társadalmi rendszerek esetében meglehetősen bonyolult kérdés. Hangsúlyozzuk, hogy a következőkben a társadalmi rendszereket mint fizikai entitásokat, emberi, tárgyi, eszmei komponensekből álló rendszereket tárgyaljuk. Az első szerveződési szintnek mindenképpen a komponensek egyes osztályait kell tekinteni, tehát az embert, a tárgyakat, az ideákat. Az ember biológiai szerveződése, a memórianyomok neurobiológiai sajátsszá szerveződése és a tárgyak saját struktúráit leíró organizációk tartoznak ide.

Második szerveződési szintnek tekintjük azokat a folyamatokat, amelyekben ezek a komponensek létrejönnek és megújulnak. Az ember esetében ez a szerveződési szint elsősorban a családot, az oktatási intézményeket, a munkahelyi, politikai, vallási csoportokat tartalmazza, mert ezek gyakorolnak közvetlen befolyást az emberi személyiség kialakulására, de világos, hogy igen nehéz lenne a közvetlenül befolyásoló csoportokat elválasztani azoktól, amelyek csak közvetett hatást gyakorolnak.

A tárgyak esetében a tárgyak tervezésével, elkészítésével kapcsolatos rendszerek tartoznak a második szerveződési szinthez. Az ideák esetében a kommunikációval, oktatással és a tárgyak készítésével kapcsolatos rendszerek az ideák keletkezésének szinterei, ezek tartoznak a második szerveződési szinthez. Megjegyezzük itt, hogy ragaszkodásunk a társadalomnak mint fizikai rendszernek a leírásához például itt válik gyümölcsözővé, mert az eszmék keletkezése és interakciója ugyan a társadalom minden szintjén és minden lokalitásában folyik, de a memórianyomok az emberi agyakban keletkeznek, tehát az eszme komponensek keletkezése mindig széles ér-

telemben vett kommunikációval, tanulással, tanítással, memórianyomok kiépülésével kapcsolatos.

Bármennyire is bizonytalanok a határai a második szerveződési szint organizációinak, bizonyos, hogy az emberi személyiségek-ből, meghatározott eszmékből, meghatározott tárgyakkól magasabb szintű, az organizáció harmadik szintjének tekinthető struktúrák jönnek létre: gyárak, vállalatok, jogi, vallási, oktatási, politikai, társadalmi intézmények, államok, nemzetek, multinacionális vállalatok, világvallások.

Áttekintve ezeknek a magasabb struktúráknak és a komponenseiknek viszonyát, kiegészíthetjük a kreativitás forrásairól korábban elmondottakat. A társadalmi struktúrák esetében nemcsak a komponensek, az emberek, tárgyak eszmék óriási variabilitásával van dolgunk, hanem a magasabb struktúrákat kialakító szabályok is nagymértékben variábilisak, a megvalósuló társadalmi struktúrák elképesztően nagy funkcionális és szerkezeti variabilitását hozza létre, ami a társadalmi rendszerek rendkívüli kreativitásának megnyilvánulása, és a kulturális evolúció nagy sebességének forrása.

TÁRSADALMI AUTONÓMIA ÉS KREATIVITÁS

Az emberi evolúció során a leghosszabb ideig a csoporttársadalmi formációk határozták meg az ember társadalmi létét, ezek befolyásolták biológiai evolúcióját is, nyugodtan állíthatjuk, hogy az ember fajspecifikus biológiai tulajdonságai leginkább a csoporttársadalommal mint felépítménnyel vannak optimális összhangban. A csoporttársadalom szerkezete rokonsági viszonyokon alapul, mindenki által jól áttekinthető és az egyéni fejlődés is jó összhangban van a társadalmi szerkezet lassú változásával. A csoportba születő egyén szocializációja tökéletes, a társadalom adott viszonyait teljes mértékben elfogadja, amikor felnőtte válik, megnyílik a lehetősége a társadalmi ranglétrán történő előrehaladásra. Az értékek, normák csak igen lassan, generáci-

ós idők léptékében változnak. Az emberi komponensek csak evolúciós időléptékben változnak, a korai társadalmakban az eszmék és tárgyak mint komponensek ennél jóval gyorsabban, de a modern időkhöz viszonyítva még mindig nagyon lassan, csak generációkban mérhetően változtak.

A biológiai tényezők és a csoporttársadalom szerkezetének evolúciós szinten kialakult összhangja az oka, hogy a csoporttársadalmak bizonyos jegyei biológiailag is determináltak, és ezek időnként a felszínre törnek a tömegtársadalmakban is. Az ipari forradalom előtti tömegtársadalmakban a biológiai rokonsági viszonyok nagyon lényeges részét képezik a társadalmi struktúrának. A csoporttársadalomhoz képest új típusú kapcsolatok tulajdonképpen azért jelennek meg, mert a rokonsági kapcsolatok már nem képesek a társadalom egészét megszervezni. Kialakulnak a valláson, tulajdonon, államszerkezeten alapuló függőségi viszonyok, amelyek lényegében tehát a rokonsági viszonyok szociális kiterjesztésének foghatók fel. A rokoni társadalomban az egyén adott függőségek hálózatának tagja, saját léte a kapcsolatrendszerének függvénye, és e kapcsolatrendszert, éppen úgy, mint a rokonsági rendszert, nemigen tudja megváltoztatni. A feudális társadalom tipikus példája ennek. A hűbérúr olyan csoport élén áll, amely már sokkal több embert egyesít, mint ahány rokona van, de a kapcsolatok rokoni jellegűek (például annyiban, hogy a hűbéresek szolgáltatásaikért bizonyos védelemben részesülnek) azzal a lényeges kivétellel, hogy a csoporttársadalomra jellemző generációváltást nem követi a hűbéri viszonyokban is bekövetkező változás, a hűbéresből nem lesz idővel hűbérúr. A hűbéresi viszony mintegy infantilizálja a társadalom nagyobb részét, egyszer s mindenkorra meghatározza helyét a társadalmi rangsorban. Miután a tömegtársadalom egyszerűen méreteinél fogva képtelen a korai szocializációt teljes mértékben az adott struktúra konzerválására felhasználni, megjelennek azok az egyének, akik a társadalom felépítményeit elutasítják. De csak igen hosszú fejlődés után, lényegében az ipari fejlődés során jelenik meg a *társadalmi autonómia* eszméje. Az autonómia olyan egyének, csopor-

tok kialakulását eredményezi, amelyek elvetik a társadalom adott rokoni és függőségi viszonyait, és valamilyen önálló cél vagy idea érdekében szerveződnek. Az autonóm egyén választásra képes a különböző ideológiák, ideák, különböző társadalmi lehetőségek között. Az autonóm csoport pedig hasonló gondolkodású, hasonló célú egyéneket egyesít, valamilyen közös cél vagy idea érdekében. Az autonóm ideák elfogadása egyben a monolitikus társadalomszervező ideológiák elvetése.

A modern ipari fejlődés felgyorsulását a társadalmi autonómia tette lehetővé. A rokonságon alapuló társadalom csak igen lassan, a generációváltások ütemében változhat, az autonóm csoportok megjelenése a társadalmi szerkezetváltozást, elsősorban a termelést rendkívüli mértékben felgyorsította, mert kialakult a termelőegységek, vállalatok sajátos autonómiája. Ennek számos tényezője van, az autonóm vállalkozócsoport tagjait nem a társadalmi függőségeknek megfelelően toborozza, hanem olyanokból, akik egyéni tulajdonságaiknál fogva alkalmasak egy adott feladat elvégzésére, egy adott cél követésére, egy adott idea megvalósítására. Ha a társadalom toleráns az autonóm csoportokkal szemben, akkor megindulhat a csoportok versengése, és azok, amelyek valamilyen okból nem képesek feladatukat ellátni, felbomlanak, és lehetővé teszik új összetételű csoportok gyors megjelenését. Az autonóm csoport életideje így átlagban jóval kevesebb lesz, mint a generációs idő, egyfajta szelekció is érvényesül, tehát fejlődésük is felgyorsul. Egy adott vállalkozás szervezői és végrehajtói meghatározott organizációt hoznak létre, ez az organizáció szembesül az adott társadalmi feltételekkel, siker esetén fennmarad, sikertelensége esetén viszont széthullik anélkül, hogy résztvevői különösen nagy kárt szenvednének, a résztvevőkből mint organizációra alkalmas komponensekből új autonóm csoportok, új vállalkozások alakulhatnak. A különböző szervező eszmék *rekombinációja és szelekciója* valósul meg ezen a módon anélkül, hogy a komponensek variabilitása észrevehetően csökkenne. Természetesen nemcsak vállalatok, vállalkozások, hanem különböző társadalmi szervezetek, szerkesztőségek, egyesületek, pártok, működhet-

nek az autonómia alapján. Lényeges itt megjegyezni, hogy az autonóm csoport létrehozására képes *autonóm egyén* is egyfajta szocializáció eredménye, a modern ipari társadalmak jelentékeny energiát fektetnek abba, hogy az egyéni autonómiát kifejlesszék, és a felnőtt életben az *autonóm csoportok szabadon alakulhassanak* és felbomoljanak, ha alkalmatlanok. A jog és politikai rendszer egésze alkalmas kell legyen az autonómia befogadására, de ez csak az egyik előfeltétel, a másik az *autonómiára nevelt* egyének társadalmi méretű produkciója. Az autonómiát nem lehet egyik napról a másikra bevezetni, csak generációs időtartományokban alakulhat ki, mert az emberi komponens előállítása ilyen időtartományban zajlik.

Az autonómia megjelenése felgyorsította a kulturális evolúciót, mert megnövelte a társadalmi organizáció harmadik szintjén a struktúrák váltakozásának dinamikáját. A rokonságon alapuló társadalmak számos olyan, az autonómia ellenható mechanizmust fejlesztettek ki, amely a magasabb társadalmi struktúra konzerválását segítette. A felsőbb struktúrák fennmaradásának saját érdeke gátolta, korlátozta az autonómia kifejlődését. A modern tömegettársadalmakban a rokonságon alapuló társadalmi struktúrák izolációja nagymértékben csökkent, és megjelent a magasabb struktúrák versengése. Ennek a versengésnek a megnyilvánulási formája az autonómia. Ez teszi lehetővé, hogy egy-egy magasabb struktúra emberi komponensei kiváljanak a rokonsági rendszerből, és új típusú struktúrákat hozzanak létre. Természetesen a magasabb struktúrák saját érdeke mindig megjelenik, de autonóm komponensek esetében mindig alárendeltebb szerepet játszik. A rokonságon alapuló társadalmakban az emberi komponensek és a felsőbb struktúrák viszonya kölcsönösen meghatározó volt, az autonóm komponensekből épülő társadalmi struktúrák esetében ez a kölcsönösség kevésbé meghatározó. Az autonóm ember személyes létét már nem fenyegeti annyira a magasabb struktúra, mint korábban. Ennek az lett az eredménye, hogy megnövekedett a társadalmi rendszer kreativitása is, változa-

tosabb, gyorsabban cserélődő, minden szempontból mozgékonyabb társadalmi szerveződések vették át a rokonsági rendszerek funkcióit.

EGY ELLENPÉLDA: A KOMMUNISTA TÁRSADALMAK CSÖKKENT KREATIVITÁSA

A 17-es orosz forradalom hatalmas, rokoni jellegű társadalmat rázott meg, az új rendszernek azonban nem sikerült bevezetnie az ipari fejlődéshez elengedhetetlen társadalmi autonómiát. A szét-tört rokoni és függőségi viszonyokat a sztálinista hatalom új függőségi viszonyaival helyettesítette. A demokratikus centralizmus elve a pártban például, tisztán mutatja a törzsi típusú hatalmi struktúrát. Társadalmi autonómiára semmiféle lehetőség nincsen, esetleges hordozóit elnyomják, bebörtönözik, kiirtják. A sztálinizmus szelídebb, újabb kori változatai, mint az 1956 után Magyarországon kialakult társadalmi struktúra is, lényegükben rokoni típusú társadalmak, ahol az egyén társadalmi léte egy bonyolult, az egész országot átfogó rokoni és függőségi kapcsolatrendszerben zajlik. A struktúrák csak a generációs idők alatt változnak. Az ilyen típusú rendszerek stabilak, és képesek bizonyos szinten relatív jólétet is biztosítani. Ha izolációjuk teljes, akkor egy generációs idő (kb. 35 év) után már nehezen változtathatók, mert a szocializáció során megjelenik egy, a rendszert nagymértékben elfogadó generáció. A stabilitás feltétele a társadalom zártsága, ha viszont külső eszmék, tárgyak áramlanak a rendszerbe, az elkerülhetetlenül bomlásához vezet. Az ilyen társadalom az egyre fejlettebb ipari termékek saját folyamatos előállítására képtelen az autonómia hiánya miatt, ugyanakkor a külföldi eszmék, tárgyak beáramlása következtében az igények erre megjelennek, ami egyre növekvő feszültséget okoz. A feszültségek levezetése során tett engedmények a feszültségek újabb eskalációját eredményezik. A társadalom harmadik organizációs szintjén megjelenő struktúrákra az uniformitás, egyszerűség, a kreati-

vitás teljes hiánya jellemző. A társadalmi organizációt igyekeznek könnyen áttekinthetővé, egyetlen személy vagy kis csoport által irányíthatóvá tenni, a társadalmi szerveződések szinte tökéletesen alkalmazkodnak a hatalom csúcsán lévő személyek elképzeléseihez, ami megint csak a kreativitás csökkenését eredményezi. Generációs időtartományban ez a rendszer is bizonyos értelemben kreatív, mert a hatalom csúcsán lévő személyek cserélődnek, és az új vezetők, új személyiségek új stílust, új módszereket vezethetnek be. A Szovjetunió történelmében a Sztálin-, Hruscsov-, Brezsnyev-, Gorbacsov-korszakok jelzik ezt a fajta kreativitást.

Önmagukban vagy tökéletes izolációban az ilyen típusú rendszerek hosszú ideig fennmaradhatnak, változásuk igen lassú. Az autonómia elvét hasznosítható liberális társadalmakkal körülvéve azonban egy sajátos „ideaszakadék” lép fel. A rendszer, első évtizedei után, a korai szocializáció segítségével egy aránylag koherens eszmestruktúrát, ideológiát hoz létre, ami a fennálló társadalmi viszonyok (beleértve a kommunista társadalom viszonyát a környező társadalmakhoz) teljes magyarázatát és értékrendszerét többé-kevésbé ellentmondásmentesen tartalmazza. Minden, a rendszer ideológiájától eltérő eszme terjesztőjét, hordozóját elnyomják. Miután a tökéletes izolációt nem sikerült megvalósítani, a beáramló eszmék, tárgyak, az engedélyezett külföldi utazások tapasztalatai egy sajátos elleneszmerendszert hoznak létre. Ez az elleneszmerendszer az ideológia kritikáját és a valós viszonyok elemzésének elemeit tartalmazza. Miután az ideológiától való eltérés társadalmi retorziókkal jár, az elleneszmerendszer nem publikus. Kialakulása is lassú, csupán a családi, baráti kapcsolatokban érlelődik. Idővel a kommunista társadalomban élő egyének sajátos kettős eszmerendszer hordozói. A hivatalos, publikus interakcióikban az ideológiát alkalmazzák, az informális interakciókban az elleneszmerendszert. Ha az elleneszmerendszer önszerveződése már olyan nagy fokú, hogy alkalmas az ideológia teljes értékű felváltására, ez bármikor bekövetkezhet, amint az erőszakos represszió lecsökken vagy megszűnik. Mint ez Magyarországon és a többi Kelet-Európai országban szinte egyik

napról a másikra megtörtént. Az egyes kelet-európai országokban a demokratikus átalakulás különbségei szorosan összefüggenek az ellenesmerendszer fejlettségével. Magyarországon és Kelet-Németországban volt az ellenesmerendszer a legfejlettebb, Magyarországon a Kádár-rendszer liberalizmusa folytán, Kelet-Németországban pedig az azonos nyelvű és kultúrájú testvérország befolyása miatt. Az ellenesmerendszer kialakulása is a társadalmi kreativitás egyfajta megnyilvánulása, amit a társadalmi repressziós mechanizmusok sajátos kikapcsolása tett lehetővé.

1991

IRODALOM

- Bunge, M. 1963: The Myth of Simplicity. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J.
- Csányi, V. 1985: Autogenesis: Evolution of Selforganizing Systems. In: Aubin, J.-P., Saari, D. and Sigmund, K. (eds.): Dynamics of Macrosystems. Proceedings, Laxenburg, Austria, 1984. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems No. 257, Springer-Verlag, Berlin, 253—267.
- Csányi, V. 1989a: Evolutionary Systems and Society: a General Theory. Duke University Press, Durham, 304.
- Csányi, V. 1989b: Shift From Group to Idea Cohesion is a Major Step in Cultural Evolution. *Futura*, Vol. 8, No. 1, 36—42.
- Csányi, V. 1989c: Origin of Complexity and Organizational Levels During Evolution. In: Wake, D. B. and Roth, G. (eds.): Complex Organizational Functions: Integration and Evolution in Vertebrates. John Wiley & Sons LTD, 349—360.
- Csányi, V. 1990: Ethology, Power, Possession: A System Theoretical Study of the Hungarian Transition. *World Future*, 29, 107—122.
- Csányi, V. and Kampis, Gy. 1985: Autogenesis: Evolution of Replicative Systems. *J. theor. Biol.* 114, 303—321.
- Csányi, V. and Kampis, Gy. 1987: Modelling Society: Dynamical Replicative Systems. *Cybernetics and Systems*, 18, 233—249.
- Csányi, V. and Kampis, Gy. 1988: Can We Communicate with Aliens? In: G. Marx (ed.): *Bioastronomy—The Next Steps*. Kluwer Academic Publishers, 267—272.
- Kampis, Gy. 1988: On the Modelling Relation. *Syst. Res.* 5, 131—144.
- Kampis, Gy. 1991: Self-modifying Systems in Biology and Cognitive Sciences: A New Framework for Dynamics, Information and Complexity. Pergamon Press, Oxford.
- Kampis, Gy., Csányi, V. 1987: Replication in Abstract and Natural Systems. *BioSystems*, 20, 143—152.
- Kampis, Gy. and Csányi, V. 1988: A System Approach to the Creating Process. *IFSR Newsletter* No. 20, 2—4.

EVOLÚCIÓ: EGY METAFORA FEJLŐDÉSE

A TUDOMÁNYOS GONDOLKODÁS FÁZISAI

A tudományos gondolkodásban tisztán felismerhetőek meghatározott fejlődési fokozatok. A legalacsonyabb szerveződésű forma csupán hiedelmek, sejtések, egymástól elkülönült tapasztalatok szervesen együttese. A következő fokozatban megjelenik egy név, egy *metafora*, amelynek értelmezése még sokféle, de a sejtések, hiedelmek a metaforán keresztül már kapcsolatba kerülnek egymással. A metafora egyfajta „fekete doboz”, amelynek belső szerkezetét, valóságos és jellemző tulajdonságait még nem ismerjük pontosan, de már felismertük, hogy létezik, *megneveztük*, ezáltal elgondolhatóvá és vizsgálhatóvá tettük. A metafora a tudományos vizsgálódások során *modellé* alakul. A modell szimulálja a vizsgált rendszer viselkedését. A modell és a modellezett rendszer működésének izomorfája egyszerűsítéseken, azonosításokon alapszik, és a modellezett bonyolult rendszer magyarázatára, valamint működésének kiszámítására, megjósolására használjuk. Rendszerelméleti definíciója: a modell mindig egy egyszerűbb rendszer, amelyben a komponensek és a komponensek kölcsönhatásai többé-kevésbé *izomorfak* a modellezett összetettebb rendszer komponenseivel és a komponensek kölcsönhatásaival. Egy modell értékét mindig gyakorlati használhatósága adja meg, de mint azt egyszer Neuman János (1960)* kifejtette, a modelltől

* „Kezdetnek hangsúlyoznunk kell egy állítást, amelyet Önök bizonyára hallottak már, de amelyet újra és újra ismételnünk kell. Ez az, hogy a tudomány nem magyarázatokat próbál adni, nem is interpretációkat keres, a tudomány főként

megköveteljük a logikai eleganciát is. A modell belső organizációja ellentmondásmentes kell legyen, ez független attól, hogy tulajdonképpen mennyire jó, mennyire használható a modell. Ami persze gyakran azzal a hátránnyal is jár, hogy sokan, ha logikailag korrekt modellt használnak, azt hiszik, hogy a tiszta logika egyben a modell jóságát is bizonyítja. Ez természetesen nem igaz. A megfelelő logikai szerkezet elengedhetetlen, de nem elegendő feltétele a modell használhatóságának. A tudományos gondolat legmagasabb fokú szerveződése a „paradigma”, amely lényegét tekintve különböző tudományos modellek és az alacsonyabb fokú szerveződési formák, a metaforák, sejtések, hiedelmek többé-kevésbé ellentmondásmentes magasabb rendszere (I. ábra). A hangsúly itt a „többé-kevésbé” van.

