

ERNST MAJER¹

OSNOVNI POJMOVI EVOLUCIONE BIOLOGIJE

Da je evolucija činjenica i da zapanjujući diverzitet životinja i biljki evoluirao postepeno, bilo je sveopšte prihvaćeno ubrzo nakon 1859. godine. Ali pitanje kako se ova evolucija odvijala, naročito pitanje prirode njene pokretačke sile, jeste izvor kontroverzi od samog početka.

Među stručnjacima je dostignuta skoro potpuna saglasnost u poslednjim decenijama. Bilo da su botaničari ili zoolozi, paleontolozi ili genetičari, svi oni interpretiraju rezultate evolucionog procesa na isti način i pronalaze iste uzročne veze. Sa nestručnjacima situacija je drugačija; bilo da su biolozi ili ne, oni često ostaju neuvereni. Uvek iznova kolega mi je govorio: „Priča koju prezentuješ zvuči krajnje logično i neopovrgljivo, ali još uvek se ne mogu rešiti osećaja da nešto nije sasvim u redu“. Kada insistiram da mi kaže šta je to što nije u redu, proizilazi da je sumnja zasnovana na nedovoljnom poznavanju osnovnih činjenica i da pati od izvesnih pojmovnih nerazumljivosti. U nameri da otklonim ovu mogućnost, otpočecu (1) stavovima o osnovnim aspektima moderne interpretacije evolucionog uzročnosti u nekoliko jednostavnih rečenica; i (2) pokušaću da objasnim konceptualne, zapravo filozofske, temelje evolucionog teorije, onako kako je ona sada uopšteno prihvaćena.

MODERNA TEORIJA EVOLUCIJE

Kako savremeni biolozi vide proces evolucije? Većina ranijih teorija evolucije utemeljuju vlastito objašnjenje na jednom faktoru, kao što su mutacija, okolina ili izolacija; Darwinova genijalnost je bila u tome što je predložio objašnjenje putem dva faktora. Prvi faktor, genetička varijabilnost, jeste u potpunosti stvar slučajnosti, bilo da je proizvedena mutacijom, rekombinacijom ili bilo kojim drugim mehanizmom. Jasno je da je istina drugog faktora suprotna, prirodna selekcija je izrazito „anti-slučajan“ faktor. Među milionima individua koje se produkuju u svakoj generaciji, selekcija uvek favorizuje one čije korisne osobine su determinisane specifičnim genetičkim kombinacijama. Trebalo bi još jednom naglasiti da je najvažnija komponenta Darwinovog dostignuća isticanje dualnosti evolucionog procesa. Upravo ova kombinacija stohastičkog i determinističkog daje evoluciji veliku gipkost i ciljnu usmerenost (Mayr 1963).

1 Eseji iz dela Ernsta Majera: *EVOLUCIJA I DIVERZITET ŽIVOTA* (Ernst Mayr, *Evolution and the Diversity of Life, Selected Essays*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts and London, England, 1976)

Darvinovo objašnjenje evolucije, u tom smislu, jeste dualističko. Dualizam je, međutim, na lošem glasu među biologima, jer su vekovima trpeli zbog dualizma tela i uma koji je Dekart ponovo uveo u filozofiju. Biolozi odbijaju dualizam vrlo naglašeno iz razloga koje je Bernhard Renš (Bernhard Rensch), dobro zapažajući, prezentovao (Rensch 1968). Doduše, postoji veći broj dualizama u biologiji, ali oni obično nisu „ili-ili“ dualizmi, već pre „najpre-onda“, koje bismo možda mogli označiti kao dualizmi tandemi. Mutacija–selekcija jeste jedan takav tandem dualizam. Još jedan dualizam jednako važan za razumevanje evolucije jeste dualizam fenotip–genotip. Morali bismo potpuno razumeti ovaj određeni dualizam, pre nego se upustimo u razumevanje procesa evolucije.

Genotip je totalitet genetičkog nasleđa koje individua dobija od roditelja u začeću (formiranju zigota). Fenotip je totalitet osobina (izgleda) individue koji je ishod interakcije genotipa (genetičkog materijala) sa sredinom tokom ontogeneze.