A sejtések—metaforák—modellek fejlődésére számtalan jó példát kínál a kémia és a biológia története. A 18. század elején a kémikusok már igyekeztek a kémiai jelenségeket egységes elvek alapján megmagyarázni. Sejtették, hogy az egyes kémiai átalakulások valamiképpen visszavezethetők lesznek majd egyszerűbb komponensek kölcsönhatásaira. A G. E. Stahl (1660—1734) által kidolgozott flogiszton-elmélet** egy korrekt modell a mai

modelleket állít fel. Modellen az olyan matematikai konstrukciót értjük, amely — bizonyos szóbeli értelmezést hozzáadva — leírja a megfigyelt jelenségeket. Az ilyen matematikai konstrukciót kizárólag és éppen az igazolja, ha várható, hogy működik, vagyis ha egy elég széles körben pontosan leírja a jelenségeket. Továbbá bizonyos esztétikai kritériumoknak is eleget kell tennie, vagyis ahhoz képest, amit leír, többé-kevésbé egyszerű kell legyen.” (Neuman 1960)

** A flogiszton-elmélet szerint minden éghető testben, ideszámítva a fémeket is, van egy közös alkotórész, amelyet flogisztonnak neveznek. Az égés lényege az elmélet szerint a flogiszton eltávozása az égő anyagból. Minél jobban éghető egy anyag, annál több flogiszton tartalmaz. A fémek a „földeknek”, a mai fémoxidoknak a flogisztonnal alkotott vegyületei. Amikor a fém elég, eltávozik belőle a flogiszton, és visszamarad a föld. Azt a megfigyelést, hogy a fémek súlya elégetéskor megnövekszik, noha flogiszton távozik belőlük, azzal magyarázták, hogy a flogiszton negatív súlyú anyag, amelyre a nehézségi erő taszítólag hat. A flogiszton-elmélet a 17. sz. közepétől a 18. sz. utolsó negyedéig általánosan elfogadott volt.

sejtések, hiedelmek, megfigyelések, vélemények

Metafora

Elnevezés valamelyik jellegzetesnek vélt tulajdonság alapján

Modell

Strukturális és működési mechanizmusok logikailag korrekt szerveződésben

Paradigma

Modellek, metaforák, sejtések, hiedelmek, vélemények többé-kevésbé szervezett rendszere

1. ábra

A paradigma struktúrája

értelemben, amely megmagyarázza, hogy a fémek elégetésekor keletkező maradványok miért lesznek nehezebbek. A flogiszton-modellben szereplő flogiszton egy metafora, egy feltételezett anyag, amely antigravitációs tulajdonságú, és a fémekkel egyesülve azokat könnyebbé teszi. Hevítéssel a fémekből kiűzhető. A flogiszton metaforája nem bizonyult fejlődésre képesnek. A L. Lavoisier 1777-ben született metaforája, a „savanyító princípium” vagy görögül az „oxygine principle” ugyanezen jelenségek magyarázatára megfelelőbbnek bizonyult, modellté vált fejleszthető, és 120 évvel később az oxigén cseppfolyósításával a metafora átalakult egy látható, kézzelfogható valamivé, kékes színű, cseppfolyós, sistergő folyadékká. A metaforából realitás lett (Harris 1912).

Egy biológiai példa a malária, amelynek neve két olasz szóból származik, amelyek rossz levegőt jelentenek. Ez a metafora azokat a hiedelmeket foglalta össze, amelyek szerint a mocsarak, nedves árterületek látható érzékelhető párái, kigőzölgései a légzéssel a szervezetbe kerülve súlyos betegséget okoznak. Ha el

akarod kerülni a maláriát, óvakodj a nedvességtől és az éjszakától! Persze senki sem tudta, hogy pontosan hogyan lesz a belélegzett mocsárgőzőkből betegség. Nem volt még megfelelő modell. 1880-ban azonban felfezték a malária kórokozóját, kiderült, hogy a betegség alapja egy állati parazita, a mikroszkopikus *Plazmodium malariae*, amely a vörösvértetek szétroncsolásával károsítja a szervezetet. A betegség kialakulását és terjedését magyarázó, gyakorlatilag is hasznos, jó modellt akkor voltak képesek készíteni, amikor felfedezték, hogy az *Anopheles* szúnyog játszik döntő szerepet a plazmodiumok terjesztésében (Harris 1912). Láthatjuk, hogy a metafora sem volt haszontalan, a malária esetében igen lényeges ismereteket tartalmazott, de belső szerkezete fejletlen volt, a tapasztalatok, sejtések nem alkottak logikailag is korrekt koncepcióstruktúrát. A sejtések lényeges komponensei a metaforának, de a metafora egészét mégis inkább egy „fekete doboznak” tekinthetjük, és a tudományos fejlődés éppen e fekete doboznak egzakt modellé alakulásában nyilvánul meg.

AZ EVOLÚCIÓ METAFORÁJA

Az evolúciós metafora kialakulásáról igen sok könyvet írtak már (egy kitűnő tanulmány Ernst Mayré [1982], és nem tekintem feladatommak ezeknek a tanulmányoknak az ismertetését még vázlatosan sem, de szeretném e metafora fejlődésének egy olyan vonulatát bemutatni, amely az elméleti biológia számos fontos, jelenleg is megoldatlan kérdéséhez vezet el, és amely saját elméleti munkáimmal is szorosan kapcsolatos.

A 18. századi felvilágosodást megelőzően nem szokás tudományos paradigmákról beszélni, hiszen még a mai értelemben vett tudományról sem beszélhetünk, de a világról, az életről, a társadalomról szóló sejtések, hiedelmek, primitív modellek meglehetősen koherens világképet alkottak Európában. E világkép két alappilléren nyugodott. Az első egy intelligens, racionális *teremtő* feltételezése volt. A második az a hit, hogy a világ *statikus* és

tökéletes. A két sejtés egymással is összhangban állott. A minde- nekfeletti intelligencia csak egy tökéletes világot teremthetett.

A természettudományok közül elsőként kifejlődő fizika „természetes” magyarázatokat keresett, olyanokat, amelyek a dolgok, jelenségek természetes létéből, tulajdonságaiból vezeti le a magyarázatokat. Valamivel később a természetes magyarázatok igénye a társadalommal foglalkozó tudományokban is megjelent. Amerika felfedezése, a nagy utazóknak az archaikus társadal- makról szóló beszámolóit felvetették azt a kérdést, hogy a jelenlegi civilizált társadalom hogyan fejlődött ki egy korábbi primitívebb állapotból. 1725-ben jelent meg Giovanni Battista Vico korszak- alkotó műve, a *Scienza Nuova*, amelyben az emberi történelem egyes állomásait, egymásra következő szakaszait a szerző egy szakadatlan *evolúciós folyamatnak* tekinti. Bernard de Fontenelle 1686-ban megjelent művében az emberi világok pluralitásáról írt, feltételezi az életet más bolygókon is. I. Kant egy evolúciós koz- mológiai elmélet alkot. A biológián belül a rendszertan kialakulá- sa után lehetővé vált a fossziliák rendszerezése is, kiderült, hogy vannak kihalt fajok, csökevényes szervek (ez teljesen összeegyez- tetthetetlen volt az Intelligens Teremtő koncepciójával) semmi- képpen sem lehet tehát az élővilágot mint egy egyszer megterem- tett és tökéletesre készített valamit elképzelni. J. B. P. Lamarck (1744—1829) az egyes fajok leszármazási sorai átalakulásának, fokozatos transzformációjának jelzésére használta az evolúció metaforáját. Az evolúciós transzformáció megmagyarázta a jelen- legi fajoktól eltérő fossziliák létezését, mert ezeket a folyamatos transzformáció korábbi állapotainak lehetett tekinteni. Lamarck- nak azonban nem sikerült elfogadható modellt alakítani az evolú- ciós metaforát, főképpen azért, mert ragaszkodott ahhoz a felté- telezéséhez, hogy a szerzett tulajdonságok a leszármazási sorok- ban megszilárdulhatnak, lényegében öröklődnek. A későbbiekre nézve igen fontos volt azonban az, hogy Lamarck elképzeléseiben rendkívül nagy szerepet tulajdonított a környezetnek. Feltételez- te, hogy a fajok evolúciójának egyik tényezője a környezet folya- matos változása. A másik tényező valamiféle, a teremtőtől eredő

belső törekvés a tökéletesedésre, strukturális és organizációs komplexitásra.

Világosan kell látnunk, hogy az evolúciós koncepció ebben a fázisban még nélkülözte azokat a konkrét mechanizmusokat, logikai szerkezeteket, amelyek belőle egy modellstruktúrát képezhettek volna. Az evolúció metaforája átalakulást, változást, fejlődést, valamiféle bonyolultabb, magasabb rendű forma megjelenését sugallta a biológiában és a társadalomban egyaránt, anélkül hogy a változások lezajlásának konkrét mechanizmusát magyarázni vagy előre megjósolni képes lett volna.

DARWIN: A METAFORA MODELLÉ ALAKUL

A lamarcki evolúciós metaforát C. R. Darwin (1859) alakította át logikailag koherens, bizonyos mértékig tesztelhető, sőt prediktív modellé. Ez úgy történt, hogy a metafora fekete dobozát konkrét biológiai mechanizmusokkal és azok logikai kapcsolataival töltötte ki. Mayr (1982) analízise szerint a darwini elmélet meghatározott logikai szerkezettel rendelkezik. Három megfigyelésből indult ki, amelyekkel korábban, populációbiológiai esszéjében, T. R. Malthus angol matematikus is foglalkozott:

1. *Minden fajnak óriási a szaporodási kapacitása*, és képes a túlszaporodásra. Például egy házilégy pár utódainak száma egy év alatt meghaladja a hattrilliót, ha mindegyik életben marad. Egy elefántpár, amely sokkal lassabban szaporodik, mint a házilégy, 19 millió utódot képes létrehozni, igaz, 750 év alatt. Egyetlen bélbaktérium, amelynek osztódási ideje 20 perc, képes lenne anynyi utódot létrehozni 52 óra alatt, hogy tömegük elérné a Föld tömegét.

2. *A különböző fajok populációinak egyedszáma hosszabb idő alatt vizsgálva többé-kevésbé állandó*. A halálozások száma megközelítőleg azonos a születések számával, és a legtöbb változás átmeneti vagy ciklikus. Például egy kéthektáros területen élő fehérlábú pocokpopuláció hosszú éveken keresztül végzett vizsgálá-

lata azt mutatta, hogy a létszámuk a téli hónapokban 5—20 között, és a nyári hónapokban, a tavaszi szaporodási periódus után 30—100 között változik.

3. *Az erőforrások korlátozottak.* A populációk azért nem növekednek egy bizonyos határon túl, mert valamilyen erőforrás: táplálék, búvóhely, fészkelőhely, territórium stb. hiánya ezt nem teszi lehetővé. Alacsonyabb rendű fajok populációit igen gyakran az időjárás változásai, pl. a hőmérséklet csökkenése ritkítják meg nagymértékben.

A három jelenségből Darwin levonta az alábbi következtetést:

I. következtetés: Az egyedek között vetélkedés folyik az erőforrásokért. Ez az idea nem volt már új Darwin idejében, de ő hangsúlyozta először, hogy a vetélkedés a hasonlók között, tehát a faj, illetve a populáció egyedei között a legnagyobb, hiszen ezek teljesen azonos erőforrásokat, táplálékot, fészkelőhelyet stb. igényelnek. A későbbi ökológiai kutatások igazolták azt, hogy a különböző fajok „szakosodnak” a különböző erőforrásokra, és így a fajok közötti versengés nem olyan kifejezett, mint a fajon belüli.

A további következtetésekhez Darwin újabb jelenségekre támaszkodott:

4. *Az egyed különlegessége.* Főként az állattenyésztéssel kapcsolatos tapasztalatok bizonyítják, hogy egy állatcsoport minden egyede sok tulajdonságában különbözik a többitől, minden egyed különleges, megismételhetetlen csoportját hordozza a fajra jellemző tulajdonságoknak. Egyáltalán nem mindegy, hogy melyik anyát vagy apát választjuk a következő generáció szülőjének. Ezen a felismerésen alapul az állatnemesítés évezredes gyakorlata.

5. *Az egyedi különbségek nagy része öröklődik.* Noha Darwin nem tudta ezt a megfigyelést a genetika kísérleti bizonyítékaival alátámasztani, mégis feltételezte, és ma tudjuk, hogy ez a feltételezése tökéletesen helytálló volt, hogy az egyedi különbségek jó része valamilyen módon öröklődik. Ha a tulajdonságokat elemi „egységekre” bontjuk, kimutatható, hogy ezek az „egységek” az utódgenerációkban valamilyen formában újra és újra megjelennek.

II. következtetés. A differenciális szaporodás. A nagy szaporodási kapacitás, valamint az egyedek közötti különbségek képezik a természetes szelekció mechanizmusát. Darwin feltételezte, hogy az egyedi variabilitás következtében mindig lesznek olyan egyedek, amelyek szaporodási teljesítményükben társaikat felülmúlják, így ezeknek a következő generációban relatíve több utódjuk lesz, mint társaiknak.

III. következtetés. A generációváltásban jelentkező változások sok generáción keresztül összegeződnek, és ez az *evolúció*. Vagyis ha az öröklődő tulajdonságoknak a túlszaporodás és az erőforrásokért való vetélkedés miatti természetes szelekciója sok generáción keresztül folytatódik, akkor ez az egyedek tulajdonságainak fokozatos megváltozásához vezet, amelyet mint *evolúciós folyamatot* észlelünk (2. ábra).

Darwin saját maga a következőképpen határozta meg az evolúciót: „All organisms have descended with modification from common ancestors. The chief agent of modification is the action of natural selection on individual variation.” (Darwin 1859).

A darwini modell a szaporodási kapacitás természetére, a variabilitás, az öröklődés mechanizmusára, a szelekció jelenségére és ezek logikai kapcsolatára épül, és kielégítően magyarázza a *leszármazási sorok transzformációját*, aminek megnevezésére Lamarck az evolúció metaforáját használta. A részmechanizmusok korrektek, tudományosan ellenőrizhetők. Darwin önéletrajzából tudjuk, hogy elméletének alátámasztásában milyen fontos szerepet tulajdonított a háziállatok tudatos szelekciójával létrejött változatok kialakulási jelenségének. A genetika formális tudománya nélkül is felismerte, hogy az evolúciós modellnek legfontosabb mechanizmusa az öröklődési mechanizmus.

Az evolúciós elmélet Darwin utáni fejlődése, a szintetikus elmélet kialakulása lényegében a modell két fő alkotójának, az öröklődési mechanizmusnak és a populációk szaporodási tulajdonságainak a pontos kvantitatív megfogalmazásában nyilvánult meg. Az evolúciós modell nyelve a populációgenetika lett, és minden evolúciós problémát a populációgenetika modelljeivel vélték megold-

1. megfigyelés

populációk óriási
szaporodási kapacitása

2. megfigyelés

az egyensúlyi populáció-
méret állandó

3. megfigyelés

korlátozott erőforrások

4. megfigyelés

az egyedek egymástól
különbözőek

5. megfigyelés

az egyedi különbségek
nagy része öröklődik

I. következtetés

vetélkedés az egyedek között
az életbenmaradásért

II. következtetés

differenciális szaporodás
természetes szelekció

III. következtetés

folyamatos változás
generációk során:

Evolúció

2. ábra

A darwini elmélet logikai struktúrája Mayr szerint

dani. A genetikai anyag izolálása, a molekuláris biológia kialakulása pedig végleg megerősítette ezt a modellt.

A biológia fejlődése 130 éve a darwini modell körül forog, és egészen a legutolsó évtizedekig úgy tűnt, hogy az evolúciós elmélet a biológia vitathatatlan fundamentuma lett. Minden biológiai

elmélet az evolúciós modellhez csatlakozott, azt támasztja alá vagy éppen attól nyeri saját bizonyítékát.

Mi akkor a probléma? Miért újultak fel ádáz viták az evolúciós elmélet körül? A kérdésre a választ az evolúciós metafora értelmezésében találhatjuk meg.

Lamarck is, Darwin is a leszármazási sorok transzformációját tekintette evolúciónak, vagyis az evolúció objektumai a fajok. Az evolúciós modellben ezeken az objektumokon genetikai műveleteket végeznek, és az eredmény az objektumok, a fajok megváltozása. Ki vitathatná azt, hogy a fajok megváltozását genetikai változások kísérik? Senki. Még azok sem, akik újabban az *evolúció metaforáját kiterjesztve értelmezik*. A klasszikus evolúciós modell győzelme éppen azért, hogy az egész biológia alapja lett, új metaforát eredményezett:

Az evolúció az egész bioszféra története.

Az új metafora már nemcsak egyes fajokról, hanem az egymással kölcsönhatásban lévő fajok összességéről beszél. Megjelenik a rendszer, a kölcsönhatás, a szerveződési szintek, az evolúció irányára történő utalás, de hol vannak a mechanizmusok? Hogyan lesz ebből modell?

A biológia Darwin utáni fejlődése nemcsak a populációgenetikát és a molekuláris genetikát hozta létre, kialakultak más tudományágak is, az ökológia, az etológia, a biológiai rendszerelmélet, rájöttünk arra, hogy az élővilágban szerveződési szintek vannak, az élőlények egymásra is hatnak, sőt éppen ez a legfontosabb hatás, ami egy organizmust érhet. Kifejlődtek az élet keletkezésével foglalkozó elméletek. Felvetődtek megválaszolatlan kérdések: Van-e iránya az evolúciónak? Ha nincs, mint sokan állítják éppen a populációgenetikai modellek alapján, hogyan alakultak ki a szerveződési szintek? Mi az evolúció kreativitásának forrása? Hogyan képes az állandóan változónak feltételezett környezet ilyen komplex, látszólag jól szervezett, organizációs szintekre tagolódó, sokak szerint egységes rendszerként működő entitást, mint a bioszféra, létrehozni?

Egyáltalán, a fajok vagy az egész bioszféra fejlődik?

Az evolúciós metafora darwini, klasszikus értelmezése olyan modellek kidolgozásához vezetett, amelyek minden egyéb sikerük mellett, a fenti kérdések megválaszolására alkalmatlanok. Hangsúlyozni szeretném, hogy nem arról van szó, mint azt néha a témában járatlanok hinni vélik, hogy a biológusok magát az evolúció koncepcióját vitatják. Nem, a vita az evolúciós koncepció új értelmezése körül van. Arról van szó, hogy az evolúciós metafora kiterjesztése valószínűleg egy teljesen új biológiai paradigmához fog elvezetni.

EVOLÚCIÓS RENDSZEREK

Az evolúciós metafora újrafogalmazása rendszerelméleti koncepciókat igényel. Vegyünk egy könnyen érthető példát. Az élet keletkezésének modellezésére éppen a kurrens evolúciós paradigma számos, genetikai mechanizmusokra épített modellt nyújt. Modelleket készítettek arról, hogy hogyan jött létre az első sejt, hogyan jelent meg a fehérjeszintézis, hogyan alakult ki a genetikai kód, mikor lett a DNS az öröklődési anyag. Ha már valamiféle genetikai mechanizmussal rendelkező sejt kialakult, az egész jelenlegi élővilág kialakulása magyarázhatónak látszik a leszármazási elmélet és a klasszikus evolúciós modell alkalmazásával. Vagyis ezekben a modellekben is lényegében a leszármazási vonalak, a protosejt „fajok” az evolúció alanyai. Holott semmi okunk feltételezni, hogy az első protosejtek rendelkeztek olyan izolációs mechanizmusokkal, amelyek elegendő *identitást* biztosítottak számukra ahhoz, hogy a darwini elméletben fontos szerepet játszó, egymástól genetikai tulajdonságaikban különböző egyedek populációját hozzák létre. Sokkal valószínűbb, hogy az individualitás csak későbbi evolúció eredménye, és a sejtalkotó makromolekulák minden különösebb akadály nélkül változtathatták helyüket az egyes protosejtek között. Jogosan felvethető

tehát az a kérdés, hogy vajon a primitív protosejt helyett nem az „ősleves” volt-e az evolúció alanya? Az ősseves valószínűleg a bolygó egész felszínére kiterjedt kémiai rendszer. Képes volt-e ez fejlődésre, transzformációra, evolúcióra? Ha igen, akkor viselkedése milyen modellekkel írható le? A *protosejt* — *ősleves* leginkább a *komponens* — *rendszer* fogalompárosnak feleltethető meg. És ez a fogalompáros egy szerveződési szinttel lejjebb a *molekula* — *protosejt* kapcsolatra és egy szinttel feljebb a későbbi *fajok* — *bioszféra* viszonyban is értelmezhető. Ha a fajok az evolúció alanyai, akkor a makromolekulák is azok voltak. Ha a makromolekulák evolúciója egy organizált entitás, a sejt megjelenését eredményezte, akkor a fajok evolúciója is egy organizált bioszféra (*Gaia?*) (*Lovelock* 1979) megjelenéséhez kell vezessen. Milyen viszonyban vannak a fajok az egész bioszférával? A bioszféra csupán a fajok halmaza, vagy pedig vannak olyan kritériumok, amelynek alapján a bioszféra mint egységes egész, mint élő komponensekből felépülő *rendszer* jelenik meg? (*Csányi* 1987)

A kérdések korrekt megválaszolására elég visszanyúlnunk a klasszikus evolúciós elmélethez. Az evolúció motorja a darwini *természetes szelekció*, a szelekciós erők természetéről, mintázatairól azonban a klasszikus elméletnek nincsen sok mondanivalója, a szelekciós erők a „*környezetből*” származnak. A környezet az az univerzális *külső* ágens, amely az evolúciós változásokért végső soron felelős. Az egész klasszikus evolúciós metafora azonban „fejre áll”, ha a környezetet a mai biológiai ismereteink alapján szemügyre véve azt állítjuk, hogy egy faj környezetének legfontosabb tényezői az *egyéb élő fajok*. Nehéz lenne ennek az állításnak az igazát vitatni. Ha viszont elfogadjuk, akkor azonnal kiderül, hogy egy különös *visszacsatolást* iktattunk be az evolúciót magyarázó modellbe. Egy adott faj evolúciója a környezet szelekciós hatásának függvénye, de ez az állítás minden fajra igaz, és akkor kiderül, hogy az evolúció legfontosabb hajtóereje maga az evolúció, hiszen minden faj változik, alkalmazkodik, és ez a folyamat a többi faj számára megváltoztatja a környezetet, a szelekciós feltételeket. Egy önmagára visszacsatolt rendszer viselkedése

megmagyarázható-e a populációgenetikai modellekkel, amelyek csak arra a kérdésre tudnak választ adni, hogy ha a szelekciós feltételek megváltoznak, akkor hogyan változnak az allél gyakoriságok, és ezt nevezzük evolúciónak. Ez bizonyosan nem elégséges válasz, elvileg új modellekre van szükség, amelyek meghaladják a populációgenetikai mechanizmusokat anélkül, hogy eldobnák azokat. Egy önmagára visszacsatolt rendszer viselkedésének időbeli változásáról például jogos feltételezni, hogy meghatározott iránya van, hogy egyensúlyi állapotba kerülhet, nem lesz meglepő, ha szerveződési szinteket mutat stb. Valamint, és ez a legfontosabb, a klasszikus modell külső tényezője, a környezet jórészt *belső ágenssé* válik, amely maga is alanya ugyanannak az evolúciós folyamatnak. A kérdés többé nem csak az lesz, hogy a megváltozott környezet hogyan alakította ki az adott fajt, hanem az, hogy *miért és hogyan változott meg a környezet*. Ez azonban „ördögi kör”. A biológiában ma elfogadott klasszikus evolúciós paradigmán belül ezekre a kérdésekre nincs kielégítő válasz.

Érdekes módon az evolúciós metafora rendszer szintű kiterjesztése a biológián kívül már réges régen megtörtént. Az első jelentős kiterjesztés kétségtelenül a biológusok által nagyon nem kedvelt Herbert Spenceré (1862). Spencer általános evolúciódefiníciója a következő:

„Evolution is definable as a *change* from an incoherent homogeneity into a coherent heterogeneity, accompanying the dissipation of motion and *integration* of matter.”

Ebből a meghatározásból és eredeti szövegkörnyezetéből is világos, hogy Spencer az evolúciót nem úgy fogja fel, mint egy rendszer kitüntetett komponenseinek időbeli transzformációját, hanem a változásokat az egész rendszerre értelmezi, és az egész rendszerre vonatkozóan definiálja. Érdemes mellé állítani a jelenkor egyik kitűnő teoretikusának, J. Maynard-Smithnek (1969) a meghatározását:

„We shall regard as alive any population of entities which have the properties of multiplication, heredity and variation. The justification for this definition is as follows: any population of any

entities with these properties will evolve by natural selection so as to become better adapted to its environment. Given time, any degree of adaptive complexity can be generated by natural selection.”

Maynard-Smith még mindig csak a *komponensekről* beszél, mert csak ezek illeszthetők a klasszikus modellbe, de a metafora új értelmezése ennél többet kíván. *Rendszermodellre* van szükség, ahol az egyes komponensekre ható szelekciós erők többé nem külső ágensek, hanem az adott rendszer felépítésének, belső organizációjának, a rendszer saját evolúciójának levezethető következményei. A klasszikus modellben a komponensek transzformációjának hajtóereje a környezethez történő minél tökéletesebb adaptáció, ha a környezet fogalmát felváltjuk a teljes-rendszer fogalmával, akkor a hajtóerő a „nagy egészhez” történő egyre tökéletesebb illeszkedésnek felel meg. Hogyan modellezhető ez a jelenség, ha a „nagy egész” maga is folyamatosan változik? Mit tekinthetünk például az „egész” változása hajtóerejének?

A genetika, populációgenetika, molekuláris genetika kitűnő modelleket, mechanizmusokat szolgáltatott az élővilág egyes jelenségeinek magyarázatára, de csak elszigetelt rendszerkomponensek változásaival operálnak. Különösen feltűnő a klasszikus modellek használhatatlansága, ha figyelembe vesszük, hogy az evolúciós metaforát a biológián kívül is alkalmazzák. Használják az emberi elme (Csányi 1990), a technológia (Sahal 1976), a kultúra (Boyd és Richerson 1985, Csányi 1989a, 1989b), a társadalom (Csányi 1988a, 1988b, 1989a, Csányi és Kampis 1987a, 1987b, 1991, Pantzar és Csányi 1991, Kampis és Csányi 1992) időbeli változásainak leírására, sőt az Univerzum viselkedésének értelmezésére is (Chaisson 1988). Ezeknél az értelmezéseknél minden esetben komponensek kölcsönhatásaira épülő rendszer változásairól van szó. Kampis György (1987a, 1987b, 1991) remek áttekintést ad ezekről a kérdésekről.

AZ EVOLÚCIÓS FOLYAMAT „EGYSÉGEINEK” KÉRDÉSE

Az előbbieken folyamatosan sorolt kérdésekre csak paradigmaváltással lehet majd korrekt feleleteket, azaz legalább némi-képpen magyarázó vagy prediktív modelleket létrehozni. Nincs itt helyem, hogy az egész problémakört áttekintsem, megtettem ezt már néhány elméleti publikációban (Csányi 1978, 1979, 1982a, 1982b, 1985, 1986, 1988a, 1989a, 1989c, 1989d, 1992; Csányi és Kampis 1985, 1988, Kampis és Csányi 1990, Csányi és mt. 1991). Szeretnék azonban néhány, általam a legfontosabbnak tartott kérdést, ha felületesen is, érinteni. Nagy vita van az elméleti biológusok között az evolúciós folyamat egységeit illetően. A klasszikus elméletben az organizmus a szelekció és egyben az evolúció egysége. Az organizmust érik a környezet hatásai, az organizmus pusztul el vagy szaporodik, logikus tehát ezt tekinteni az evolúció egységének. Újabban, elsősorban Dawkins (1976) szellemes elmefuttatásai nyomán, a gén is komoly jelölt az egység szerepére, hiszen a gének élettartama meghaladja az organizmusokét, az organizmus nem másolódik át az új generációba, de a gén igen stb. Mások a felsőbb szerveződési szinteken keresik a szelekció egységét, így pl. Stanley (1975) szerint a fajok maguk is szelekciós folyamat alatt állanak, felmerült az a lehetőség is, hogy az ökológiai rendszerek is szelekciós folyamat alanyai (Dubar 1972, Csányi 1989a). A szelekció egységének meghatározásánál a klasszikus elmélet fő szempontja az volt, hogy az adott egység-individuum legyen, variábilis és rendelkezzen átörökítő képességgel, egyszerűbben kifejezve képes legyen a térbeli, fizikai replikációra. Ezek a követelmények szigorú megfogalmazásban bizonyos entitásokat kizárnak az evolúció köréből. Például a bioszféra csupán egyetlen példányban fordul elő, legalábbis a Földön, ezért nincsenek variánsai, tehát képtelen az evolúcióra (Dawkins 1982). Az emberi személyiség mint konkrét individuális entitás szintén egyetlen példányban létezik, tehát kifejlődésének folyamatát a fenti gondolatmenet alapján nem lehetne evolúciós folyamatnak

tekinteni. Ugyanígy a társadalmi rendszerek is megfoszthatók az evolúció lehetőségétől, mert csak egyetlen individuális példányban léteznek. Egészen más kérdés az, hogy sokféle társadalmi rendszer létezhet egymás mellett, és a klasszikus elmélet azok szelektív túlélését esetleg elfogadná mint evolúciós folyamatot, itt azonban konkrét individuális rendszerekről van szó. A társadalomtudományokban ennek ellenére az evolúciós metaforát széles körben használják a személyiség, a társadalom változásainak jellemzésére.

VÉGÜL IS KINEK VAN IGAZA?

Az evolúciós metafora minden probléma nélkül kiterjeszthető a fent említett rendszerekre akkor, ha a variabilitást nemcsak a térbeli variabilitásra, számos példány egyidejű jelenlétére korlátozzuk, hanem bevezetjük az *időbeli variabilitást* is, ahogyan én ezt a replikatív autogenetikus modellben tettem (Csányi 1989a). A koncepció lényege, hogy egy kölcsönható komponensekből álló rendszer, amelyben a komponensek keletkeznek és bomlanak, a komponensek evolúciós folyamaton mehetnek keresztül anélkül, hogy a rendszer identitásának és autonómiájának folyamatosságát elveszítené. Ennek következtében az egész rendszer megváltozik az idő során, és ez nyilvánvalóan transzformációs, evolúciós folyamat egyetlen individuális, autonóm entitásban. Érvényes ez a személyiség és a társadalom fejlődésére éppen úgy, mint magára a bioszférára. Nagyon érdekes, hogy a konzervatív Dawkins bizonyos szempontból elismeri a személyiséget létrehozó egyes komponenseinek, a *memórianyomoknak* a replikatív evolúcióját (Dawkins 1976), de nem jut el arra a logikus következtetésre, hogy ha a „mémek” evolúcióképesek, akkor a mémek által létrehozott személyiségtől sem lehet az evolúcióképeséget elvitatni. Ugyanez a gondolatmenet érvényes a társadalomra és a bioszférára is. Ha a fajok evolúcióra képesek és fejlődnek, akkor vajon minek nevezzük azokat a változásokat, amelyeken az a rendszer megy keresztül, amelynek a fajok csupán

komponensei. Ha egy magasabb organizáció evolúcióképes, akkor nyilvánvalóan a magasabb organizációs szint által reprezentált korlátoknak valamiféle szerepet kell kapniok az evolúciót leíró modellekben. A klasszikus evolúciós modellek ilyen korlátokat nem ismernek. A klasszikus evolúciós modell e hátránya minden valószínűség szerint az individualitásfogalom helytelen értelmezésére vezethető vissza. Az evolúciós elmélet körüli vitákban úgy tűnik, mintha az individualitást minden vagy semmi jelenségnek fognák fel. Holott az individualitás és az autonómia maguk is evolúciós jelenségek, és fokozatosan jelennek meg az evolúciós rendszerek jellemzésében. Gondoljunk vissza a korábban említett protosejt példájára. Ha az élet keletkezése során már kialakultak valamiféle mikrokompartmentek, protosejtek, amelyek képesek a makromolekulák egyes csoportjait magukban foglalni, ez még nem jelenti azt, hogy ezek az individualitás ugyanolyan magas fokával rendelkeznek, mint a modern sejtek. A különböző makromolekulák szabadon cserélődhetnek bennük, a keletkezés és a működés helye nem feltétlenül azonos. Csak hosszú evolúciós folyamat során alakulhatnak ki azok az izoláló mechanizmusok, amelyek a makromolekulák egyes csoportjait izolálják, az őket hordozó teret individuális, autonóm sejté teszik. Az individualitás tehát nem előfeltétele az evolúciónak, mint azt Darwin gondolta, hanem magasrendű terméke. Ugyanez a gondolatmenet érvényes az ökológiai rendszerekre is. Óriási vitákat folytatnak az ökológusok arról, hogy az ökológiai entitások vajon „rendszerek”-e vagy csupán az egymás mellett élő fajok halmazai. Ez a vita megint csak azon alapszik, hogy az individualitást, ebben az esetben az ökológiai entitás individualitását, minden vagy semmi alapon képzeljük el. Ha az individualitás maga is evolúciós folyamat eredménye, akkor fokozatai vannak, és a jelenlegi ökológiai entitások ebből a szempontból különböző fokozatokba sorolhatók, de általános evolúciós megfontolások alapján valamennyien a magasabb fokú individualitás felé tartanak, természetesen evolúciós időtartományokban. Ugyanez a gondolatmenet érvényes az egész bioszférára is. Ezek a megfontolások

dolások képezik az alapját az evolúció irányáról, egyensúlyi, bizonyos értelemben véve végállapotáról is. Ha általános tendencia az individualitás kifejlődése, amely a sejtekben, organizmusokban már a legfelső fokozatot is elérte, és az ökológiai egységek is ezen az úton vannak, akkor az evolúció iránya mindig egy magasan szervezett individualitással rendelkező, autonóm rendszer kialakulásának irányába tart, és az evolúció mindaddig folyik, amíg ez a legmagasabb organizációs szinten be nem következik. A személyiséggel, társadalommal, a bioszférával kapcsolatos ilyen modelleket korábban már részletesen bemutattam.

AZ EVOLÚCIÓS METAFORA ÖNMAGA ELLENTÉTÉBE FORDUL

A klasszikus evolúciós metaforában a környezetből származik a szelektációs erő, a metafora új értelmezése szerint ez magából a rendszerből jön. Itt egyfajta bezáródás történik, mi hozza létre az evolúciós *kreativitást*?

Az evolúciós rendszerek belső kreativitásának természetével sokat foglalkoztam Kampis György barátommal (*Csányi 1989a, Kampis 1991*). Kimutattuk, hogy az evolúciós rendszerek kreativitása a rendszerkomponensek „*rejtett tulajdonságainak*” következménye. A rejtett tulajdonságok azok, amelyek az adott organizációban nem játszanak szerepet, és variabilitásukban kimeríthetetlenek, mint azt *M. Bunge (1963)* a kémiai elemek atomjainak esetében is kimutatta. Új tulajdonságok kialakulása a rendszer adott organizációjának függvénye, mert az adott organizáció csupán egy bizonyos tulajdonsághalmazra épül. A komponensek egyéb tulajdonságai rejtve vannak az organizáció szempontjából. Az organizációban bekövetkezett változások vagy új komponensek megjelenése lehetővé teszik a rejtett tulajdonságok egy részének aktiválódását és az új *emergens* organizációban való részvételét. A biológiai evolúcióban és az erre épülő egyéb evolúciós folyamatokban megjelenő emergens tulajdonságok végső soron a

kémiai elemek atomjainak rejtett tulajdonságaiban megnyilvánuló következményei. A rejtett tulajdonságok emergenciája taszítja a rendszert egyre növekvő komplexitás, egyre magasabb szerveződési szintek felé. A mindenkori organizáció a komponensek tulajdonságain alapszik, és a komponensek megnyilvánuló tulajdonságai az adott organizáció függvényei. A rendszer organizációja és a rendszer komponensei csak egymás kölcsönösségében értelmezhetők, és nem kívánnak az értelmezéshez külső ágenseket. Egy evolúciós rendszer organizációja pedig mindig spontán növekedő tendenciát mutat egy végső egyensúlyi állapotig, amelynek feltételei egzaktan megadhatók. Ezzel az evolúció *iránya* és lehetséges *végállapota* is definiálható (Csányi 1989a).

A külső okokra visszavezetett evolúciós modell nem tudott kielégítő választ adni az evolúció célját és értelmét illetően sem. Hiszen a külső környezet koncepciója mint a folyamatot kiváltó okozati tényező erre nem adott lehetőséget. A kiterjesztett evolúciós modellben az evolúció belső ok miatt következik be, és mint ezt részletesebben már kifejtettem (Csányi 1989a), ez az ok, cél és értelem egyértelműen maga a pusztán „létezés”, a létezésre való belső inherens törekvés. A „létezésnek” nincsen értelme egy külső ágens szempontjából, célja csak önmagában van, csak konkrét mechanizmusai vannak, és a változás ellentéte. A létezésre való törekvéssel irányított evolúció az individualitás, a változatlanság felé tart. A végső evolúciós metafora a létezés kialakulásának, megszilárdulásának és megváltoztathatatlanságának modelljévé formálódik (3. ábra). Ezzel az evolúciós metafora önmaga ellentétébe fordult.

A BIOLÓGUSHALLGATÓK EVOLÚCIÓS KONCEPCIÓJA

Az elmúlt években egyik munkatársammal, Dr. Dóka Antallal egyebek mellett vizsgáltuk a harmadik éves biológushallgatók evolúcióval kapcsolatos koncepcióit. Csak egészen röviden szövelok a vizsgálatok háttéréről. Az a hipotézisem, hogy egyes ember-

EVOLÚCIÓ

Változás

Lamarck Transzformáció

Darwin Változó komponensek differenciált szaporodása

szintetikus elmélet

A Bioszféra története

rendszerelméleti modell

**Az egyensúlyban lévő
individuális, autonóm
Bioszféra rendszerének
kialakulási folyamata**

3. ábra

Az evolúciós metafora fejlődése

csoportok, populációk sokkal többféle organizált viselkedésre képesek, mint amennyire külön-külön az egyes egyének, mert léteznek olyan „konstrukciós” szabályok, amelyek segítségével egy interaktív csoport információtöredékekből, hibás vagy nagyrészt rossz információkészletből képes helyes, hasznos, korrekt akciókhoz szükséges információmintázatokat készíteni. Vagyis az információk tárolásának és felhasználásának két szintjén, az individuális és a populációs szinten a hasznosítás különböző szabályok szerint történik. Ez valószínűleg érvényes az ismeretekkel, tudással kapcsolatos információkra is, mint ezt éppen az evolúcióra vonatkozó vizsgálat is mutatja. Az információt az irodalomban elterjedt koncepciótesszel mértük (*Schaefer* 1979). Ennél a tesztnél megadnak egy vizsgálni kívánt fogalmat, esetünkben ez

A szavak, szinonimák százalékos megoszlása:

fejlődés 36%

változás
tökéletesedés
kialakulás
átalakulás
haladás

genetika 25%

szelekció
mutáció
adaptáció
öröklődés
rátermettség

idő 5%

idő
jövő
jelen
évmilliók

vallás 4,7%

Isten
teremtés
Biblia
pap

tudomány 4,7%

tudás
elmélet
vita
probléma
kérdés
feltételezés

Fejlődés

36%

Genetika

25%

Ideológia

25%

Biológia–Folyamat–Idő 12%

folyamat 4%

folyamat
sebesség
alakulás
mozgás

ember–majom 6,7%

ember
majom
emberré válás

tudósok 8,7%

Darwin
Lamarck

biológia 3%

állatok
kételtű
pinty
tintahal

4. ábra

3. éves biológushallgatók koncepciótesztje (N = 56, az értékelt szavak száma 359)

az *evolúció*, és arra kéri a kísérleti személyeket, hogy szabad asszociációval az első 8-10 szót, ami eszükbe jut, írják fel. Az egyes egyéni válaszok igen nagy szórást mutatnak, semmiféle kritériuma nincsen helyes vagy éppen helytelen minősítésüknek, nem is erre szolgálnak, hanem arra, hogy nagyobb számú válaszoló populációjáról nyújtsanak információt. A 4. ábrán az 1990-ben, valamint az 1991-ben etológiát hallgatott biológusok összevont válaszait mutatom be.

Mint az adatok elemzése mutatja, a diákpopuláció egésze birtokában van az evolúcióra vonatkozó összes lényeges klasszikus koncepciónak. A válaszok 36 százaléka a fejlődés, átalakulás, változás valamilyen szinonimáját adta, 25 százaléka a populációgenetikai mechanizmusokra utalt, 12 százaléka az evolúció időbeliségét, folyamat jellegét és biológiai vonatkozásait említette. Egészen nagy számú, az összes leírt szó 25 százalékát teszik ki az „ideológiai” töltetű válaszok, ezek egy része a tudományra és két kiemelkedő tudósra, Darwinra és Lamarckra vonatkozik, majdnem öt százaléka közvetlen kapcsolatban van a vallással, és majdnem hét százaléka volt két szó: ember és majom. Ez utóbbi talán nem kíván részletesebb kommentárt.

Nem fordult elő egyetlen szó sem, amely rendszerfogalmakat vagy a bioszférát mint entitást érintette volna. Az új paradigma a mi egyetemünkötől még meglehetősen távol van.

1992

IRODALOM

- Boyd, R. and Richerson, P. J. 1985: Culture and the Evolutionary Process. The University of Chicago Press, Chicago.
- Bunge, M. 1963: The Myth of Simplicity. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J.
- Chaisson, E. 1988: Universe: An Evolutionary Approach to Astronomy. Prentice Hall, Englewood Cliff, New Jersey.
- Csányi, V. 1978: Az evolúció általános elmélete. Fizikai Szemle **28**, 401—417, 441—452.
- Csányi, V. 1979: Az evolúció általános elmélete. Akadémiai Kiadó, Bp. 154 l.