Ali zašto je ovaj dualitet genotipa i fenotipa toliko važan za evolucioniste? Embriolozi su uvek prećutno pretpostavljali da oplodena jajna ćelija, uključujući i njeno jedro, celovito i direktno učestvuje u razviću embriona. Jedini koji se nije slagao, iz teorijskih razloga, sa ovom pretpostavkom bio je Avgust Vajsman (August Weismann), koji je zbog toga i mnogo čega drugoga, za nekoliko decenija bio ispred svog vremena. Vajsmanovo rešenje, razdvajanje somatske i germinalne linije, nije bilo potvrđeno. Ali njegova osnovna ideja je ipak bila tačna. Krajnje rešenje Vajsmanovog problema dato je tek nedavno u molekularnoj genetici: genetski materijal (DNK) ne učestvuje samostalno u razviću embriona već funkcioniše samo kao nacrt. Instrukcije DNK se prevode (uz pomoć RNK) u proteine, koji jedini učestvuju direktno u razviću embriona. Sam genetski materijal, DNK, ostaje nepromenjen tokom celokupnog procesa.

Neću dalje govoriti o vrlo interesantnim posledicama embrionalnog razvića koje proizilaze iz ovog funkcionalnog razdvajanja DNK i proteina. Umesto toga želim da istaknem važnost ovog razdvajanja za određene evolucionarne probleme. Pre svega, sada je savršeno jasno zašto je direktan uticaj okoline na genetski materijal nemoguć, uticaj koji je postulirala većina lamarkista. Put od DNK (preko RNK) do proteina jeste jednosmerna ulica. Okolina može uticati na razvojni proces ali ne može aficirati nacrt koji kontroliše. Promene u proteinima ne mogu biti ponovo prevedene u nukleinske kiseline.

Druga posledica je jednako važna. Potpuno razdvajanje genotipa i fenotipa ima za posledicu to da veći deo mogućnosti genotipa date individue nije uopšte preveden u fenotip i stoga nije podložan selekciji. Ovo se vidi po velikom broju recesivnih alela u diploidnim organizmima i dominantnim genima pri epistatičkim interakcijama. Ove mogućnosti mogu biti aktivirane u kasnijim generacijama putem rekombinacije. Ovakav način reagovanja na promene u okolini je daleko superiorniji od procesa direktne indukcije okoline koju su postulirali mnogi lamarkisti. Na primer, pretpostavimo da su eksperimentalne životinje prilagođene na hladnoću podnele povećani rast temperature preko pet generacija i da su iznenada ponovo izložene niskim temperaturama. Ukoliko su životinje ujednačeno prouzrokovale visoku toleranciju na vrućinu tokom proteklih pet generacija, sigurno će biti uništene zbog iznenadnog hladnog šoka. S druge strane, ukoliko fenotip nije direktan produkt okoline, onda rekombinacija može razviti čitavu populaciju novih pravila reagovanja u svakoj generaciji, od kojih će neke – sa velikom

verovatnoćom - biti preadaptirane na vrlo promenljive uslove okoline. Brzina kojom su insekti razvili populacije otpornih na DDT jeste dokaz za tip pre-adaptacije koja je očuvana u nacrtu DNK. U sledećoj raspravi vratiću se na ogromnu važnost razlike u ulogama fenotipa i genotipa.

FILOZOFSKA RAZMATRANJA

Darvinizam ima dobro definisanu bazu, razumevanje koje je preduslov razumevanja evolucionih procesa. Dugo je za istoričare biologije predstavljalo zagonetku zašto je ključ za rešenje problema evolucije bio pronađen u Engleskoj pre nego na evropskom kontinentu. Nijedna druga zemlja na svetu nije imala tako sjajnu galaksiju slavnih biologa sredinom prošlog stoleća kao Nemačka: Rudolphi (Rudolph), Erenberg (Ehrenberg), Karl E. fon Ber (Karl E. von Baer), Šlajden (Schleiden), Lojkart (Leuckart), Zibold (Siebold), Keliker (Koelliker), Johanes Miler (Johannes Müller), Virhov (Virchow) i Lajdig (Leydig), i pored toga rešenje problema evolucije bilo je pronađeno od strane dvojice engleskih amatera. Darwin (Darwin) i Volas (Wallace), nijedan od ove dvojice nije imao potpuno zoološko obrazovanje. Kako se ovo može objasniti? Moj odgovor je da je to zbog toga što je filozofsko mišljenje na kontinentu u to vreme bilo pod vlašću esencijalizma. Ova filozofija, kako je pokazao Rajzer (Reiser, 1958), je krajnje nekompatibilna sa pretpostavkom postepene evolucije. Esencijalizam ima svoje korene u Platonovom pojmu *eidos*-a. Svi znamo čuvenu Platonovu alegoriju prema kojoj vidimo realnost samo posredno kao senke na zidu pećine, dok prava priroda stvari, sholastička *esencija*, može proizlaziti samo indirektno. Zahvaljujući središnjoj važnosti *esencije* za ovu školu filozofije ona je bila imenovana kao esencijalizam, od strane Karla Popera (1950). Suprotno, sasvim drugačije mišljenje, utemeljeno u empirizmu, razvilo se u Engleskoj: takozvano populacijsko mišljenje, za koje postepena evolucija ne predstavlja teškoću. Populacijsko mišljenje je utemeljeno na pretpostavkama suprotnim od onih esencijalizma. Ono tvrdi da jedino individualni fenomen poseduje realnost i da svako nastojanje da se iz njega izvede esencija jeste apstrakcija. Populacijsko mišljenje tako preokreće dogmu esencijalizma naopačke. Zamenjivanje tipološkog (esencijalističkog) mišljenja populacijskim bila je, verovatno, najvažnija pojmovna revolucija u istoriji biologije.

Filozofske probleme je moguće učiniti jasnijim razmatrajući prigovore koji su učestalo postavljeni protiv darvinovskih interpretacija. Čuo sam, na primer, izjavu: „Ne mogu da verujem da je tako savršen organ kao što je oko mogao nastati slučajnim mutacijama“. Evolucionisti se u potpunosti slažu sa ovime. Slučajne mutacije same za sebe, sasvim očigledno, nisu mogle to proizvesti. Sve što mutacija čini jeste obogaćivanje varijabilnosti genofonda. Mutacija nema veze sa adaptacijom. Selekcija je ono čime se to postiže. Prema tome, takođe je pogrešan prikaz situacije kada se kaže da je ovaj ili onaj proizvod evolucije rezultat mutacionog pritiska. Ne postoji nešto što bi bilo mutacioni pritisak. Na žalost, još uvek postoje autori koji nisu napustili potpuno pogrešne ideje o mutaciji, unapređene Vrisom (Vries) i drugim mutacionistima prve decenije ovog stoleća. Ovi rani genetičari vide u mutaciji proces koji može proizvesti u jednom koraku novi tip, koji će biti nova vrsta ili čak viši takson. Ovaj mutacionistički

esencijalizam ih prisiljava da tvrde kako se sve evolucione promene dešavaju u skokovima. Mi sada znamo da se ova ideja suprotstavlja objektivnim činjenicama. Svaka greška u replikaciji DNK jeste mutacija. Kako svaka viša životinja ima dovoljno DNK u genomu za oko 5 miliona gena, i kako svaki gen u proseku ima hiljadu promenljivih osnovnih parova, sasvim je moguće da će se svaki pojedini razlikovati od drugog najmanje jednom novom mutacijom u 5 biliona osnovnih parova. Ukoliko mutacija ne vodi u momentalnu smrt ćelije u kojoj nastaje, ona može promeniti ćelijsku fiziologiju toliko neznatno da samo ekstremno precizne metode mogu odrediti da li se mutacija pojavila. Osnovne karakteristike procesa mutacije su prema tome: (1) mutacija obožuje genofond genetičkim varijacijama; (2) mutacija je relativno učestali proces, i (3) većina mutacija u višim organizmima je zagonetna. Svaki od ova tri zaključka se suprotstavlja uverenjima ranijih mutacionista.