- Csányi, V. 1982a: General Theory of Evolution. Publ. House Hung. Acad. Sci., Bp. 121 l.
- Csányi, V. 1982b: General Theory of Evolution. Soc. Gen. Syst. Res. 6, 73—95.
- Csányi, V. 1985: Autogenesis: Evolution of Selforganizing Systems. In: Aubin, J.-P., Saari, D. and Sigmund, K. (eds.): Dynamics of Macrosystems. Proceedings, Laxenburg, Austria; 1984. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems No. 257, Springer-Verlag, Berlin, 253—267.
- Csányi, V. 1986: Az evolúció általános elmélete. Kriterion, Bukarest, 178 l.
- Csányi, V. 1987: Rendszerelméleti biológia. In: Tóth, E. és Sükösd, Cs. (szerk.): Játékos Atomok. OTK, Veszprém, 1987. 41—49.
- Csányi, V. 1988a: Evolúciós rendszerek: az evolúció általános elmélete. Gondolat, Bp. 280 l.
- Csányi, V. 1988b: Il modello replicativo de'evoluzione biologica e culturale. In: M. Ceruti and E. Laszlo: Physis: abitare la terra. Feltrinelli, Milano, 249—260.
- Csányi, V. 1989a: Evolutionary Systems and Society: a General Theory. Duke University Press, Durham, 304 l.
- Csányi, V. 1989b: The Replicative Model of Cultural Evolution. Humanbiol. Bp. 19, 83—87.
- Csányi, V. 1989c: The Replicative Model of Self-organization: A General Theory of Evolution. In: G. J. Dalenort (ed.): The Paradigm of Self-organization. Springer, 73—76.
- Csányi, V. 1989d: Origin of Complexity and Organizational Levels During Evolution. In: Wake, D. B. and Roth, G. (eds.): Complex Organizational Functions: Integration and Evolution in Vertebrates., John Wiley, 349—360.
- Csányi, V. 1990: A személyiség mint evolúciós rendszer. In: Balogh, T. (szerk.): Személyiségkonceptiók. Tanulmányok. Akadémiai Kiadó, Bp. 9—25.
- Csányi, V. 1991: Social Creativity. World Future 31, 23—31.
- Csányi, V. 1992: Natural Sciences and the Evolutionary Models. World Future 34, 15—24.
- Csányi, V. and Kampis, Gy. 1985: Autogenesis: Evolution of Replicative Systems. J. theor. Biol. 114, 303—321.
- Csányi, V. and Kampis, Gy. 1987: Modelling Society: Dynamical Replicative Systems. Cybernetics and Systems 18, 233—249.
- Csányi, V. and Kampis, Gy. 1991: Modelling Biological and Social Change Dynamical Replicative Network Theory. In: Laszlo, E. (ed.): The New Evolutionary Paradigm. Gordon and Breach Publ. New York.
- Csányi, V., Loye, D., Saunders, P., Chaisson, E. J., Swenson, R. and Ghiselin, M. T. 1991: Book Review Symposium: Evolutionary Systems and Society by V. Csányi. World Future 30, 191—209.
- Darwin, C. R. 1859: Origin of Species. Dent, London.
- Dawkins, R. 1976. The Selfish gene. Oxford University Press.
- Dawkins, R. 1982: The extended phenotype. W. H. Freeman and Co., New York.

- Dubar, M. Y.* 1972: The Ecosystem as a Unit of Natural Selection. In: E. S. Deevey (ed.): Growth by Intussusception: Ecological Essays in Honor of G. Evelyn Hutchinson. Transactions of the Academy 44: 114—130. Connecticut Acad. Arts and Sci., New Haven.
- Harris, D. F.* 1912: The metaphor in science. *Science* **36**, 263—269.
- Kampis, Gy.* 1987a: Some Problems of System Descriptions. I. Function. *Int. J. Gen. Syst.* **13**, 143—156.
- Kampis, Gy.* 1987b: Some Problems of System Descriptions. II. Information. *Int. J. Gen. Syst.* **13**, 157—171.
- Kampis, G.* 1991: Self-Modifying Systems: A New Framework for Dynamics, Information, and Complexity. Pergamon, Oxford—New York, 543 + xix.
- Kampis, Gy. and Csányi, V.* 1988. A System Approach to the Creating Process. *IFSR Newsletter*. No. **20**. 2—4.
- Kampis, G. and Csányi, V.* 1990: Coevolution and the Units of Evolution. In: J. Maynard Smith and G. Vida (eds.): Organizational Constraints on the Dynamics of Evolution. Manchester Univ. Press, Manchester and New York, 385—399.
- Kampis, G. and Csányi, V.* 1992: Societies as Replicative Component-Systems. *World Futures* **34**, 25—41.
- Lovelock, J. E.* 1979: Gaia. Oxford University Press.
- Maynard-Smith, J.* 1969: The Theory of Evolution. Penguin, London.
- Mayr, E.* 1982: The growth of Biological Thought. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Mass.
- Neuman J.* 1960: A számítógép és az agy. Gondolat, Bp.
- Pantzar M. and Csányi V.* 1991: Replicative Model of the Evolution of the Business Organization. *J. Soc. Biol. Struct.* **14** (2), 149—163.
- Sahal, D.* 1976: System Complexity: Its Conception and Measurement in the Design of Engineering Systems. *IEEE Trans. Syst. Man and Cybernet*, 440—445.
- Schaefer, G.* 1979: Concept Formation in Biology: The Concept „Growth”. *Eur. J. Sci. Educ.* **1**, 87—101.
- Spencer, H.* 1862: First Principles.
- Stanley, S. M.* 1975: A Theory of Evolution above the Species Level. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **8**, 731—349,

GONDOLATOK A FEJLŐDÉSSZABÁLYOZÁS KÜLÖNBÖZŐ SZERVEZŐDÉSI SZINTJEIRŐL

A REPLIKATÍV KOMPONENSRENDSZER MODELLJE

A fejlődéssel kapcsolatos megfontolásainkat a *komponensrendszer* modelljének alapján tesszük, amelyet korábban részletesen tárgyaltunk (Csányi 1987, 1988a, 1988b, 1988c, 1989, Kampis 1987a, 1987b, valamint Csányi és Kampis 1987).

A komponensrendszereket alkotó *komponensek* elemi építőkövekből, atomokból épülnek fel, a komponensek struktúrája az atomok közötti kölcsönhatások alapján pontosan megadható. A komponensekre jellemző, hogy a rendszeren átfolyó energiaáram hatására keletkeznek és bomlanak. Keletkezési és bomlási folyamataik hozzák létre a rendszert meghatározó kölcsönhatások hálózatát, amelyet *organizációnak* nevezünk, amely a kölcsönhatások egy sajátos rendszere. A biológiai rendszerek komponensrendszerek, amelyeknek a létezés mellett a reprodukció a jellegzetes tulajdonsága. A *létezés* a komponensek folyamatos előállításán keresztül valósul meg. Egy-egy biológiai entitás olyan komponenselőállító, funkcionálisan zárt folyamathálózatnak tekinthető, amelynek produktuma maga az őt előállító hálózat. A *reprodukciós* folyamatban is kimutatható a komponensek folyamatos előállítása egy zárt folyamathálózat működése révén. Az *organizáció* szempontjából tehát a két folyamat, az önprodukción és a reprodukción azonos kategóriába tartozik. Az önprodukción és a reprodukción folyamatainak elemzésével kimutatható, hogy ezek lényege a másolás, vagyis *replikáció* (Csányi 1979, Csányi 1985, Csányi 1989, Csányi és Kampis 1985).

Replikációnak tekintünk egy olyan folyamatot, amelyben egy konstruktor — amelynek az előállítandó termékre vonatkozó információ (leírás) valamilyen formában rendelkezésére áll — előállít egy olyan terméket, amelynek a struktúrája megegyezik a másolt objektumével. Ebben a folyamatban a másolandó tárgy vagy termék maga hordozza a másoláshoz szükséges információt. Nyilvánvaló azonban, hogy a replikációs folyamat lényege szempontjából teljesen mindegy, hogy a másolat egy szeparált entitásról vagy a konstruktorról magáról készül, ugyancsak mindegy, hogy a másoláshoz szükséges információ egy speciális információtárolóban elkülönítve jelenik meg (mint pl. a DNS replikációja esetén, jórészt), vagy pedig az információ diszperz, és a rendszer egészében elosztva található meg. A másolás ténye nem a speciális megoldásban, hanem a funkcionális működésben rejlik. Az előbb az önprodukcióról és a reprodukcióról mondottak alapján a replikációt kétféle értelemben használjuk.

Az első értelmezés szerint a replikáció az adott komponensrendszer időbeli önfenntartása, újratermelődése. Ez a fajta replikáció úgy valósul meg, hogy a rendszert alkotó komponensek folyamatosan és szekvenciálisan újratermelődnek. A komponensek folyamatosan keletkeznek és bomlanak, de mennyiségük és minőségük mindig alkalmas arra, hogy a rendszer organizációja, egysége és identitása állandó maradjon. Ezt a folyamatot *időbeli replikációnak* nevezzük. A replikáció második értelmezése azonos a reprodukcióval. A rendszer előállítja saját maga másolatát, amely azután térben is szeparálódik tőle. Egy egységből két egység keletkezik. Ez a folyamat is a komponensek előállításával, másolásával, darabszámuk megkettőzésével megy végbe, miközben az eredeti organizáció változatlan marad. Ezt a folyamatot *térbeli replikációnak* nevezzük (Kampis és Csányi 1987c).

A biológiai rendszerekre jellemző, hogy funkcionálisan többé-kevésbé zárt replikációs hálózatok replikatív alhálózatokat, a komponensek alkotóelemeiket foglalnak magukban. Ilyen módon *organizációs szintek* jönnek létre, mint ezt korábban már kifejtettük (Csányi 1979, 1982, Csányi 1988a, 1989).

Az egyes organizációs szintek komponenseinek, kölcsönhatásainak leírásai algoritmusoknak tekinthetők, amelyek a résztvevő komponensekre specifikusak. Egy általános, valamennyi szintet magában foglaló modellben az alsóbb szintek algoritmusai alapján számított hatások véletlenszerűeknek tűnnek a magasabb szintek eseményterében. A magasabb szint algoritmusai pedig speciális, az alsóbb szinteken nem szükségszerű *korlátként* jelentkeznek. Egy sejt vagy magasabb rendű organizmus csak több organizációs szint egyidejű leírásával definiálható (Csányi 1985). Molekuláris szinten leírhatók ezek a rendszerek fizikai és kémiai egyenletekkel, de ezek az egyenletek semmiféle felvilágosítást nem adnak a magasabb szinteken érvényes speciális korlátokról, arról, hogy az alsóbb szintek jelenségei milyen *szerkezetben* fognak megnyilvánulni. A magasabb szinten kialakult szerkezet leírása — algoritmus — a magasabb szint specifikuma, és ebben az értelemben a magasabb szintek törvényei nem redukálhatók az alacsonyabb szintek törvényeire. Ez természetesen nem jelenti, hogy a magasabb szintek jelenségei nem vezethetők vissza *kauszálisan* az alacsonyabb szintek mozgástörvényeire.

Az organizációs szintekből vezethető le a biológiai *funkció* definíciója. A funkciót úgy határozhatjuk meg mint a felsőbb organizációs szintek által létrehozott speciális korlátokat, amelyek az alsóbb szintek eseményterében jelennek meg. Például a DNS nukleotid triplettjei funkcióval rendelkeznek, aminosavakat irányítanak a fehérjék struktúráiba. Ennek a kölcsönhatásnak nem valamiféle kémiai affinitás a lényege, hanem a kémiai jellegre ráépülő, de attól lényegében független szerep (hatás) a sejt folyamataiban. A funkció mindig valamilyen leírásként adható meg az alsóbb szint komponens- és eseményterében, amely specifikus az adott rendszerre nézve. A funkció koncepciója rendszerint felveti a teleológia kérdéseit is. A komponensrendszer modelljében a *létezés* a végső „cél” és ok. A funkció algoritmusainak működése az alacsonyabb szinten a felsőbb organizációs szint létezésének következménye és egyben bizonyítéka, nem kíván további magyarázatot.

Röviden utalunk a nyílt rendszerekben keletkező komplexitás és rendezettség viszonyára (*Kampis és Csányi 1987a*). A nyílt rendszerekben zajló folyamatokban egyidejűleg megfigyelhető a komplexitás növekedése és a rendszer bizonyos részeiben a rendezettség növekedése. Termodinamikailag zárt rendszerben a folyamatok egyértelműen a rendezetlenség, a komplexitás növekedése irányában haladnak, nyílt rendszerben a rendszeren keresztülhaladó energia a rendszer bizonyos részeiben képes rendezettséget kialakítani, természetesen a környezet entrópiánövekedésének következményével. Lényeges azonban az, hogy a kémiai rendszerben létrejövő komplexitás mindig *organizálatlan*, azaz létrejöttét elégségesen magyarázza a termodinamika, míg egy organizált komplexitás kialakulásának megértéséhez ezenkívül a magasabb organizációs szinten kialakult *korlátok* leírását is meg kell adnunk. Az organizáció során kialakuló korlátok a legtöbb esetben valamiféle rendezettséget is tartalmazhatnak, pl. a komplex molekulák bizonyos típusaiból nagy példányszámot vagy a molekulák meghatározott térbeli elrendeződését stb. Az organizációban tehát a komplexitás és a rendezettség meghatározott módon kapcsolódik össze, éppen ez a *mód* jelenti az organizációt.

A komponensek funkciója egy általános és egy specifikus értelmezés segítségével is megfogalmazható. Az általános értelmezést illetően a replikatív rendszer komponenseinek azokat az entitásokat tekintjük, amelyek kölcsönhatásaik során a replikációban részt vesznek. Egyértelmű tehát, hogy a komponenseknek van replikatív funkciójuk, hiszen mind a rendszer, mind pedig saját maguk replikációját elősegítik. *Általános funkciójuk* így az, hogy a replikációban mint komponensek részt vesznek.

Ugyanakkor, ha a komponensek közötti kölcsönhatásokat vesszük szemügyre, ezekben mindig — a replikatív funkció konkrét megnyilvánulásaként — a komponensek egymás keletkezési, létezési valószínűségeit befolyásoló *speciális mechanizmusait* fedezhetjük fel.

Azokat a rendszereket, amelyekben komponensek keletkeznek és bomlanak, de organizáció a komponensek között még nem

alakult ki, *zérusrendszereknek* nevezzük (Csányi 1979). A replikatív rendszerek megfelelő 0-rendszerben akkor keletkeznek, ha abban valamilyen *organizáló ágens* jelenik meg. Az organizáló ágens lehet egy „minimális rendszer” vagy mint korábban elneveztük, *autogenetikus rendszerprekurzor* (ARP) (Csányi és Kampis 1985), amely a következő követelményeknek felel meg:

1. Legalább egy, replikatív információ szempontjából zárt komponenselőállító ciklust tartalmaz.

2. Legalább egy komponense ennek a ciklusnak gerjeszthető a rendszeren keresztülhaladó energiaáram segítségével.

Kimutattuk, hogy ha egy alkalmas 0-rendszer kialakul, abban ARP spontán keletkezhet, amelynek hatására megindul a 0-rendszerben folyamatosan keletkező és degradálódó *komplexitás organizációja*. Az ARP mint replikatív rendszer, bármilyen egyszerű is egyébként, képes újabb komponensek felvételére, és ez új funkciók megjelenését eredményezi a rendszerben, hiszen a replikatív rendszerbe egy újabb komponens csak valamilyen funkción keresztül kapcsolódhat be. Eleinte csak kevés számú meghatározott komponens léphet be a replikációs ciklusba. Amint azonban a rendszer egyre komplexebbé válik, a beilleszthető komponensek száma egyre nagyobb lesz, s a rendszer komplexitása egyre gyorsuló ütemben növekedhet. Ezt a folyamatot neveztük el *autogenezisnek* (Csányi és Kampis 1984, 1985). A replikatív információ kezdeti szakaszát a replikáció nagyfokú pontatlansága miatt a *nem identikus replikáció* szakaszának nevezzük, idővel a replikatív információt tartalmazó komponensek között bizonyos együttműködés és funkcionális differenciálódás indul meg, együtt replikálódó komponensek „közösségei” jelennek meg, amelyeket *szuperciklusoknak* nevezünk. Az idő előrehaladásával megindul a szuperciklusok replikációs összehangolódása is, növekszik a replikáció megbízhatósága. Kialakul egy elkülönülő részrendszer, amelynek tagjait a közös replikációban való részvételük különböztet meg. Ez a folyamat a replikatív funkcióval rendelkező komponensek hálózatának funkcionális bezáródásával egyenértékű, és a replikatív információ *konvergenciájának* és *kompartmentalizációjának* nevezzük.

Hasonló folyamatok játszódnak le a kompartmentek szintjén is, az egyes kompartmentek képesek egymás keletkezési valószínűségét befolyásolni, ezért replikációjuk fokozatosan, a replikációs pontosság állandó növekedése mellett összehangolódik, kialakul a „kompartmentek kompartmentje”, azaz *új organizációs szint* jelenik meg. A kompartmentek sorozatos egymásra épülése mindaddig tart, amíg lényegében az egész rendszer egyetlen végső kompartmentként, egyetlen replikatív egységként kezd viselkedni. Ebben a szakaszban az adott rendszer autogenezise befejeződött, létezése mindaddig biztosított, amíg a külső környezeti körülmények változatlanok.

ORGANIZÁCIÓ, IDŐ, KOMPLEXITÁS

A fejlődés bármelyik változatát vizsgáljuk is, leírásában jelentős szerepet játszik az idő és a komplexitás, vizsgálnunk kell ezért ezek szerepét mind a filo-, mind az ontogenezisben. Vegyük részletesebben szemügyre a replikatív rendszer de novo keletkezését (Csányi 1987, 1989). Az élet keletkezése során a 0-rendszer egy nyílt, energiaáramban álló kémiai rendszer, amelyben molekuláris komponensek véletlenszerűen keletkeznek és bomlanak. Ez a rendszer folyamatosan generál molekuláris komplexitást a rendszeren áthaladó energia felhasználásával, de ez a komplexitás organizálatlan, ezért a komplexitás felső határát a rendszer termodinamikai paraméterei szabják meg. Lényeges jellemzője a rendszernek, hogy állapotathározói között az *idő* nem szerepel. Miután a komponensek véletlenszerűen keletkeznek és bomlanak, elegendő nagy rendszer esetében a rendszer struktúrája csupán statisztikus ingadozásokat mutat, *időfüggetlen*.

Ha egy ilyen zérus-rendszerben akár a legegyszerűbb replikatív rendszercsíra megjelenik, *kreatív aktusról* beszélhetünk, mert a korábban jelenlévő, addig organizálatlan komponensek felhasználásával egy elkülöníthető, organizációjában jellemezhető *új entitás* jelent meg. A kreatív aktus következménye az *időnek* mint

paraméternek a megjelenése is. A kreatív aktus és az idő megjelenése lényegi összefüggést mutat.

A legegyszerűbb ARP is *ciklikus* folyamat, és mint ilyen, definíciónk alapján jellemezhető a ciklusidővel. Ez az idő azonban nem befolyásolja a prekuzornak mint rendszernek a működését, csupán külső megfigyelő számára jelzi új típusú létező felbukkanását. Ezért ezt *másodfajú időnek* fogjuk nevezni. Ez az időfogalom lényegében azonos azzal, amit a fizikában időnek nevezünk. Világosan fel kell ismernünk, hogy ez az időparaméter csupán a külső megfigyelő számára létezik, és nem befolyásolja magát a teremtett rendszert.

Az ARP működése során véletlenszerűen bővíthet újabb komponensekkel, mint ezt korábban kifejtettük. Egy-egy újabb komponens ki- vagy belépése a replikatív ciklusba is *kreatív aktus*, megváltoztatja az adott rendszer szerkezetét, befolyásolhatja az egyes komponensek funkcióját, a teljes rendszer viselkedését, növeli a replikatív rendszer komplexitását. A kreatív aktus valódi teremtést eredményez. Gondoljuk meg, hogy a komponensrendszerek definíciójából következően a rendszer *identitása* minden új komponensnek a belépésével alapvetően megváltozik. Miután a komponensrendszer nem eleve adott, hanem a komponensek által meghatározott, a komponensek organizációjának következménye, egy új komponens megjelenése előre kiszámíthatatlan, *emergens* tulajdonságokhoz vezethet. A leglényegesebb ezek közül szintén az idővel kapcsolatos.

A sorozatos kreatív aktusok eredményeként jelentkező identitásváltozások eseményei az adott rendszer *történetét* képezik. A történet mint olyan jellemezhető az idővel, de nem a ciklusidő analógiájára, hanem olyan módon, amit *Bergson* (1930) *tartamnak* nevezett. Ezt az időt *elsőfajú időnek* fogjuk nevezni. Ez alapvetően különbözik a másodfajú időtől. A másodfajú idő végtelemül osztható, és minden tartománya értelmezhető. Az elsőfajú idő is osztható, de csupán a történetet alkotó *események* előfordulása szerint. Két-két esemény között eltelt idő — akárhány ciklus is játszódik le ezalatt — a rendszer története és funkcionálása szempontjából teljesen érdektelen.

Az elsőfajú idő leírható az *események szekvenciájaként* is, amiből azonnal kiviláglik, hogy ez az idő is rendszerspecifikus, és nem sok köze van a fizikában használt időfogalomhoz.

Az elsőfajú idő szorosan összefügg a replikatív rendszerek *komplexitásával*.

Hogyan is jelentkezett az idő? Mindkétfajta idő az ARP *organizációjának* következménye. Az organizáció elemi aktusa a rekurzió, a zárt ciklus, amint ez megjelenik, fellép a másodfajú idő, a rekurzív rendszer *magánideje*, és ha a rekurzió *külső hatásra* ugrásszerűen megváltozik (ez csak új komponens be-, illetve kilépéseként, tehát kreatív aktusként képzelhető el), megjelenik az elsőfajú idő is. Tehát nem az idő hozza létre a replikatív rendszereket, az evolúciót, hanem éppen fordítva, a replikatív rendszerek *létezésükkel állítják elő az időt*, amely mindkét formájában az *adott rendszer* specifikus paramétere.