Nerazumevanja u pogledu prirode selekcije takođe su velika. Tako je, na primer, često ponavljana tvrdnja da je Darvinovo objašnjenje evolucije tautologija. Darvinov argument je pogrešno predstavljan u sledećem maniru: Prvo pitanje: „Ko preživljava?“; odgovor: „Onaj ko je najpodobniji“. Drugo pitanje: „Ko je najpodobniji?“; odgovor: „Onaj ko preživljava“. Ovakva formulacija potpuno pogrešno predstavlja Darvinovu poziciju. Darvin kaže: „Svaka varijacija ... ako će u nekom stepenu biti korisna za individuu ma koje vrste u beskonačnim složenim odnosima sa drugim organskim bićima i sa spoljašnjom prirodom, vodiće očuvanju te individue“. Ono šta Darvin kaže, i sa čime se slažem, jeste da je to posedovanje izvesnih karakteristika koje određuju evolucionu uspeh i da takve karakteristike imaju, barem u delovima, genetsku osnovu. Individua koja poseduje ove genetske mogućnosti će preživeti i reprodukovati se sa više verovatnoće nego ona kojoj nedostaju. Očigledno je da ova ispravna formulacija uopšte nije tautologijska.

Još jedna stvar je obično pogrešno predstavljena i stoga zahteva razjašnjenje. Selekcija ne barata sa posebnim genima, jer je njena meta fenotip cele individue. Pretpostavljati da dati gen ima fiksnu selekcionu vrednost jeste greška, jer doprinos gena podobnosti individue zavisi u znatnom stepenu od sastava genotipa, a to znači, od interakcije ovih gena sa drugim genima. U najboljem slučaju, moguće je kalkulirati sa statistički prosečnim vrednostima za podobnost gena. Populacioni genetičari su bili prilično iznenađeni kada su pronašli izvesne gene sa nad-prosečnom podobnošću u nekim kombinacijama, koji su smrtonosni u drugim kombinacijama.

Nikada se ne sme ignorisati razlika između genotipa i fenotipa. Posebno, uvek treba imati na umu da je data komponenta fenotipa retko ili nikad direktno određena pojedinačnim genom. Uticaj gena je obično više indirektan. Negiranje ovakvog razmišljanja vodilo je tvrdnjama kao što su: „Prirodna selekcija ne može da objasni zašto svi sisari imaju sedam vratnih pršljenova“. Karakteristika kao što je broj vratnih pršljenova jeste proizvod velikog dela genotipa, i još više filogenetske starosti osobina, što je više ugrađen u nacrt DNK to je otporniji na promene. Ono što je odlučujuće jeste celokupna vrednost genotipa.

Molekularna genetika je dokazala koliko je složena realizacija osobina, čak i u tako relativno jednostavnim organizmima kao što su bakterije. Svaki gen ima vlastite prigušivače i pojačivače, i složen regulatorni sistem. Nije potrebno mnogo mašte da bi se zamislilo koliko biliona ili triliona uzajamnih interakcija gena je moguće u višecelijskim

organizmima i kako se samo nekoliko njih zaista ostvari. Bilo bi lako citirati iz literature stotine prigovora selekciji, svi oni počivaju na pogrešnim pretpostavkama da su genotip i fenotip jedan i isti fenomen, i da je svaka komponenta fenotipa direktno i odmah kontrolisana određenim genom. Tipičan prigovor je dobro predstavljen u sledećoj izjavi poznatog biologa: „Pojava zuba kod embriona životinja koje, kao grbavi kitovi, su kao odrasle bezube, ili metakarpalne kosti u nogama konja ne može ni najmanje biti objašnjena terminima prirodne selekcije“. Zsigurno, još uvek nam nedostaje razumevanje detalja procesa diferencijacije odgovorne za dugo očuvanje tih karakteristika u embrionalnom razviću, ali u načelu ne postoje teškoće. Mi sada znamo da svaki gen učestvuje, ili može učestvovati, u mnogo razvojnih procesa i da mnogostruke interakcije među genima daju, takoreći, holistički pečat totalitetu embrionalnog razvića. Pod uslovom da je razviće mladog grbavog kita kao celine harmonično, selekcija će narušiti genetsku osnovu zbog gena zuba samo vrlo postepeno. Suviše brza eliminacija mogla bi voditi drastičnim poremećajima u razvojnim procesima i ne bi bila dopuštena selekcijom.

Ponašanje igra važnu ulogu u evoluciji. Naravno, nema direktan uticaj na genotip, kako je verovao Lamarck (Lamarck), ali stvara nove selekzione pritiske i može omogućiti osvajanje novih adaptivnih zona.

NEREŠENI PROBLEMI

U zaključku, hteo bih postaviti pitanje budućnosti evolucione biologije. U tekucem teorijskom okviru ovog polja, kako se razvilo u 1930-ima i 1940-ima, moguće je uspešno odbiti sve prigovore; ne znači li to da je evoluciona biologija postala mrtva nauka? Kada bi evoluciona biologija imala teorijski okvir fizike, odgovor bi zaista mogao biti *da*. Cilj fizičara je etabliranje opštih zakona i redukovanje svih fenomena na minimalni broj takvih zakona. Opšti zakoni, međutim, imaju mnogo manju ulogu u biologiji. Skoro sve u biologiji je jedinstveno: svaka životinjska i biljna zajednica, fauna ili flora, vrste ili individue. Strategija istraživanja u biologiji mora, zbog ovih razloga, biti krajnje različita od strategije fizičara. U tom pogledu, biologija bi mogla biti bliža naukama kao što su arheologija i lingvistika. Time što su zanimljivi i važni opšti zakoni lingvistike, ne umanjuje se, nimalo, važnost učenja pojedinačnih jezika. Koliko god bili važni zakoni izvedeni iz komparacija kultura, oni nimalo nisu razlog za napuštanje proučavanja pojedinačnih kultura. Odista, proučavanje specifičnih fenomena jeste neophodan preduslov za sve komparativne studije. Komparacije različitih jezika, različitih kultura, različitih fauna, ili različitih grupa životinja i biljki jeste ono što vodi najinteresantnijim generalizacijama.

U tom pogledu mi smo još uvek na samom početku u evolucionalnoj biologiji. Još uvek smo u krajnjoj nemogućnosti da odgovorimo na pitanja kao što su: zašto su se izvesne plavo-zelene alge (*Cyanophyceae*) jedva malo promenile u 1 ½ biliona godina? Zašto su faune i izvesni geološki periodi bili izloženi velikim katastrofama i zašto su se ove katastrofe nekada pojavljivale istovremeno i na kopnu i u okeanima, a nekada ili na jednom ili na drugom? Ili: kakvi specifični uslovi su nastali koji su dozvolili da od samo jedne filetičke linije postane čovek, među, verovatno, više od bilion filetičkih

linija koje su postojale na zemlji? Ovakva pitanja indiciraju samo neke od problema koji sad preokupiraju evolucione biologe.

Molekularna biologija postavila je neka nova vrlo zanimljiva pitanja. Pomenuću jedino zagonetku koju nam postavlja količina DNK u svakom jedru. Pitali smo se dobrih nekoliko godina zašto je očigledno 5 do 50 hiljada gena među višim životinjama, premda ima dovoljno DNK za 5 miliona gena. Tek nedavno, pronađeno je da su DNK prilično heterogene, i da su samo neke, ne više od 25 procenta, čisto ponavljajuće (Britten and Kohne 1968). Od tada, nemamo nikakvu ideju kakvo bi bilo fiziološko i evoluciono značenje ove heterogenosti. Čini mi se da se nalazimo pred nekim važnijim iznenađenjima.

Struktura hromozoma kod eukariota takođe poseduje mnoge zagonetke. Zašto je broj hromozoma relativno konstantan u mnogim grupama životinja, a promenljiv u drugima? Zašto je broj hromozoma visok u izvesnim grupama životinja i biljki, a nizak u drugim? Zašto su svi hromozomi skoro približne veličine u nekim grupama životinja, s obzirom na to da je u drugim ogroman raspon u veličinama? Premda smo ubeđeni kako su svi ovi fenomeni kontrolisani prirodnom selekcijom, i pored toga moramo priznati da nam nedostaju rešenja za sve ove teškoće.