Ezek után megadhatjuk saját fejlődésdefiníciónkat: *fejlődés egy replikatív rendszer megváltozásainak sorozata saját elsőfajú ideje során, amelyet mi, a saját időnkben, folyamatként észlelünk*.

Tovább elemezve az idő keletkezését, lényeges felhívunk a figyelmet arra, hogy minden replikatív rendszer egyensúlyra törekszik, amelyben az elsőfajú idő éppen áll, és csupán a másodfajú idő telik. Az elsőfajú idő továbblendülését mindig a rendszeren kívüli, *környezeti hatások* hozzák létre. A replikatív organizáció saját maga bizonyos szempontból inaktív a fejlődés folyamatában, hiszen rekurzív folyamat. A teremtő aktus azáltal valósul meg, hogy külső, véletlen erők a rekurziót kissé megzavarják, *új identitás* keletkezik, és az elsőfajú időhöz újabb elemi egység adódik. A replikáció konzervativizmusa és a külső hatások véletlenszerűsége együttesen eredményezi a fejlődés *evolúciós formáját*.

A fejlődés ebben a felfogásban tehát szorosan összefügg az identitással. Minden egyes elemi *változás* az identitás megváltozása, amelynek során az előző létező a kreatív aktusban megsemmisül, és egyidejűleg új létező jelenik meg. Természettudományos módszerrel a fejlődés kreatív aktusai ritkán követhetők, de így van ez a köznapi észlelés során is. Gondolkodásunk mechanizmu-

sa olyan, hogy hajlandó azonos identitást kölcsönözni lényegében folyamatosan változó rendszereknek is. Az emberi személyiség fejlődése a legtriviálisabb példa erre, vagy az egyedfejlődés bármely esete. Az evolúciós változások esetében is ritkán van lehetőségünk a kreatív aktusok azonnali felismerésére. Természetesen saját gondolkodásunk, kategorizálásunk e jellegzetessége nem változtatja meg az elmondottak érvényességét.

A fenti gondolatmenetből a fejlődés kreativitásának forrásai is kitűnnek. Az egyik forrás maga a replikatív rendszer, és ez dialektikus egységben van az előbb említett konzerváló tulajdonságával. Amint a legprimitívebb organizáló erő az ARP formájában megjelenik, a fejlődő rendszer további változásai erősen szelektáltak. A legegyszerűbb organizáció is hallatlan erejű *szelekciós szűrőként* viselkedik, csak azokat a változásokat fogadja be, amelyek a rendszer organizációjának replikatív természetét nem változtatják, valamint ezen belül azokat, amelyek az adott rendszerhez funkcionálisan illeszkedni képesek (Riedl 1978). Amint a rendszer komplexitása növekszik, egyre specifikusabb szűrőként működik, bár komplexitásával párhuzamosan nő a változások szabadsági foka is.

A kreativitás másik forrása a külső környezet, az a hatás, amely a replikatív rendszer identitását egyik pillanatról a másikra megváltoztatja. Itt a véletlennek van óriási szerepe. A két kreativitási forrás egymás hatását kölcsönösen felerősíti, a replikatív rendszer létezése mintegy generálja az utána következők újszerűségét, szelektivitása és a véletlen események akceptálása vagy elutasítása révén.

Az elmondottakból következik, hogy az evolúciós fejlődés eseményei csak nagyon korlátozottan jósolhatóak. Ha a fejlődő rendszer teljes komplexitását ismerjük, bizonyos keretek között adhatunk jóslásokat a fejlődés általános irányára, de semmiképpen sem jósolhatjuk meg a kreatív aktusokban keletkező új identitásokat és a konkrét evolúciós folyamatot.

AZ EGYEDFEJLŐDÉS

A biológiai evolúció során a többsejtűek és velük az *egyedfejlődés* folyamata csak meglehetősen későn jelent meg. A zigótából induló egyedfejlődés evolúciós szempontból az organizmus elsőfajú idejének legutolsó és rákövetkező pillanata alatt, lényegében másodfajú időben zajlik, tehát az elsőfajú időben mérhetetlenül gyorsan. Ugyanakkor megfigyelhetjük, hogy önmagukban az egyedfejlődés másodfajú, ciklikus történései is az elsőfajú idő skálájához hasonló eseménysorozatot alkotnak.

Az ontogenezis tanulmányozása során a legjelentősebb problémánk az identitás kérdése. Azonos-e a zigóta a belőle kifejlődő soksejtűvel? Ha igen, milyen kritériumok alapján? Egy zsiráf zigótája és a kifejlett állat nemcsak tömegében, organizációjában, akcióiban, környezetében, hanem szinte minden jellegzetességében különbözik. Az egyik ok, amiért mégis azonosnak tekinthetjük, történeti. A felnőtt állat a zigótából keletkezett egy többé-kevésbé meghatározott szekvenciájú folyamat során. A másik ok talán az, hogy bizonyos komponenseik azonosak. Míg az evolúciós fejlődés jellemzője volt, hogy a rendszer megszűnésének és teremtésének aktusában külső tényezők játszottak döntő szerepet, az ontogenezis esetében ezeknek csak feltétel jellegük van, és a fejlődésben a belső tényezőknek, meghatározott komponenseknek van meghatározó szerepük.

Az ontogenetikus és az evolúciós történet közötti kapcsolat nagyon szoros. Egy nagyon leegyszerűsített összefüggést fejez ki például Haeckel rekapitulációs törvénye. Úgy tűnik, mintha az ontogenezisben a fejlődő organizmus még egyszer megtenné azt az utat, amelyet a filogenezis során az adott faj a mutációk formájában már megtett. Ez azonban csak részben van így, egyes mutációk lerövidítették a fejlődést, új elágazásokat, új kölcsönhatásokat teremtettek, az ontogenezis csak nagyon durván tükrözi vissza a filogenetikus eseményeket. De valamiképpen tükrözi, mert minden ontogenetikus eseménynek önálló filogenetikai je-

lentőséggel is kell bírnia, mert csak így juthatott keresztül a különböző szelekciós folyamatok szűrőjén.

Míg az egysejtűek genomja a maga egydimenziós szekvenciájával a filogenetikus elsőfajú időt tükrözi, az ontogenezis egy eltérő idődimenzióban megy végbe, amelyben a zigóta aktivitásából kiinduló eseménysorozat a filogenetikai történetet mintegy újra eljártssza, kisebb-nagyobb eltérésekkel imitálja, és végeredményében előállítja a felnőtt organizmust, amely a filogenezis idődimenziójába illeszkedik.

Sokat vitatkoznak azon is, hogy honnan ered a kifejlett organizmus többletinformációja. Hiszen mind a zigóta, mind a szomatikus sejtek lényegében azonos mennyiségű DNS-t tartalmaznak. Az időtényező vizsgálata alapján könnyű erre a kérdésre válaszolni, a többletinformáció ebben az elkülönült idődimenzióban jön létre. A zigóta sorozatos replikációja hatalmas számban hozza létre a redundáns genomokat, amelyek azonban szelektív aktivitásuk miatt megnyilvánulásaikban, a környezeti interakcióikban jelentősen különböznek, tehát a szomatikus sejtek genomjai az ontogenezis saját idejében lezajlott történések: génaktiválások, gátlások stb. kreatív aktusainak nyomát viselik, éppen úgy, mint az eredeti genom a filogenetikai idődimenzióban lezajlott mutációk történetét. Az ontogenezis során megjelenő genom expresszióváltozások tökéletes analógjai a filogenetikus mutációknak. Az ontogenetikus „mutáció”-sorozat is információt halmoz fel, amelynek eredménye, a többsejtű organizmus, új organizációs szintet képvisel, az itt működő információ pedig az ontogenetikai folyamat során keletkezett.

A többsejtűek filogenezisében történt mutációk éppen azt tették lehetővé, hogy a genom az ontogenezis során a korábban saját maga által létrehozott belső körülmények hatására képes legyen egy-egy új, meghatározott kreatív aktusra. Az ontogenezis ezért *programozott teremtés*. A filogenezisben a kreatív aktus kiszámíthatatlan és esetleges. Az ontogenezisben a kreatív aktus elég pontosan jósolható. Ez a döntő különbség a két folyamat között. Mindkét folyamatban a kreatív aktus végső soron külső körülmé-

nyek hatására jön létre, de az ontogenezist mozgató hatások jó része filogenetikai eredetű, és a filogenezis során interiorizálódott.

A kreatív aktusoknak az ontogenezisben játszott szerepét kitűnően mutatja néhány, az állati viselkedéssel kapcsolatos példa.

A madarének-tanulás vizsgálata nemcsak etológiai funkciói miatt tart számot érdeklődésre, hanem azért is, mert az *emberi nyelvtanulás* jó idegrendszeri modelljének tűnik. *Marler* és *Peters* (1977) a mocsári verebek egy nagyobb csoportja énektanulásának teljes egyedfejlődési szakaszát végigkövették egészen a felnőttkorig. A madarak laboratóriumi körülmények között énekesveréb és mocsáriveréb hangokat hallhattak, és mind az általuk hallott hangminták, mind pedig az általuk kibocsátott összes énekről magnetofonfelvételek készültek. Az óriási adattömeg feldolgozása nagyon érdekes bepillantást adott az énektanulás folyamatába. Úgy látszik, hogy az énektanulás valamiféle szelekciós folyamat, a fiatal madarak sokféle hangot, szótagot másolnak, és sokféle éneket is kialakítanak, amelyek azonban a fejlődésük elején még csak hasonlítanak a fajspecifikus énekekre, de sok eltérést is tartalmaznak. Kitűnt, hogy a madarak átlagosan legalább ötször annyi dalt énekelnek fejlődésük során, mint amennyit végül is a felnőttkori teljes énekrepertoárba felvesznek. A sok dal közül szelektálnak, folyamatosan finomítva, csiszolva azokat, és csak az a néhány kerül a végleges készletbe, amely minden szempontból megfelel a fajra jellemző jegyeknek.

Ennek a *szelekciós mechanizmusnak* a kimutatása azért keltett nagy érdeklődést, mert már régóta gyanítjuk, hogy a memórianyomok keletkezésében és tárolásában valamiféle szelekciónak kell működnie, mint ezt korábban a replikatív memória modelljében mi is kifejtettük (*Csányi* 1982, 1989), de erre közvetlen, magatartással kapcsolatos bizonyíték igen kevés volt.

A magasabbrendűek agyának a fejlődéséről nagyon régóta az elképzelés uralkodik, hogy az agy a korai életkorban véglegesen kialakul, az idegsejtek beszüntetik osztódásaikat és az állat felnőttkorában már csak az agy *finomszerkezetében*, esetleg csak a sejtek szerveződési szintje alatt következnek be változások. Nagy

meglepetésre kiderült, hogy a hím kanári agyában az énekléssel kapcsolatos agyi magvak neuronjai a felnőttkorban nem állandóak (Nottebohm 1988). A szaporodási periódus után az agyi magok térfogata és a bennük lévő neuronok száma csaknem a felére csökken. Ez az idegrendszeri változás pontosan egybeesik az éneklési hajlandóság csökkenésével. A kanári dalai újra több hónapra bizonytalanokká válnak, sőt a két szaporodási periódus közepén több hétig teljesen szünetelnek is. A régi dalok instabilitása ellenére a kanári képes újakat tanulni, különösen akkor, amikor az agyi magvak növekedése újra megindul. A következő szaporodási periódusra a magok visszanyerik eredeti nagy térfogatukat, a dalok ismét teljessé és stabillá válnak, sőt a hím újakat is énekel, miközben néhány régit elfelejtett.

Sikerült igazolni, hogy e viselkedés alapja az agyi neuronok differenciálódásával kapcsolatos. Az agy más területeiről származó, még nem teljesen differenciálódott neuronok *osztódnak, elvándorolnak* a kanáriékkal kapcsolatos agyi magvak területére, és ott funkcionálisan aktív interneuronokká differenciálódnak, beilleszkednek a meglévő neuronok hálózatába. Egyidejűleg a hálózatban a régi neuronok egy része *elpusztul*.

Biokémiai és viselkedéssel kapcsolatos adatok egybehangzóan bizonyítják, hogy a kanáriagy folyamatosan „*átépíti*” magát az egyes szaporodási ciklusok ütemében, és ez az átépítés az énektanulással és -felejtéssel szoros kapcsolatban áll.

Különösen fontos az a megfigyelés, hogy finomabb mérésekkel ki lehet mutatni: a kanáriagy átépítő tevékenysége nem korlátozódik kizárólag az énektanulással kapcsolatos területekre. Jóval kisebb mértékben ugyan, de az egész agykéregben észlelhetők hasonló folyamatok. Nottebohm feltételezi, hogy a kanáriagyban csak azok a neuronok *véglegesek*, amelyek nincsenek kapcsolatban a tanulással, tehát azok, amelyek *öröklött viselkedésformák* megjelenését vagy az állati szervezet számtalan idegrendszeri szabályozó folyamatát irányítják. Ezek teszik ki az ideghálózat nagy részét. Azok a speciális interneuronok viszont, amelyek a tanulással — és nemcsak az énektanulással — kapcsolatosak, állandóan

pusztulnak és keletkeznek. Keletkezésük után olyan differenciálódási folyamatban vesznek részt, amelynek során a memórianyomok valamiképpen elraktározódnak bennük. Amikor elpusztulnak, az állat elfelejti tudásának egy részét.

Saját, halakon végzett kísérleteink azt mutatják, hogy az agy szerkezetének a környezettel való finom összehangolódása során egy olyan funkcionális modell keletkezik, amely segítségével az állat képes a környezetében előforduló más élőlények viselkedését megjósolni, és ezeket a jóslatokat a saját fennmaradása érdekében felhasználni (Csányi 1986). A paradicsomhal veleszületetten vonzódik olyan tárgyakhoz, amelyeken két szemfolt látható és amelyek mozognak. E kulcsingerek aktív explorációt váltanak ki a paradicsomhalból, és egy tanulási folyamatot indítanak be (Csányi 1985a, 1985b). Ha az exploráció során nem éri kellemetlen inger az állatot, akkor a rákövetkező találkozások során ignorálja a korábban látott tárgyat vagy élőlényt, ha viszont az megkergette, vagy más módon okozott kellemetlenséget, akkor az újabb találkozás során a paradicsomhal aktív elkerülési reakciót mutat. A megtanult reakciók még több hónap után is sikeresen kiválthatók (Csányi és *mt.* 1989). Természetes körülmények között valószínűleg sokféle ragadozó és békés élőlényrel kapcsolatos emlékek raktározódnak el a paradicsomhal agyában, amely a memórianyomok aktiválásakor egyben a megfelelő viselkedési utasításokat is aktiválja. Az így kiépült rendszer funkcionálisan mint a környezeti események modellje működik (Csányi 1985, 1988c, 1989).

Ezek a példák azt mutatják, hogy a környezet legfinomabb változásait az organizmus felé közvetítő *magatartási* ontogenezis kreatív aktusainak története még a felnőtt állatban is befejezetlen. A halálig tartó ontogenezis érzékeny marad a külső körülményekre az állat egész további élete során. Az ontogenezis és az evolúció folyamata alapvetően nem különbözik. A hím kanári énekrepertoárját létrehozó agyi struktúra minden szaporodási periódusban különböző, egyedi rendszer, amelynek szerkezetét külső események történeti sorozataként, tehát egy lényegi evolúciós folyamat-

nak foghatjuk fel. A paradicsomhalagy végső szerkezetét a környezeti hatások kreatív aktusai hozzák létre éppen úgy, mint egy más történeti időskálán a teljes genomot.

A faj elsőfokú idejében végbement változások az ontogenezis során megnyilvánuló másodfajú időt viszonylagosan újra elsőfájává teszik, legalábbis egy ciklusidőre, egyetlen egyed élettartamára. Ezáltal a filogenezis önmagának mintegy a hasonmását, egyedi, múltékony formáját hozta létre az ontogenezisben (Csányi 1990).

1989

IRODALOM

- Bergson, H. 1930: Teremtő fejlődés. Magyar Tudományos Akadémia, Bp.
- Csányi, V. 1979: Az evolúció általános elmélete. Akadémiai Kiadó, Bp.
- Csányi, V. 1982: General Theory of Evolution. Publ. House Hung. Acad.Sci., Bp.
- Csányi, V. 1985a: Ethological Analysis of Predator Avoidance by the Paradise Fish (*Macropodus opercularis*). I. Recognition and Learning of Predators, Behaviour **92**, 227—240.
- Csányi, V. 1985b: Evolution of Selforganizing Systems. In: Auben, J.-P., Saari, D. and Sigmund, K. (eds.): Dynamics of Macrosystems. Proceedings, Laxenburg, Austria, 1984. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, No. 257, Springer-Verlag, Berlin, 253—267.
- Csányi, V. 1986: How is the Brain Modelling the Environment? A Case Study by the Paradise Fish. In: G. Montalenti and G. Tecce (eds.): Variability and Behavioral Evolution. Proceedings, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 1983, Quaderno, No. **259**, 142—157.
- Csányi, V. 1987: The Replicative Model of Evolution: a General Theory World Future **23**, 31—65.
- Csányi, V. 1988a: Evolúciós rendszerek. Gondolat, Bp.
- Csányi, V. 1988b: Il modello replicativo dele'evoluzione biologica e culturale. In: M. Ceruti and E. Laszlo: Physis: abitare la terra. Feltrinelli, Milano. 249—260.
- Csányi, V. 1988c: Contribution of the Genetical and Neural Memory to Animal Intelligence. In: H. Jerison and Irene Jerison (eds.): Intelligence and Evolutionary Biology. Springer-Verlag, Berlin, 299—318.
- Csányi, V. 1989: Evolutionary Systems and Society: a General Theory. Duke University Press, Durham.
- Csányi, V. 1990: Are Species Gaia's Thoughts? Behavioral and Brain Sci. **13**, 76.

- Csányi, V. and Kampis, Gy.* 1984: Autogenesis: az önszervező rendszerek evolúciója. *Biológia* **32**, 3—23.
- Csányi, V. and Kampis, Gy.* 1985: Autogenesis: Evolution of Replicative Systems. *J. theor. Biol.* **114**, 303—321.
- Csányi, V. and Kampis, Gy.* 1987: Modelling Society: Dynamical Replicative Systems. *Cybernetics and Systems* **18**, 233—249.
- Csányi, V., Csizmadia, G., and Miklósi, Á.* 1989: Long Term Memory and Recognition of Another Species in the Paradise Fish. *Anim. Behav.* **37**, 908—912.
- Kampis, Gy.* 1987a: Some Problems of System Descriptions. I. Function. *Int. J. Gen. Syst.* **13**, 143—156.
- Kampis, Gy.* 1987b: Some Problems of System Descriptions. II. Information. *Int. J. Gen. Syst.* **13**, 157—171.
- Kampis, Gy.* 1987c: Elemek az evolúció rendszermodelléhez. Kandidátusi Értekezés, Bp.
- Kampis, Gy. and Csányi, V.* 1987a: A Computer Model of Autogenesis. *Kybernetes* **16**, 169—181.
- Kampis, Gy., Csányi, V.* 1987b: Notes on Order and Complexity. *J. theor. Biol.* **124**, 111—121.
- Kampis, Gy., Csányi, V.* 1987c: Replication in Abstract and Natural Systems. *BioSystems* **20**, 143—152.
- Marler, P. and Peters, S.* 1977: Selective Vocal Learning in a Sparrow. *Science* **198**, 519—521.
- Nottebohm, F.* 1988: Hormonal Regulation of Synapses and Cell Number in the Adult Canary Brain and its Relevance to the Theories of Long Term Memory Storage. In: J. M. Lakoski, J. R. Perez-polo and D. K. Rassin (eds.): *Neural Control of Reproductive Function*. Alan R. Liss Inc.
- Riedl, R.* 1978: *Order in Living Organisms*. Wiley, New York.

A KULTÚRA ÖKOLÓGIÁJA

Az egyik markáns jellegzetessége volt a kelet-európai társadalmaknak, hogy bennük a különböző eszmerendszerek jelentős mértékig zárt, elkülönült világokat alkottak, amelyek igen lassan kommunikáltak egymással. A tudomány felismerései is sokszor megmaradtak a szűkebb tudományterület határain belül, és néha még akkor sem jutottak/jutnak el a társadalom más köreibbe, ha ott jelentős hasznot hoznának.

A biológia, a pszichológia, a humán etológia, a rendszerelmélet számos olyan eredménnyel rendelkezik, amelyeknek ismerete például a politika számára fontos lenne, mert ezek segítségével a politikai és a kulturális élet dinamikája bizonyos mértékig előre jelezhető. A nyugati országokban nemcsak a politikusok, hanem a nagyvállalatok vezetői is törekszenek az ilyen ismeretek megszerzésére, mert ezek nagyon jól hasznosíthatók a legkülönbözőbb szinten történő döntésekben.