Problem tempa evolucije jeste još jedan paket nepoznanica. Već sam pomenuo evolucionu stabilnost određenih plavo-zelenih algi koje se nisu vidljivo promenile u više od milijardu godina, u poređenju sa ogromnom brzinom evolucije slatkovodnih riba, koje se čine sposobnima za stvaranje novih vrsta za manje od 5 hiljada godina. Da li je ova velika razlika u potpunosti stvar rekombinacije i selekcije, ili su zapravo razlike u promenljivosti? I napokon, kakva hemija reguliše tempo mutacija?

Nerešene zagonetke postoje na svakoj ravni integracije. Proces mutacije, sam za sebe, još uvek nije u potpunosti objašnjen. Filogenetski tempo promena u makromolekulima je visoko kontroverzna tema i neizvesnosti postoje u svakom sledećem nivou organizacije, prema životinjskim i biljnim zajednicama. Sada je čak moguće baciti novi pogled na probleme filogenije. Nova otkrića hemijske taksonomije dopuštaju rešenja u relacijama koje su do sada bile nedostupne. Istovremeno, funkcionalna morfologija dopušta uvide koji nisu bili dostupni tipoloziama u njihovim *Bauplan* studijama. Očigledno je da je ovo oblast u kojoj se očekuju sve vrste novih rešenja tokom sledećih godina. Začudo, ništa od ovoga nije umanjilo osnovu Darvinovih teza. Upravo suprotno, nova otkrića uvek iznova u potpunosti potvrđuju Darvinovu briljantnu viziju.

Svaki biološki fenomen, svaka struktura, svaka funkcija, odista sve u biologiji, ima istoriju. I proučavanje ove istorije, rekonstrukcija selekcionih pritisaka koji su odgovorni za biološki svet današnjice, jednako tako je deo kauzalnog objašnjenja sveta organizama kao i fiziološka ili embriološka objašnjenja. Čisto fiziološko-ontogenetičko objašnjenje koje zanemaruje istorijsku stranu, samo je pola objašnjenja. Nije dovoljno znati kako se DNK program prevodi u fenotip, ako se želi zadobiti pravilan pogled na fenomen života: takođe se mora pokušati dati objašnjenje istorijskog porekla DNK programa. Samo evolucionarna biologija može dati taj doprinos; prema tome, proučavanje evolucije ostaje važna grana u biologiji.

REFERENCE

Mayr, E. 1963. *Animal species and evolution*. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass.

Popper, K. R. 1950. The open society and its enemies. In *The spell of Plato*, vol.1. Routledge and Kegan Paul, London.

Reiser, O. L. 1958. In *A book that shook the world*, ed. R. Buchsbaum, p. 68. University of Pittsburgh Press, Pittsburgh.

Rensch, B. 1968. *Biophilosophie auf erkenntnistheoretischer Grundlage*. G. Fischer, Stuttgart.

EVOLUCIJA ŽIVIH SISTEMA

Broj, vrsta i diverzitet živih sistema je izrazito velik, i svaki sistem, na sebi svojstven način, jeste jedinstven. Toliko različite su, zaista, vrste organizama da bi bilo uzaludno pokušati razumeti evoluciju kao celinu opisujući evoluciju virusa i gljiva, kitova i sekvoja, slonova i kolibri ptica. Možda bismo mogli stići do valjanih generalizacija približavajući se zadatku na više neortodoksan način. Živi sistemi evoluiraju da bi dočekali izazove okoline. Možemo se, stoga, pitati kakvi su specifični zahtevi koje organizmi susreću?

Prvi zadatak jeste izboriti se sa kontinuiranom promenom i ogromnom raznovrsnošću okoline, čiji resursi, ipak, nisu neiscrpiljivi. Mutacija, generator genetičke varijabilnosti, jeste prepoznatljivo sredstvo kopiranja unutar heterogenosti okoline u prostoru i vremenu. Vratimo se nazad na početak života. Prvobitni organizam, u potrebi za određenim složenim molekulom u primordijalnoj „supi“ u kojoj je živeo, postigao je posebnu prednost mutirajući na takav način da je, nakon iscrpljivanja resursa okoline, bio sposoban da sintetiše potrebne molekule od jednostavnijih molekula koji su bili dostupni u obilju. Jednostavni organizmi kao bakterije i virusi, sa novim generacijama na svakih 10 ili 20 minuta i sa ogromnim populacijama koje se sastoje od miliona i biliona individua, mogu dobro da se prilagode diverzitetu i promenama u okolini, i to samo putem mutacija. Odista, sposobnost za mutiranje je možda najvažnija evolucionarna karakteristika jednostavnih organizama. Štaviše, njihov sistem fenotipske adaptacije je izvanredno fleksibilan, dozvoljavajući brza prilagođavanja na promene okoline.