AZ ÖKOLÓGIAI HÁLÓZATOK TULAJDONSÁGAI

Az ökológia az egyik legdinamikusabban fejlődő biológiai tudományterület, és noha sok alapkérdésben még az ökológusok maguk is vitatkoznak, számos nagyon hasznos, más területen is használható felismerés született. Ha szemügyre vesszünk egy reális ökológiai rendszert, egy erdőt, rétet vagy még meg nem mérgezett tavat, azt gondolhatnánk, hogy ezekben a különböző komponen-

sek, a különböző állat- és növényfajok egyes példányai csak úgy véletlenszerűen fordulnak elő. Az állat talán csak éppen arra járt, a növény meg ott kelt ki és cseperedett fel, ahova magját a véletlen sodorta. Az ökológiai kutatások azonban azt bizonyítják, hogy ezek az élő szervezetek nagyon is meghatározott viszonyban vannak egymással. Bizonyos növények jelenlétében másokat is megtalálhatunk, meghatározott növénycsoportok együttese meghatározott állatfajok jelenlétét biztosítja és így tovább. Bármely ökológiai rendszerre jellemző komponenseinek funkcionális összehangoltsága. A növények az elsődleges energianyerő komponensek, a növényevő állatok a növényeket, a ragadozók a növényevőket és részben egymást fogyasztják, a lebontó szervezetek az elhullott állatokat, elpusztult növényeket bontják le az élők által még felhasználható egyszerű vegyületekre. Az ökológusok „tápláléklánc”-okról beszélnek, a lánc egyes szemeit meghatározott fajok alkotják, mert elég pontosan meghatározható, hogy ki kinek a fogyasztója, ki kit lát el anyaggal, energiával. A táplálékláncok elég rövidek, legtöbbször 2—3—5 tagúak, de az egyes láncok egymással is kapcsolatban vannak, és így egy-egy ökológiai rendszernek minden élő szervezete egy hatalmas *hálózat* egy eleme. Ez a hálózat az ökológiai rendszer lényege. A hálózat élőlényekből álló elemei olyan módon alakultak ki az evolúcióban, hogy tevékenységükkel, életmódjukkal, különböző tulajdonságaikkal hozzájáruljanak az egész hálózat fennmaradásához. A mezőn növő fűvek lehetővé teszik, mondjuk, a nyulak életét, a nyulak a rókákét, de a rókák is segítik a növények életét, mert elfogyasztják a növénypusztító nyulak legnagyobb részét. Azzal, hogy az egyes élő komponensek feletti szerveződési szinten megjelenik ez az új, az ökológiai hálózatban kifejeződő rendszer, új „szempontok” is jelentkeznek az élőlények természetes kiválogatódásában, evolúciójában. Most már nemcsak az a fő szempont, hogy egy adott állat vagy növény milyen kölcsönhatással van a közvetlen környezetére, hanem az is fontos, hogy kapcsolatai beilleszkednek-e az egész hálózatba, hozzájárulnak-e az egész hálózat fennmaradásához, folyamatos megújulásához. Ily mó-

don, a hálózatra vonatkoztatva, „funkciót”, szerepet nyernek az egyes élőlények.

Az ökológiai rendszerek tanulmányozásából kaptunk választ sok érdekes rendszerelméleti kérdésre. Például arra, hogy miért van olyan sokféle állat és növény? Felismertük, hogy az élővilág *stabilitását* biztosítja a nagy változatosság. (Ezért is aggódunk a fajok gyors pusztulása miatt.) Az élettelen környezet változásai, az éghajlat változása, vulkánkitörések, környezetszennyezés stb. megváltoztathatják a hálózat fennmaradásának esélyeit. Azok a hálózatok maradnak fenn hosszabb ideig, azok képesek jobban kivédeni a káros külső hatásokat, amelyeknek többféle komponense, többféle tagja van. Az összetett komponenshálózatok igen sokat kibírnak, miután a hálózatot alkotó élőlények nagy területén elosztva találhatók, a hálózat nagy részét elpusztítja valamilyen természeti katasztrófa, mégis könnyen regenerálódik a megmaradt elemekből, természetesen csak akkor, ha mindegyikből maradt egy kevés. Ha valamelyik komponens teljesen elpusztult, bizonyos, hogy a hálózat megváltozik, lehet, hogy annyira, hogy már nem képes fennmaradni.

AZ ESZMÉK ÖKOLÓGIAI HÁLÓZATA

Az élő szervezetekből álló rendszerek tulajdonságait más rendszerekben is fellelhetjük. A kognitív tudományok és a biológia között egy új határterület fejlődik, amely az „eszmék” keletkezésével, működésével, evolúciójával foglalkozik. Seregnyi tanulmány látott napvilágot az utolsó tíz évben ezekről a kérdésekről. Rendszerelméleti szempontból egy eszme felfogható egy különös élőlénynek, amely valamiképpen az emberek elméjében tenyészik, és szaporodása során más emberek elméjébe kerül, tanulás, tanítás, másolás révén. Nemcsak a nagy összetett eszméket, mint a szabadság, demokrácia, tekintjük eszmének, hanem minden olyan gondolati konstrukciót, amely alkalmas arra, hogy elmeséljék, megvalósítsák mint tárgyat, gépet, szervezetet, vagy valami-

képpen végrehajtsák, mint egy táncot vagy akciót, haditervet, elgondolást. A kultúra az „eszme-lények” funkcionális rendszerének is tekinthető, és sok szempontból úgy is viselkedik, mint az imént bemutatott ökológiai hálózat. Az ember egész életét végigkísérik a különböző, gyakorlati kérdésekkel, emberi viszonyokkal, hittel, a mindennapi megélhetéssel, a szórakozással és a politikával kapcsolatos eszmék. Az egyes eszmepéldányok persze egymással is szoros funkcionális kapcsolatban vannak, ha nem is eszik egymást, mint az élőlények. Gondoljuk csak végig, hogy az az egyszerű, mindennapos ténykedés, hogy az ember vesz egy darab kenyeret, miféle bonyolult kapcsolatát jelzi a legkülönbözőbb eszméknek. Legelőször is itt van magának a kenyérnek az eszméje, amelynek igénye elindítja az akciót, ehhez azonnal társul a pénz eszméje, mert hiszen a kenyeret pénzért veszem meg, a pénzeszme a tulajdon eszméjével kapcsolatos, mert azért kell megvennem, mert az most éppen valakié, a boltosé. A bolt maga is egy eszme, nem a szomszédba megyek kenyérért. A pénzt is szerzem valahol, dolgozom érte, és ez megint csak eszmék egész sorozatával kapcsolatos. Talán egyszerűen is belátható, hogy az eszmék effajta funkcionális kapcsolataik révén éppen olyan hálózatot alkotnak, mint az élőlények. Az eszmék együttesen meghatározzák az egész rendszert, amit az adott társadalom kultúrájának szoktunk nevezni, abban az értelemben, hogy benne foglalkunk minden elgondolhatóval. Ha ez így van, márpedig sokan állítják, akkor igen hasznos politikai ismeretekhez is juthatunk a rendszerelméleti tanulmányok révén.

MIÉRT BUKNAK EL A MONOLITIKUS TÁRSADALMAK?

Az ökológiából ismeretes, hogy ha monokultúrát, egyetlen növényfajt szaporítunk óriási területen, akkor kultúránk egy ideig hatalmas jövedéket hoz, de nagyon érzékeny lesz a külső hatásokra, könnyen elszaporodnak rajta az élősködők, könnyebben

végeznek vele a betegségek, szinte semmiféle belső stabilitása nincs. A polikultúrának, még pontosabban az igen sokféle fajt tartalmazó természetes életközösségnek viszont ugyan kisebb az évi jövedéke, de rendkívül stabil. A variabilitás—stabilitás közötti kapcsolatot hasonló módon megtalálhatjuk a kultúrát alkotó eszmerendszerek esetében is. A történelem folyamán az egyoldalú, egyetlen monolitikus eszmén alapuló kultúrák, kezdeti sikerek után, mindig kipusztultak. A csak vadászatra vagy csak halászsatra, esetleg csak háborúkra szakosodott kultúrák előbb-utóbb felélték lehetőségeiket és felmorzsolódtak. Azok a kultúrák, amelyek sokféle életmódot, sokféle megvalósítható eszmét képesek befogadni, mindig sikeresek hosszú távon is. Nem is kell a múltba menni példaként, a fasiszmus vagy a kommunizmus eszméje kezdetben óriási konstruktív erőket mozgatott meg, de abszolút monolitikus természetük miatt elnyomtak, kiirtottak minden olyan eszmét, cselekvési lehetőséget, ami a „monokultúrába” nem volt beilleszthető. Azután jöttek a külső környezeti hatások, és kiderült, hogy így vagy úgy, de ezek az eszmerendszerek rendkívül labilisak, komoly kihívás esetén látványosan összeomlanak.

A liberális demokráciák összehangolt eszmerendszere éppen azért volt képes a történelmi versenyfutást megnyerni, mert a változó külső feltételek szerint a benne együttélő eszme komponensekből képes volt saját magának új és új változatát létrehozni anélkül, hogy az alapvető eszmék közössége kárt szenvedett volna. Nem valamiféle nagyvonalú jóindulatból szükséges a társadalmi tolerancia, a különböző eszmék kialakulásának és létezésének megtűrése, hanem azért, mert ez biztosítja a társadalom stabilitását, az adott kultúra hosszú távú fennmaradását.

A változatosság szükségessége a kultúra és a társadalom minden szférájában fennáll. Vegyük például az iskolarendszert. Centralizált, teljesen egységes elveken működő monokultúras közoktatás kitűnő eredményeket produkál kialakításának kezdetén. Biztosítja néhány korszerű eszme gyors, hatékony elterjedését. Idővel azonban a korszerű eszmék elavulnak, és a hatékony rendszer továbbra is a régieket kultiválja eredményesen, mert

működésének legfontosabb feltétele éppen az volt, hogy csak egyetlen kiválasztott eszmecsoportot engedjen kialakulni. Létrehozta azokat a kulturális mechanizmusokat, amelyek hatékonyan védik a kiválasztott csoportot más eszmék behatolásától és elterjedésétől. A sokszínű oktatásnak sokféle problémája van, nehezebb az egyetemi felvételi, nehezen lehet egyik iskolából a másikba átmenni stb., de az ilyen rendszer állandóan a kísérletezés stádiumában van, és valahol mindig az éppen legkorszerűbb módon oktatnak, a legjobb, legújabb módszereket próbálják ki. Amikor ez kiderül, sokan átveszik a módszereket, módosítanak, változtatnak rajtuk, és már indul is a következő modernizációs ciklus. A „tanszabadsággal” rendelkező rendszer hosszú távon stabilabb, hatékonyabb, jobb.

A változatosság szükségessége még olyan, a rendszertudományoktól igen távol álló területen is belátható, mint például az irodalom. Tudjuk, milyen volt a monokulturás, az irányított eszméket termelő irodalom. Ahhoz, hogy sokszínű irodalom legyen, színvonalas művek szülessenek, tehetségek tűnjenek fel, alkotóműhelyek szükségesek, kis körök, ahol új eszmerendszerek kialakulhatnak, megformázódhatnak. Ezért a kultúra stabilitása, fennmaradása ellen hat minden olyan törekvés, amely a „piaci szempontok” leple alatt, ilyen-olyan politikai szempontok alapján számolja fel az alkotóműhelyeket. Most temetjük az Új Írást, miért? Ez a lap nem volt ugyan az ellenállás bástyája, de nem is feküdt le az előző rendszernek, kis műhely volt, ahol tehetségek formálódtak. Kinek állt útjában?

AZ ESZMÉK EGYMÁS KEZÉT FOGJÁK

A kultúrát alkotó eszmék funkcionálisan egymáshoz kapcsolódnak, csak bizonyos eszmeegyüttesek életképesek. Nem lehet például új életre, vállalkozásra, alkotásra, szabadságra, nemzeti felemelkedésre buzdítani és közben etnikai, kulturális kritériumok alapján egyes társadalmi csoportokat kirekeszteni a tenniva-

lókból, mert a kirekesztő eszmék nem férnek össze az előzőekkel. Különösen nem, ha az ilyen ellentmondások az eszméket rendkívül hatékonyan terjesztő, felerősítő hatalmi szervezetektől erednek. Ha a kirekesztő eszmék csak egy kis körben jelennek meg, semmi különös baj nincs, hiszen éppen úgy, mint a gondolkodó ember elméjében, az egymással ellentmondásban lévő gondolatok megférnek egymással, ha többé-kevésbé izolálva vannak. Megbénítanak akkor, ha egyszerre befolyásolják cselekvéseinket. Az eszmék megalkotása, erőszakos terjesztése különösen kényes folyamat akkor, ha ebben a bizonytalan, bonyolult helyzetben, amely a rendszerváltozás után alakult ki, még ki nem próbált, új gondolatokat indítanak el. Az eszmék egymás kezét keresik, a jók is meg a károsak is. A gyors változások során váratlanul olyan eszmekeplekxek állhatnak össze, amelyeket végső soron senki sem akart létrehozni, és amelyeket, ha már kialakultak, nem vagy csak nagyon nehezen lehet korlátozni, az eszméknek önálló hatalma és élete van minden kultúrában. Az új rendszer dühödt védelme például könnyen összekapcsolódhat a szabadságjogok felszámolásával, a demokrácia megszűnésével.

A szervezett, összekapcsolt eszmerendszerek persze meg is változtathatók, különösen akkor, ha jól felismerhető, hogy hol és miként kell beavatkozni. Ma Kelet-Európában a nemzeti érzéssel kapcsolatos eszmerendszerek fenyegetik a leginkább a normális társadalmi fejlődést. Teljesen világos, hogy a nemzeti érzéseket hatalmas biológiai hajtóerők motiválják. Az ember számára az őt elfogadó csoport létezése még saját életénél is fontosabb. De ha megvizsgáljuk, hogy milyen részeszmék tartoznak ide, azonnal kiderül, hogy tulajdonképpen egyetlen komponenscsoport minden baj okozója, az, amely a nemzeti hovatartozást politikai kérdésként, államot, határokat meghatározó kérdésként kezeli. A helyes eljárás tehát nem a nemzeti érzés lefokozása, kirekesztése, hanem a depolitizálása. Azt kell elérni, hogy a nemzet fogalma kizárólag nyelvi, kulturális eszmék szövedékéből álljon. A környékbeli 5-6 államban élő magyarságnak ne legyenek közös miniszterei, mert ez politika, de legyen közös kultúrája és a közös

kultúrára pénze, közös nyelve, közös irodalma, közös történelme, kulturális együttgondolkodása. A magyar nemzet nagy és alkotó kultúra birtokosa, hiszen a glóbusz sok államában, sok városában élnek magyarságukat fontosnak tartó magyarok, e kultúra hordozói, akik persze egy másik állam tisztességes polgárai. A nemzet fogalmának ezt a korrekcióját végre lehet és a nemzet fennmaradása érdekében végre kell hajtani. Ez egyfajta domesztikáció, a nemzeti érzés megszelídítése, de ez a létfeltétele az európai életformának. Nem Európa és a nemzet között kell választanunk, hanem a jól kialakított nemzetfogalom és a pusztulás között.

AZ ESZMÉK KÖNNYEN REGENERÁLÓDNAK

Ha egy ökológiai hálózatot valamilyen nagy katasztrófa ér, de maradt valamennyi komponensének minden fajtájából, nagyon gyorsan regenerálódik. Ez a fajta életképesség az eszmerendszereknél is megtalálható. A kommunista eszmerendszer összeomlott, de ez nem jelenti azt, hogy az emberek elméjéből eltűntek az alkotókomponensek, a kisebb részeszmék, amelyek eligazítanak, amikor a mindennapi életet, a politikát, a kultúrát gyakoroljuk. Minden alkalommal, amikor várunk, hogy helyettünk valamiféle központ jelölje ki a feladatot, minden alkalommal, amikor mások számára meghatározzuk, hogy mi az egyedül helyes számukra, a múlt eszméi kezdenek működni megint. Amikor a hatalmon lévők nem gondolnak a „váltógazdálkodásra”, ha nem konkrét eredményekért, hanem magáért a hatalomért, a hatalom hosszú távú megtartásáért tesznek, szólnak, a régi rendszer eszméi tevékenykednek újra. Ez a legveszélyesebb jelensége a mai politikai színtérnek. Pontosán megfigyelhető, hogyan jelenik meg szinte minden elemében azonosan az a politikai és hatalmi eszköztár, amely a „fordulat évéhez” vezetett. Milyen nehéz felismerni, hogy önmagukban helyes eszmék, mint a „bűnhődjenek a bűnösök”, összekapcsolva más, az adott politikai helyzethez tartozó eszmékkel, a hatalom kérdésével, a bosszúval, a politikai dominanciahar-

cokkal, önmagukkal teljesen ellentétes eredményhez vezethetnek. A rendszerváltozásnak hatalmas ára van, de választhatunk, hogy hogyan fizetünk. Az egyik lehetőség, hogy néhány bűnös elhordja az irháját, néhány jogos elégtétel nem adatik meg, és ez sokak számára valós, komoly érzelmi veszteség lesz, de ennek árán valóban európai társadalom alakul ki. A másik lehetőség, hogy mindenki bűnhődik, a valóban bűnösök meg azok is, akiknek talán nem kellene, de ennek is ára van, a folyamatban majd a „tiszták” is bemocskolódnak, új igazságtalanságok, új sérelmek születnek, elvész a maradék hitünk, elvész a maradék jó érzésünk.

Egy társadalmi rendszert nemcsak a neve, nemcsak néhány látványos eszme jellemez, amelyet a fordulat után órák alatt el lehet távolítani, hanem komplex, sűrű eszmehálózat, amelynek a komponensei, a mindennapi élethez, az iskolához, a gazdasághoz, a kultúrához, a napi politikához tartozó kicsi viselkedési utasítások, szokások, ezek még mindenkiben élnek kisebb vagy nagyobb mértékben. Ma az emeli fel a nemzetet, aki új szokásokra, demokráciára, egyezkedésre, toleranciára, békés egymás mellett élésre, mások tiszteletére tanítja. A nagy purifikátorok, a nagy számonkérők az igazi bolsevisták, tőlük kell óvakodni.

1991

EVOLÚCIÓS ÖRÖKSÉGÜNK: A VERSENGÉS

Egészen általános értelemben véve a versengés, legyen az kenyérharc, státuszharc, öldöklés harcmezőn vagy politikában, de még a kedvenc csapat vagy magasra értékelt paripa biztatása is a lelátókon — genetikai örökségünk következménye.

Az élővilág alapvető jellegzetessége, hogy komponensei, az élőlények egyedei vagy azok csoportjai, állandó versenyfutásban vannak a legkülönbözőbb erőforrásokért. A legfeltűnőbb ez az állatoknál. Versengenek táplálékért, vízért, nőtényekért, búvóhelyért, vadászterületért vagy bármi egyébért, ami lehetőségüket a következő generáció létrehozására csak egy kicsivel is javítja. A magyarázata ennek igen egyszerű. Az állat már azért, hogy létezik, szaporodik, erőforrásokat von el a többiektől, mert helyre, energiára van szüksége, és lehet, hogy ez az energia éppen egy jóra való ebéd, a préda formájában jelenik meg előtte. A prédáért viszont, a saját ebédjének megszerzése mellett, igyekszik a ragadozót gyorsaságban, furfangban felülmúlni, és irháját minden lehetséges módon menteni. A versengés azonban nemcsak a fajok között folyik, hanem a fajon belül is. Az egyes fajok rendelkezésére álló élettér mindig korlátozott, az egyedek szaporodási kapacitása mindig nagyobb, mint amennyi az élettér benépesítéséhez szükséges, tehát a megszületetteknek csak bizonyos hányada található meg az erőforrások azon minimumát, ami az életbenmaradáshoz és a fajfenntartáshoz szükséges. A fajon belüli versengés egyedek közötti vetélkedés formájában jelenik meg, de tulajdonképpen generációk, leszármazási vonalak között folyik.

Ha véletlen mutációk következtében olyan egyed születik, amely ebben a szüntelen versengésben nem teljes odaadásával vesz részt, annak bizonyosan kevesebb utóda lesz, mint a törekvő társaknak, és szelíd visszafogottságát kevesebben öröklik, s néhány generáció múltán élő leszármazottai már egyáltalán nem lesznek. A rámenősebb, erőszakosabb egyed valamivel több utódot képes felnevelni, és ha a versenyben előkelőbb helyezést biztosító tulajdonságait akár csak egy kis részben is örökíti, utódai néhány generáció után nagyobb hányadot alkotnak majd a populációban. „Természetes szelekció” néven Darwin fogalmazta meg először ezt a felismerést, és az egész modern evolúciós biológia erre a felismerésre épült. Gyorsan hozzá kell tennünk, hogy senki se értelmezze a biológiai versengést kizárólag mint valamiféle őrjengő vérfürdőt, ahol a versengő egyedek egymást kíméletlenül eltapossák. Ez igazából csak a ragadozók és a prédaállatok viszonyában jelenik meg így, ott is csak mint a táplálékszerzés és a felfalástól való menekvés bonyolult kölcsönhatásrendszere.

Éppen a modern viselkedéskutatás mutatta ki nagyon meggyőzően, hogy a fajon belüli versengés ritkán ölt véres formákat. Ahol hasonló a hasonlóval verseng a megszerzhető és szükséges erőforrásokért, ott nem pillanatnyi előnyökért folyik harc, hanem csak és kizárólag a következő generáció létrehozásában való szülői részesedés minél magasabb arányaért. Vagyis kölykökért, fiókákért, ivadékért, lerakott petéért. Könnyű belátni a kidolgozott játékelméleti matematika bizonyítékai nélkül is, hogy ha sokan versengenek ugyanazon erőforrásokért, akkor hosszabb távon nem a brutális erő alkalmazása adja a leghatékonyabb stratégiát, hanem az olyan, amely okosan veszi figyelembe a többi versengő jelenlétét és hatását, hajlékony, akár együttműködésre is kész. A legegyszerűbb példa erre, hogy, ha mondjuk egy faj hímjei szaporodásuk érdekében kizárólag a nyers erőt alkalmaznák, és minden, a nőstényekért folytatott párviadalban elmennének a végsőig, akkor nyilvánvalóan maguk is sebeket szenvednének, esetleg olyannyira károsodnának, hogy a következő kihívóval már nem tudnának elbánni, esetleg még az áhított utódok létreho-

zása előtt elpusztulnának. Míg az az egyed, amely valamiféle „optimalizáló” stratégiát folytat, tehát a jóval erősebb ellenfél elől kitér, a jóval gyengébbnek csak jelzi erejét és harcikészségét, az azonos erejével harcba bocsájtkozik, de csak addig az ésszerű mértékig, amit hosszú távú érdekei diktálnak, képes lesz az eredményt, a szaporodóképes utódok számát a lehetséges maximálisra növelni. Az egyedi érdekek, taktikák így kiegészítik egymást, és az evolúció során nagyon pontosan összehangolódnak. A fajok nagy részénél az erőforrásokért folyó versengésben ezért a személyes harc nagymértékben „ritualizálódott”, az összecsapásra készülő egyedek először jelzéseket küldenek egymásnak erejük-ről, rátermettségükről és harci elszántságukról. Az etológia „pó-zolásnak” nevezi ezt a viselkedést, a résztvevők igyekeznek minél erősebbnek, magabiztosabbnak, nagyobbak látszani, felborzolják szőrüket vagy tollaikat, merev apró lépéseket tesznek, sajátos fenyegető hangokat hallatnak. Összecsapás csak akkor következik be, csak akkor támadják meg egymást fizikailag, ha az előzetes felmérésből mindkét egyed azt a következtetést vonja le, hogy jó reménye van a győzelemre. A harc ritualizációja szinte a végsőkig fejlődött például a fűregyík esetében. A két szembenálló, versengő hím felváltva megragadja a másikat a nyakbőrénél fogva, és felemeli, majd egy darabig így tartja. Miután váltogatva emelik fel egymást, mindegyik megbecsüli a másik súlyát. A kisebb egyed rendszerint rájön, hogy ellenfele túlságosan nehéz, leteszi azt, és a földhöz lapulva gyorsan elmenekül.

Az életük nagy részében magányosan élő állatoknál a versengés célja az ellenfél eltávolítása az erőforrás közeléből. Ha tehát a legyőzött vagy magát vesztesnek vélő egyed elhagyja a látható, hallható, szagolható teret, akkor a harc véget ér. Más a helyzet a folyamatosan csoportban élő állatok esetében, mert ezeknél a vesztes nem engedheti meg magának a csoport elhagyását, mert ez esetleg az életébe kerül, és a győztesnek sem érdeke a csoport létszámának csökkentése, mert maga is a csoport menedékében él. A csoport a legfontosabb környezet ezeknek az állatoknak, csoport nélkül életképtelenek. Nos, a megoldás a különböző

„megadó”, „alávető” viselkedésformák megjelenése volt. A csoportban élő állatok mindegyike kifejlesztett egy speciális kommunikációs formát, amelynek segítségével vereségét elismeri. A vereség elismerése gátlóan hat a győztesre, és megakadályozza azt a harc folytatásában. Majmok verekedéseiben a vesztes fél lekuporodik, és a felkínálkozó nőtény pozitúrájában fejezi ki vereségét, függetlenül attól, hogy ő maga hím vagy nőtény. A győztes viszont egy látszathágással veszi ezt tudomásul.

A csoportban élő állatoknál jelenik meg a rang, a státusz mint erőforrás. A magányosan élő fajok egyedei mindig konkrét dologért, odúért, területért, táplálékért harcolnak. A csoportban élő állatok nagy része egy rendkívül energiatakarékos elosztási mechanizmust fejlesztett ki, amelynek lényege a rangsor. A rangsor a csoport élete során harcban, konfliktusokban alakul ki, és a fajtól függően hosszabb-rövidebb ideig változatlanul fennáll. Paradicsomhalaknál például öt-hat napig, tyúkoknál két-három hétig, csimpánzoknál évekig fennmarad a már kialakult rangsor, és azt csak komoly harc árán lehet megváltoztatni. Az erőforrás elosztása mindig a rangsor alapján történik, viszont gyakorlatilag különösebb konfliktusok nélkül. Ez a rangsor óriási vívmánya, nem kell minden egyes alkalommal megverekedni valamilyen erőforrásért. A rangsor tetején lévő egyed jut hozzá először az erőforráshoz, különösebb közvetlen erőfeszítés nélkül, és ha marad, akkor jön a második, harmadik stb. Ez az elosztási mód a nagyon változatos környezetben optimális, mert inség esetén is lehetővé teszi, hogy a csoport néhány, amúgy is a legjobb erőben lévő egyede maximálisan jó ellátást kapjon, így, ha a szükség elmúlik, ezeknek optimális lehetőségük lesz a szaporodás folytatására, és a csoport fenntartására. A rangsor alján lévők csak akkor maradnak meg, ha az erőforrások bőségesek. Ha nagy az inség, elpusztulnak, de a csoport megmarad. Könnyen belátható, hogy bármilyen másféle elosztási rendszer, például az egyenlősdí, gyorsan az egész faj pusztulásához vezetne, ilyen stratégia tehát a biológiai evolúcióban nem maradhatott fenn. Ha a környezet nem annyira változó, ha többé-kevésbé egyenletesen lehet hozzá-

jutni az erőforrásokhoz, akkor a rangsor nagyon megszelídül, és a táplálék már nemcsak a pozíció, hanem a szükséglet szerint is elosztásra kerülhet. A merev rangsorra jellemző példa a farkasfalca. A farkasok igen magas fokú kooperációra képesek a préda megszerzése során, de a zsákmány elosztásánál szigorúan érvényesül a rangsor. Az afrikai vadkutyák zsákmányból való részese-dése nem követi a rangsort, a zsákmányt szerzett falca többszörösét zabálja be saját szükségletének, majd hazakocognak, és megosztják a táplálékot az otthon maradt nőstényekkel, kölykökkel, betegekkel. Ez úgy történik, hogy a hazajövőket az otthon várakozók képenyalással üdvözlik, amire azok felöklendeznek néhány húsdarabot, amit az üdvözlő elfogyaszt. Az üdvözlés azonban oda-vissza jár, és néhány percen belül már nem lehet pontosan tudni, hogy ki is ette meg először a falatot, mert esetleg több gyomrot is megjárt már. Valódi „kollektív gyomor” alakul így ki, mindegyik tagja azonos mértékben van megtöltve. Ha nagy a zsákmány, akkor mindegyik degesz, ha kicsi, akkor mindegyik lapos. Gyorsan hozzá kell fűznöm, hogy a vadkutyák nem valamiféle morális elkötelezettség alapján osztják meg táplálékukat egymással, hanem azért, mert nagyon egyenletes bőségben élnek. A rangsor náluk is kíméletlenül érvényesül, ha például a párosodás jogáról van szó. A farkasok viszont olyan élőhelyeken találhatóak, ahol a bőséges ellátást gyakran követik zord ínséges időszakok, így logikus a táplálékelosztás és a rangsor kapcsolata.

Az elosztási rendszernek a rangsorhoz kötése természetesen magát a rangsort is erőforrássá változtatta. Az állandó csoportban élő állatok legfontosabb erőforrása ez, mert szinte minden értékhez a rangsor belépőjegyével lehet hozzájutni. A rangsor kialakításának, fenntartásának igen bonyolult mechanizmusai alakultak ki ezért ezeknél az állatoknál.

Az ember az állatvilág egyik, idegrendszerét tekintve kétségtelesen a legfejlettebb tagja, ennek ma már számtalan biokémiai, genetikai, élettani bizonyítéka van. A fejlettség egyik velejárója, hogy magával hordozza evolúciós örökségét, mindazon viselkedésformák genetikai készségét, amelyeket hosszú állati története

alatt összegyűjtött. Az evolúció egyik jellegzetessége, hogy az evolúciós újítások sohasem valamilyen előre megfontolt terv, „design” alapján születnek, hanem mindig a meglévő, az új feladatra már nem teljesen megfelelő szerkezet, készség módosításával. Ezért tehát a legmodernebbnek tűnő megoldások mögött mindig megtalálhatók az evolúciós „maradványok”, az előző testi struktúrák, viselkedési készségek nyílt vagy burkolt, esetleg némileg visszafejlődött mechanizmusai. A delfinek pompás és teljesen célszerű uszonyokat szereztek az evolúciós fejlődés során, de testükben a korábbi szárazföldi emlős-láb maradványai megtalálhatók. A csirkeembrióban kimutatható egy fehérje, amely kizárólag a fogzománcnak az alkotórésze az élővilágban, tehát a csirke még ma is hordozza azt a genetikai információt, azt a gént, ami a fogak felépítéséhez szükséges. A csirkének meg a belőle kifejlődött tyúknak vagy kakasnak ugyan nincs foga, de dinoszaurusz őseiknek volt, és a közös eredet itt is bizonyított.

Amikor áttérünk az emberi versengés vizsgálatára, tudnunk kell, hogy legközelebbi rokonaink a csimpánzok és a bonobók vagy törpe csimpánzok. Közös őseink alig ötmillió éve éltek, és biokémiai adatok alapján az ember- és a csimpánzgénnek 99%-ban azonosak. Persze az izgalmas dolog éppen az, hogy mi is adja ki az egyszázaléknyi különbséget.

A csimpánzok szociális természetű állatok, laza csoportokban élnek. A csoport területét a felnőtt hímek védik a szomszédos csoportoktól. Rendszeres őrjáratokban járják be a terület határait, és ha idegen csimpánzokkal találkoznak, a hímeket megtámadják, néha meg is ölik, a nőstényeket meg beterelik a saját területük belsejébe. A nőstények a terület közepében élnek, rendszerint többedmagukkal, és kölykeikkel járják élelemszerző útjaikat, amihez időnként a hímek is csatlakoznak. A hímek között jól megfigyelhető rangsor alakul ki, a rangsor alapján jutnak a nőstényekhez, a jobb alvóhelyekhez vagy vita esetén a finomabb falatokhoz. A bonobók a csimpánzokénál szorosabb szerkezetű, a nőstények által dominált csoportokban élnek. Náluk gyakran alakulnak ki hosszabb-rövidebb időre szóló párkapcsolatok, és

arról is nevezetesek, hogy a sokáig kizárólagosan emberi jellegzetességnek tartott prostitúció előformái a bonobóknál már megtalálhatók. A nőstények, ellentétben a csimpánzokkal, hajlandóak akkor is párosodni, ha éppen nincsenek fogamzóképes állapotban, de ezt csak akkor teszik, ha a hímek valamiféle „ajándékot”, rendszerint élelmet adnak nekik.

Mindkét fajra jellemző a „békéltető magatartás” megjelenése és fontos szerepe a csoportban. Az alacsonyabb rendű majmok, például a makákók csoportszerkezete agresszív, ellenséges, úgynevezett „agonisztikus kölcsönhatásokon” alapszik. Vagyis mindenki fél a többitől. A rangsorban feljebb lévő attól fél, hogy az alatta lévő helyére tör, az alsó helyen lévő pedig attól, hogy a felette lévő megint bizonyítja, hogy ő az erősebb. A csoportot a kölcsönös félelem szabályozza, és az tartja össze, hogy egyedül senki sem életképes, mert ha ragadozó támadja meg a csoportot, az egyedi perpatvarok azonnal megszűnnek, a sok kis félelem egyesül, átalakul, és mindenki vadul a közös ellenségre támad. A csimpánzoknál és a bonobóknál a versengés legkülönbözőbb formái ugyan éppen úgy megtalálhatóak, mint más majmoknál, de ezeknél a nagy verekedések után az erősebbek megbékítik a legyőzötteket. Odamennek hozzájuk, megsimogatják, megölelik őket, és ezzel helyre áll az egész csoport békés hangulata. Primateológusok „hedonisztikus” csoportszerkezetnek nevezik az ilyet, és ez jellemző az emberi csoportokra is.

Noha biológiai affinitásunk a legkülönfélébb versengésekre nem vitatható, az is nyilvánvaló, hogy egy lóverseny izgalmai, vagy a sakkjátékban való jeleskedés nehezen hozható összefüggésbe az utódok számával, tehát az emberi versengés tanulmányozásánál a biológia mellett a kultúrát, értve ezalatt az emberi élet adott társadalmi teljességét, is figyelembe kell venni.

A modern ember viselkedésének tanulmányozása ezért komoly kihívás a kutatóknak. Legfőképpen azért, mert itt maga a megfigyelő is a kutatás tárgya. Nézetei, elképzelései, netán dogmái jelentősen befolyásolhatják a tudományos eredményeket. Másrészt azért, mert az emberiség, már csak létszámának minden

elképzelést felülmúló növekedése miatt is, egyfajta határértékhez közeledik. Viselkedése ilyen nagy tömegben valószínűleg már nem tekinthető sem természetesnek, sem normálisnak, és igen nehéz feladat a jellemző tulajdonságait elkülöníteni. Ha a televíziót nézzük vagy az újságokat olvassuk, komolyan azt hihetjük, hogy az embernél gonoszabb, vérszomjasabb szörnyetege ennek a világnak nincsen, pedig tudományosan szemlélve az ember az egyik legbékésebb, legjámborabb ragadozója ennek a planétának. Az etológusok szerint körülbelül kétezer órányi megfigyelés szükséges ahhoz, hogy egy adott állatfajra igazán jellemző valamennyi viselkedési forma legalább néhány esetben megfigyelhető legyen, persze a kétezer órát célszerű egy teljes évre elosztani. Ami kétezer óra alatt nem fordul elő, az nem játszik túlságosan nagy szerepet az állat életében. Ha most mindenki visszagondol akár az egész elmúlt évre, ami jóval több mint kétezer óra, hogy személyesen (ez a lényeg!) hány gyilkosságnak, nemi erőszaknak vagy akár egy igazi pofon elcsattanásának volt a tanúja, valószínűleg az olvasók túlnyomó többsége be kell vallja, hogy egynek sem. Ugyanakkor mindenki tudna bőséges példát arra, hogy emberek együttműködtek, segítették egymást, mások javára önként lemondtak kisebb-nagyobb előnyökről. Megtéveszt minket a média! Nincsen még egy olyan állatfaj, amely hatmilliárdos tömegben ilyen békésen lenne képes tengetni életét. Jelen problémáink nagy részét éppen a túlságosan is békés mi voltunk eredményezte, elvesztettük a populációs szabályozásnak egyik alapvető biológiai eszközét, és kultúránk még nem volt képes megfelelő eszközökkel ezt pótolni.

Mielőtt még teljesen átengedjük magunkat az ember eme békés szemléletének, legalábbis ami a biológiai szempontokat illeti, sietek megjegyezni, hogy persze olyan állatfaj sincsen, talán éppen a csimpánzt kivéve, amelynek populációi szabályos irtóhadjáratokat szerveznek egymás ellen, amelynek egyedei fajtársaik kínzásában lelnék örömeiket, amely idegrendszerének tobzódása a konstruktív versengésben az egész élővilágot kipszutulással fenyegetné. Vagyis ne a biológiától tessenek bennünket féltetni, hanem

éppen legdrágább kincsünktől, attól, ami kiemelt bennünket az állatvilágból, az emberi kultúrától.

No, persze régóta nem gondoljuk már a kultúrát teljesen függetlennek a biológiától, sőt egyre inkább meg vagyunk győződve arról, hogy a kultúrának komoly biológiai adottságai és korlátai vannak, ezért a labda megint a biológusokhoz került.

Nagyon határozottan körvonalazódik egy új tudományterület, talán evolúciós humánökológiának lehetne nevezni, amely az antropológia, a humánétológia, a pszichológia és az evolúciós tudományok segítségével megkísérli rekonstruálni azt az utat, amelyet az emberi viselkedés evolúciója bejárt attól az időtől fogva, hogy a csimpánzoktól elváltunk, egészen az emberi civilizáció és kultúra kialakulásának kezdetéig, vagyis körülbelül negyven-ötvenezer évvel ezelőtti időkig. Azt várjuk ettől a rekonstrukciótól, hogy segítségével határozott válaszokat kapunk azokra a kérdésekre, hogy honnan jöttünk, hová tartunk, miért lettünk ilyenek, és mit is tehetünk magunkért.

Ennek az új tudománynak az egyik központi kérdése az, hogy hogyan lehet az ember, a fentiekben elnagyoltan vázolt, kettős természetének kialakulását megmagyarázni. Biológiai szempontok alapján az ember a fejlett, csoportban élő állatokhoz tartozik, méghozzá azokhoz, amelyek nemcsak a közös védelem érdekében hoznak létre csoportot, hanem valamiféle együttműködés is kialakul a csoport tagjai között. Sokan úgy gondolták, hogy már maga a kooperáció kialakulása is elégséges az emberhez vezető tulajdonságok, mint az absztrak gondolkodás, a nyelv kifejlődéséhez. Ez ellen a szokásos gondolatmenet ellen azt a lényeges ellenvetést lehet tenni, hogy a fejlettebb csoportokban élő állatok kooperációjához nem szükséges a magasabb rendű gondolkodás és a nyelv képessége. A farkas- vagy oroszláncsapat összehangolt stratégiával képes zsákmányát elfogni, a csapat minden tagja pontosan tudja helyét és funkcióját ebben a műveletben. Ez a fajta kooperáció egy genetikailag adott, bár nagyon flexibilis „akcióterv” alapján történik. A résztvevőknek nincs szüksége magyarázatra, egyeztetésre, nem kell szerepeket kiosztani, az akciókat időben

összehangolni, minden résztvevő belső késztetéssel rendelkezik a kooperációra, mindenki azt a szerepet tölti be, ami a rangsorban elfoglalt helyzetéből és az akció pillanatnyi állásából természetesen következik.

Ezek a fejlett csoportban élő állatok ugyan együttműködnek, de együttműködésük eredménye azonnali, a rangsor alapján elosztható erőforrás, és tulajdonképpen mindenki a saját egyéni érdekében társul a közös akcióhoz. A leszármazási vonalak közötti versengés itt éppen úgy megtalálható, mint a magányosan élő állatok között. A versenyben azt jutalmazták, ha valaki a kooperációt a legjobban képes a saját utódai felnevelésére kihasználni. A mindenki felett álló „csoportérdek” nem létezik, mert a csoportok elég lazán szervezettek, az egyedek időnként elhagyják csoportjaikat és másokkal próbálkoznak. A kooperáció következtében semmiféle maradandó dolog, tulajdon, tárgy vagy akár közös tanult rítus nem jelenik meg, ami a csoport produktumának volna tekinthető. A versengés természete tehát változatlan.

Az emberi evolúció során kialakult fejlettebb *Homo*-csoportokban, amelyek már eszközöket használtak, esetleg primitív nyelvet, a kooperáció természete egészen más. Az emberi csoportok kooperációja a legtöbb esetben előre kigondolt, individuális terv alapján történik. A résztvevők megtervezik az akciókat, előre elképzelik az akció lefolyását, esetleges kedvező vagy kedvezőtlen változatait. Szerepek vannak, és a szerepeket megvitatják, kiosztják. Az alapvető különbség itt a kooperáció alapját képező akcióterv *individuális* volta. A kooperáló állatcsoportok mindegyike azonos genetikai terv alapján működik, míg az embercsoportok mindegyikére, legalábbis az evolúció igen hosszú periódusában, a tervek egyedisége volt jellemző, minden csoport maga alakította ki tanult, egyedi kultúrájában fogalmazott elképzelését, tervét egy-egy akció végrehajtására. Az individualitás óriási szerepet játszik az evolúcióban. A genetikai individualitás például a szexuális szaporodás következménye, és a jelenleg élő fajok óriási többsége él vele. A magasabb rendű állatok fejlett idegrendszere képes arra, hogy az egyed reakcióit, viselkedését különféle tanulási

mechanizmusok segítségével módosítsa, és így a genetikai individualitás mellé, ami szükségképpen korlátozott, kialakult egy neurális individualitás is, amely lehetővé tette, hogy az állatok a legfinomabb környezeti változásokra is azonnal a megfelelő viselkedésváltozással reagáljanak.

Az emberszabású majmok közül a csimpánzoknál figyeltek meg alkalmi együttműködést. A csimpánzok fehérjeszükségletük egy jelentős részét vadászattal szerzik meg, kisebb majmokra, vadmalacokra, antilopborjakra vadásznak. A vadászatban kizárólag a hímek vesznek részt, és lefolyása pontosan megfelel a genetikai terv alapján történő akcióknak. A csoport békésen gyűjti a növényi táplálékát vagy pihen, amikor a hímek hirtelen észreveszik, hogy „helyzetben vannak”, mert pl. egy páviánkölök betévedt a csoport közepére. Ebben a pillanatban elindul a hajsza, mindenki pontosan tudja, hogy a kölyköt be kell keríteni, a páviánszülők figyelmét valahogy el kell terelni, majd a kölyköt lerohanni és megölni. Mindenki azt a feladatot végzi, ami az ő helyzetében a legkézenfekvőbb, s néhány perc alatt az akció befejeződik. Ha sikeres, akkor valamelyik hím elkapja a prédát, és igyekszik vele minél magasabbra menekülni. A többiek utána erednek, és megkezdődik a zsákmány elosztása, aminek a módját az etológusok „potyatúrásnak” nevezték el. A zsákmányt tudniillik nem is „osztják” el, hanem, aki megragadta, az kezdi el marcangolni, a többiek körülveszik, és ők is igyekeznek kisebb falatokat lecsípni belőle. Itt jelenik meg a nevezetes potyatúrás, mert ha a zsákmány a legerősebb hím kezébe került, az is eltűri, hogy a rangsorban alatta álló egyedek részt szerezzenek maguknak, valamint, ha egy a rangsor alsóbb régiójában lévő hím kapta el a prédát, attól sem veszik el az erősebbek, hanem csak a részüket csípi le.

Bármennyire fejlettnek is tűnik a csimpánzok együttműködése, mégis jelentős genetikai korlátai vannak. Az emberszabású majmok genetikai korlátai miatt csak meghatározott ökológiai környezetben életképesek. Az ember a kooperáció individuális, tanult, kulturális jellege miatt óriási előnyre tett szert, és képessé

vált a bolygónak szinte valamennyi ökológiai környezetét sikeresen kihasználni. Emberek élnek a trópusokon, a sivatagokban, a tundrákon és a sarkvidéken is.

Ma már eléggé világos az is, hogy miért zajlott le viszonylag gyorsan az emberi evolúció. Az individuális „akcióterv” egy olyan létező valami, amely a legprimitívebb formában a résztvevők agyának memórianyomaiban testesül meg, és a kooperáció során figyelhető meg működése. A terv tehát nem eleve adott, ezt a csoport maga hozta létre, működése a csoport létezéséhez kötött, méghozzá éppen annak a csoportnak a létezéséhez, amelynek együttműködése során a terv kialakult. A szimbolikus emberi nyelv, amely teljesen különbözik az állati kommunikáció bármelyik formájától, éppen azért fejlődött ki, hogy ezt az akciótervet ki lehessen alakítani. A szimbolikus nyelv segítségével a környezetben zajló események sokkal hatékonyabb modellje készíthető el, mint akár a legfejlettebb állati agy modellezési technikájával. A nyelv segítségével a dolgok, a jelenségek, a folyamatok, az aktorok és az akciók apró elemekre bonthatók, és ezekből az elemekből flexibilis, új konstrukciókat lehet létrehozni, amelyekben dolog, tér, idő, múlt és jövő, megtörtént vagy elképzelt esemény egyaránt megjeleníthető és alkalmas a kommunikációra, a csoportos kidolgozásra. Az emberi csoportok akcióterve nyelvi struktúra. Noha ez az akcióterv megosztva található a csoporttagok agyában, mégis a nyelvvel együtt valamiféle, a csoport feletti produktumnak tekinthető. Ez azt jelenti, hogy az evolúcióban valamiféle új létező jelent meg. Sőt az individualitás jelentőségéről elmondottakat is figyelembe véve, új egyedi létezők egész osztálya jelent meg, amelynek létezése új evolúciós folyamatokat indított el. Ezek a létezők a „csoportlények” vagy ismertebb jelöléssel csoportkultúrák. Kialakulásukra a bevezetőben az élőlények versengésével kapcsolatban mondtak éppen úgy érvényesek, ezért nyilvánvaló, hogy a csoportlények versengése és természetes szelekciója is azonnal megindult, és ezt a folyamatot nevezzük kulturális evolúciónak.

Ez azonban már nem az a verseny és nem az a szelekció!

Az állati viselkedés evolúciójával foglalkozó kutatók között néhány éve nagy vita folyt azon, hogy a természetes szelekcióban kizárólag egyedek, individuumok versengenek-e, mint azt a klaszikus darwini elmélet feltételezte, vagy pedig kialakulhat a „csoportszelekció”, amelynek egységei nem egyedek, hanem csoportok, és a versengés valójában a csoportok között, a csoportok fennmaradásáért és elszaporodásáért folyik. Ez a vita azért volt nagyon érdekes, mert a csoportszelekció sokkal gyorsabb ütemű evolúciót tesz lehetővé, és ha létezik, akkor a csoportokat alkotó állatok viselkedésének kialakulására vonatkozó elméletekben feltétlenül figyelembe kell venni. Nos, a vita során sokféle adat, sokféle bizonyíték felmerült, de végül is az volt az általános konklúzió, hogy az embert kivéve a csoportszelekció mechanizmusa valószínűleg nem működik. Az ember az egyetlen olyan lény, amelynek evolúciójában az individuális szelekció mellett a csoportszelekció is szerepet játszott, és éppen ez vezetett az emberi faj feltűnően gyors kialakulásához. A csoportszelekció különböző feltételei közül az egyik a nagyfokú izoláció. Ha egy csoportban, egy generáción belül, a csoport létszámának 4-5 százalékát meghaladó arányban jelennek meg más csoportokban született külső tagok, akkor a csoportszelekció megszűnik, nem működik tovább. A homo-fajok gyors fejlődését igen nagyfokú izoláció jellemezte. Az izolációnak legnagyobb hatású eszköze a nyelv és a kultúra. Feltételezzük, hogy amilyen mértékben kezdett kialakulni a fentebb említett csoportlény, a csoportkultúra, olyan mértékben növekedett az izoláció foka és gyorsult fel az evolúció. Vagyis itt egy önmagára pozitívan visszacsatolt rendszer keletkezett, minél jobban előrehaladt valaki, annál nagyobb lehetőségek nyíltak a további, még nagyobb előrehaladásra. Ez a változás nagyon mély nyomokat hagyott az emberi viselkedésben is. A csoportszelekciót megelőzően a legkorábbi homo-fajok egyedei ugyan csoportokban éltek, mint ma az emberszabású fajok, de versengésük bármilyen formája egyedi volt, éppen úgy, mint minden más állatfaj esetében. Tehát annak lett több utódja a rákövetkező generációkban, aki egyedileg erősebb, ügyesebb, erőszakos-

sabb (mértékkel persze) és okosabb volt a többinél. Kooperáció, egymás segítése csak annyiban jelent meg a faj genetikai jegyei között, amennyiben ezek az aktusok az egyedi túlélést, szaporodást segítették. Önzetlenség, önfeláldozás, csoportérdek nem létezett. (Itt egy kicsi kitérőt kell tennem, hogy az etológiában esetleg járatlan [nagy hátrány!] olvasót figyelmeztessem arra, hogy az állatok esetében időnként megfigyelhető „önzetlen” cselekvés, pl. az anyai védelmező magatartás, bizony csak látszat. Az anya csak olyan mértékben védelmezi ivadékát, amilyen mértékben az hozzásegíti az anyát génjeinek a következő generációba juttatásához. Itt is egy optimalizációs folyamat figyelhető meg: amint az anya genetikai érdeke veszélybe kerül, azonnal megszünteti szerető gondoskodását. Rengeteg igazolt példa van erre, például jól ismert az a tény, hogy az állatanyák attól függően védelmezik ivadékaikat, hogy milyen esélyük van még további utódok létrehozására. Akiknek még nagy a lehetősége, azok bizony elsősorban a saját életüket mentik, akiknek viszont az éppen védelmezett ivadék valószínűleg az utolsó alkalom életükben génjeik továbbadására, azok halálukig védelmezik azokat, teljes összhangban genetikai érdekükkel.)

A nyelv és a kultúra tehát egyidejűleg a terméke, eredménye és az elindítója, létrehozója is az emberi társadalomnak. A csoport-szelekció hatékony mechanizmusa a jellegzetes kettős viselkedéshez vezetett. Az ember a saját csoportjában, az egyedi szelekciós mechanizmusok eredményeként állandó versengésben van csoporttársaival, verseng az erőforrásokért, és mint jellegzetes csoportélőlény verseng a minél előkelőbb helyezésért a rangsorban, mert a státusz a legfontosabb erőforrás, másrészt, és ez adja a versengés kettős természetét, mint egy adott csoport tagja verseng a többi csoporttal, és mindent megtesz a saját csoportjáért, még ha ez neki egyéni szinten kárt is okozhat. Az ember genetikai hajlandósága, hogy csoportjának érdekeit személyes érdekei fölé helyezze. Ez a késztetésünk olyan erős, hogy még mesterséges körülmények között, kísérleti helyzetben is jól kimutatható. Egy csoportpszichológiai kísérletben a kísérleti személyeknek egy so-

rozat absztrakt képet mutattak, és ki kellett választaniok a nekik tetszőeket. Amikor a válogatást egyenként elvégezték, a kísérletvezető a résztvevők egy előre meghatározott csoportja esetében, úgy mellékesen megjegyezte, hogy ön úgy látszik, Picassót kedveli, egy másik csoportnak Mirót említette, és volt még néhány, szintén jó nevű absztrakt művész nevét kapott csoport. A képválasztások és a nevek között természetesen semmiféle összefüggés nem volt, ezek csak a kísérleti személyek csoportmegjelölésére szolgáltak. Ezután, ismét egyenként behívták a kísérletben résztvevőket, és azt mondták nekik, hogy a válogatás olyan jól sikerült, hogy a kísérletet végző intézmény vezetője nagyobb összegű jutalmat juttatott a résztvevőknek. Úgy gondolják, hogy ezt a plusz jutalmat a legjobban úgy lehet elosztani, ha megkérdezik a résztvevők véleményét is, ezután bemutatnak kétféle elosztási sémát, az egyikben az éppen jelenlévő résztvevő saját maga kaphatta volna a legnagyobb összeget, de a valamelyik művész nevével jelzett csoportja a legkevesebbet, a másikban a csoport kapja a legmagasabb összegű jutalmat, de a választó személy a legkevesebbet. Nem kis meglepetésre, szinte egyöntetűen, a kísérleti személyek mindig azt a sémát választották, amely *csoportjuk* nyereségét maximalizálta. Tehát még olyan csoportok esetében is, amelyek tagjai nem is ismerik egymást, sohasem találkoztak, működik a csoportérdeket a személyes érdek fölé helyező mechanizmus.

Ez a genetikai örökségünk a magyarázata annak is, hogy miért képes az ember, az egyébként teljesen normális ember is, bizonyos esetekben hihetetlenül kegyetlenül viselkedni. Nagyon sok archaikus társadalom tanulmányozásából kiderült, hogy a törzs tagjai az ember fogalmát csak a törzsbéliekre alkalmazták, és a többi, más törzsekhez tartozó embert állatnak, vadászni való zsákmánynak, vagy más, de mindenképpen megkülönböztetett alsóbbrendű lénynek tartották, és velük szemben egészen más viselkedési szabályokat alkalmaztak, mint saját törzsük tagjaival szemben. Tehát vannak esetek, amikor kizárólag szűkebben-tágabban meghatározott csoportunk tagjait vesszük emberszámba, s hogy miért

éppen ezeket vagy azokat zárjuk ki, arról a politikusok sokat tudnának mesélni.

Az állatok efféle megkülönböztetést nem ismernek, még a legzártabb állati csoportok között is van csere, az egyedek, rendszerint a fiatalok csatlakozhatnak a csoporthoz, és eltávozhatnak belőle különösebb akadály nélkül, a csoportok nem hordoznak megkülönböztető jegyeket, nevet, nyelvet, kultúrát, ha két egyed találkozik, hovatartozásukat nem kell előzetesen tisztázniuk.

Igen sok szelíd lelkületű ember akad, aki valamiféle magasabb rendű erkölcsi sugallat hatására, azt szeretné bizonyítani vagy legalábbis bizonyítva látni, hogy az ember egész evolúciója alatt békés természetű lény volt, és a háborúk, a társadalmi agresszió különböző formái csak a már fejlett tulajdonviszonyú társadalmakban jelentek meg. Sajnos semmiféle elméleti alapunk nincs, hogy ezeket a szelíd eszméket komolyan vegyük. Az ember korai evolúciójában a hit, erkölcs, igazság és más hasonló fogalmak semmiféle szerepet nem játszottak, és később, amikor a fogalmak már megszülettek, akkor is csak az adott csoporton, az adott kultúrán belül volt értelmük. A mai humanista fogalmaink egészen új keletűek.

Egy békés társadalom is gyorsan elszaporodik, és akár akarja, akár nem, hamarosan versengésre kényszerül más társadalmakkal, legyenek azok maguk is békések egyébként. Aki nem tudja megvédeni magát, akinek nem lesz elengedő számú utóda, az nem maradhat fenn az evolúcióban, tehát mindazok, akik fennmaradtak, és mi fennmaradtunk, olyan ősökkel rendelkeznek, akik annak idején minden megtettek, hogy csoportjuk, csoportjuk kultúrája minél előkelőbb helyezést érjen el a versengésben. Ez egyben azt is jelenti, hogy a sokezer generáció során a versengésre való hajlam génjeinkbe íródott. Ennek a hajlamnak köszönhetjük persze összes nagyra értékelt tulajdonságunkat is, a nyelvet, az önfeláldozást, a hűséget, a becsületet és az igazságot is, mert ezek valamilyen formában mind a csoporthoz tartozás érzését és kötelességét fejezik ki, és a csoportok kíméletlen versenyében jöttek létre.

A mai ember viselkedésében is jól megfigyelhetők a csoportokkal kapcsolatos tulajdonságok. Köztudott, hogy milyen könnyen hajlandóak vagyunk csoportformációkban gondolkodni akár kultúráról, akár politikáról, de akármilyen köznapi tevékenységről van is szó. A csoportérdekre fogékonyak vagyunk, szeretünk csoportokhoz tartozni, a velünk azonos csoportba tartozókkal szemben elfogadóak, bajtársiasak és megértőek vagyunk, míg a többi csoporttal szemben ellenségesek, az ellenérzések skálájának legkülönbözőbb mértékében, az enyhe rosszallástól kezdve az irtó szándéig.

A modern ember problémája akkor kezdődött, amikor a sikeres kiscsoportok olyan nagymértékben szaporodtak már el, hogy elkezdődött a csoportok felduzzadása, minden határon túli méretnövekedése. A kis csoportban a csoportkultúra egységes és ellentmondásmentes. Amiben az öregek hisznek, abban hisznek a fiatalok is, hiszen csak az idősek véleménye jelenik meg a szocializáció során, nincsen még média, iskola, utcakölyök, rossz társaság. Az emberiség aranykora ez, legalábbis ami a lelki egészséget illeti. Amint azonban a létszám nő, és a társadalom képes is a megnövekedett létszámot eltartani, a csoport-én, a kultúralény működése megváltozik. Megjelennek olyan alcsoportok, amelyek bizonyos szempontból azonos jegyeket viselnek, más szempontból viszont különböznek, ugyanakkor mindvégig vannak mások, akik mindenben vagy sok mindenben különböznek. Az alcsoportok által képviselt ellentmondások kiküszöbölésére nincsen elegendő idő, nem elég gyors a kommunikáció. Megrendül a biológiai szocializáció bevált mechanizmusa. Az emberek úgy lesznek felnőttek, hogy kétségeik vannak, keresik az igazságot, sőt, ami a legmegrendítőbb, bizonytalanok a hovatartozásukat illetően, nem tudják, valójában melyik csoporthoz tartoznak igazán. Ami régen a maga természetes mivoltában adódott, most választás, gondos mérlegelés tárgya lett. Hova tartozzam, minek alapján döntsem el, hogy melyik csoporthoz csatlakozzam. Ezek olyan problémák, amelyekre minket nem készített fel az evolúció, ezek nem természetes problémák, ezek mesterségesen felfújtt társadalmi létünk következményei. Tovább bonyolította a helyzetet, bár

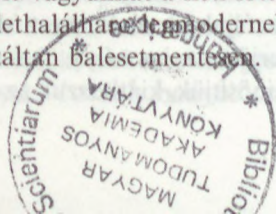
egyben az egyetlen lehetséges kiutat is adta azoknak az eszméknek a megjelenése, amelyek a szűken értelmezett csoportfogalmakat az állam, a nemzet, az emberiség kizárólag kulturálisan értelmezhető és érzékelhető méreteire tágította, és lehetővé tette ezáltal a kiscsoportok együttműködését, a magasabb társadalmi formációk megszerveződését. Ha időnk lesz elég, akkor ez elvezet a globális társadalomig, a globális kultúráig, amelyben az egész emberiség mint egyetlen alapvető csoport jelenik meg. Az újabb kori UFO-őrület nemcsak hiszékeny emberek hisztérikus játéka, ez éppen a globális kultúra már létező csírájának jele, az emberek szerte a világon kezdik már elfogadni, hogy az emberiség egy csoportot alkot, ahova ők maguk is tartoznak, és keresik a „másokat”, keresik a „többit”, hiszen az emberiségnek mint zárt csoportnak számukra csak úgy van értelme, ha vannak mások, akik nem tartoznak közénk. Ez biztató jel, örülni kell neki! No meg hol van az bizonyítva, hogy mások tényleg nincsenek?

Mindenesetre a csoportokkal kapcsolatos evolúciós örökségünk működik. Biológiai adottságunk a szüntelen versengés a szerveződés mindkét szintjén. Versengünk mint egyének javakért, területért, dominanciáért, és versengünk igazi és mesterkelt csoportokba tömörülve, a szocializációs történetünktől függően, teljes vagy fél szívvel a csoport igazáért, a csoport dominanciájáért. Mai csoportjaink tagjai már ritkán ülnek a tűz mellett, eszközeiket, meséiket, legendáikat már nem saját maguk, hanem a szintén csoportokba tömörült ügyes iparosok, a média, a politika, a társadalomszervezés szakemberei készítik. Képességünk a csoportért való feltétel nélküli áldozatra elgyengülőben van, mert gyermekkorunkban nem kapjuk meg a teljes értékű szocializációt, nem élünk egyetlen zárt, egységes, ellentmondásmentes csoportban. Mégis versengünk a munkahelyeken, a hivatalos rend mellett létrehozzuk az informális hierarchiákat, helyünk a rangsorban fontosabb, mint a kenyér. Versengünk a politikában, bármilyen eszmét megveszünk, ha azt csoportunk árulja, leszóljuk a másét, mert idegen. Versengünk a tudományban, elismerjük az igazságot, ha az a klán igazsága, tudománytalannak minősítjük, kiátkozzuk az eretneket, ha az más

csoport tagja. Civilizálnak tekintjük és bölcsnek nevezzük magunkat, és modern, emelkedett szellemiségünk magaslatairól géppuskatüzet zúditunk *rájuk*, másokra, az aljasokra, az ellenségre. Vietnámban, Boszniában vagy ahova az ideológia éppen szólít.

Ha rákényszerítenek, elhisszük, hogy csoportunk egészen nagy, minden tagját szeretnünk kell, és békében is tudunk velük élni. Ilyenkor azonban versengéseink különös formákat öltenek. Továbbra is működik az egyéni sikerre való törekvésünk, és működik persze az a törekvés is, hogy harcoljunk, ha valamilyen csoport érdekében tehetjük. A sportversenyek például kitűnő pótlékaik az igazi versengésnek. A sportoló nem a túlélésért, nem az utódainak minél tökéletesebb felneveléséért küzd, hanem egyéni hírnévért, egy láthatatlan közösség státuszaért és valamilyen klub, egyesület színeiért, aminek szintén nem sok köze van a túléléshez. További, még alacsonyabb rendű pótlék, amikor már magunk nem is kívánunk részt venni a versenyben, és ezért helyetteseket alkalmazunk egy „csapat” formájában, és ezek a csapatok küzdenek, ezeket biztatjuk egy vágyott közösség eszmei tagjaként. Néha már az is elég, ha csak messziről nézzük az eseményt vagy hallgatjuk a beszámolót, versengési késztetésünk így is kielégül. Legvégül pedig megelégszünk azzal, ha néhány, erre kondicionált szerencsétlen állat szalad, verekszik helyettünk a lóversenypályán vagy a kutyaviadal arénájában, és minden versengéssel kapcsolatos rajongásunkat beléjük vetítjük, az ő győzelmeiktől leszünk mámorosak, az ő vereségük ejt kétségbe.

A modern kultúra számtalan eszközt fejlesztett ki arra, hogy a versengés iránti öröklött szenvedélyünket valamilyen pótlékkal levezesse. Minden versengésnek van valamiféle kockázata, pontosan kiszámítjuk a harc elvárható lefolyását, de tudjuk, hogy mindig közbejöhet valami apró véletlen, és győzelmünk vagy vereségünk múlhat rajta. Felajz bennünket a véletlen kockázat, és olcsón elégíti ki efféle vágyunkat a heti lottószelvény, amely néhány forintért az élethalálharcok modernebb illúzióját nyújtja, tömegeknek, garantáltan balesetmentesen.





Az etológia, különösen a humán-etológia új szemléletet hozott a hagyományos viselkedéstudományokba. Új kérdések megfogalmazását teszi lehetővé, és új válaszokat ígér. A gyűjteményes kötet egy-egy írása az etológiai szemlélet alkalmazását és hasznát igyekszik bemutatni. A legterjedelmesebb fejezet halakon végzett etológiai kísérleti munkáról szól, és sok év eredményeinek összefoglalója. A többi tanulmány biológiai, evolúcióelméleti, filozófiai és társadalmi kérdéseket tárgyal egy etológus sajátos felfogásában.

Ára: 363,- Ft áfával



5088605

CSANKY K. VÁSSELKESÉDÉS, GONDOLKODÁS,
SÁPPOZÁSIÁSBAN SAJÍTBELI
TÁRSADALOM: ETOLÓGIAI MEGKÖZELÍTÉS