Složeniji organizmi, oni sa mnogo dužim generacijskim periodom, manjom veličinom populacije i sa posebno suptilno balansiranim koadaptiranim genima, pokazuju rizik u velikom oslanjanju na mutacije u borbi sa promenama okoline. Šansa da će se pojaviti odgovarajuća mutacija u pravo vreme, tako da bi mutacija sama za sebe mogla isporučiti odgovarajuću genetičku varijabilnost za iznenadne promene u okolini, zapravo je jednaka nuli. Šta je, onda, preduslov za razviće složenijih živih sistema? To je sposobnost različitih organizama za razmenu „genetičkih informacija“ jednih sa drugima, proces koji genetičari zovu rekombinacijom, a popularnije seksualnom reprodukcijom. Selekciona prednost seksualne reprodukcije je toliko direktna i tako velika da možemo pretpostaviti da se pojavila u vrlo ranim stadijumima istorije života. Hajde da ilustrujemo ovu prednost jednim primerom. Primitivni organizam koji je sposoban da sintetiše amino-kiselinu A, ali izdržava u primordijalnoj supi od amino-kiseline B, i drugi organizam koji je sposoban da sintetiše amino-kiselinu B, ali izdržava u primordijalnoj supi od amino-kiseline A, mogli bi genetičkom rekombinacijom da proizvedu potomstvo sa sposobnošću za sintezu obe amino kiseline, prema tome i sposobnost da žive u okolini koju nisu imali svaki posebno. Genetička rekombinacija može izrazito ubrzati evolucionu promenu i učestvovati u nezavisnosti od okoline.

Mnogobrojni mehanizmi su evoluirali tokom vremena kojim su rekombinacije postale preciznije u svakom pogledu. Rezultat jeste evolucija detaljno konstruisanih hromozoma: diploidnih, kroz dva homologna hromozomska para, jedan izveden od oca, drugi od majke; razrada procesa mejoze tokom koje homologni hromozomi razmenjuju

delove na taj način da se hromozomi oca i majke prenose na praunuke celi, ali kao rekonstituisani hromozomi sa novim kombinacijama gena. Ovi mehanizmi regulišu genetičke kombinacije među individuama i daleko su važniji izvor genotipske varijabilnosti viših organizama.

Veličina genetičkog diverziteta u okviru svake ukrštene populacije regulisana je balansom između mehanizama koji favorizuju *inbriding* i onih koji favorizuju *autbriding*. Krajnosti u ovom pogledu su mnogo veće među biljkama i nižim životinjama, nego među višim životinjama. Ekstremni *inbriding* (samooplodnja) i ekstremni *autbriding* (redovna hibridizacija sa drugim vrstama) su retke kod viših životinja. *Autbriding* i *inbriding* jedinke su drastično različiti živi sistemi u kojima je broj adaptacija usaglašen na harmoničan način.

Rezultat seksualne reprodukcije je taj da svaka nova kombinacija može biti testirana u okolini svake generacije. Ogromna moć procesa genetičke rekombinacije seksualnom reprodukcijom postaje očigledna ako se setimo da u seksualnom reprodukovanju vrsta ne postoje dve individue koje su genetički identične. Moramo priznati da je seksualna reprodukcija čudesna!

Međutim, čak i seksualna reprodukcija ima svoje nedostatke. Da bi se ovo pojasnilo, postaviću model univerzuma koji se sastoji od genetički sasvim različitih individua koje *nisu* organizovane u vrste. Svaka individua može učestvovati u genetičkoj rekombinaciji sa bilo kojom drugom individuom u ovom modelu. Slučajno, kao rezultat slučajaja, novi skupovi gena biće sagrađeni tako da imaju jedinstvenu adaptivnu prednost. Ipak, pošto u ovom određenom evolucionom sistemu nema garancije da će neobična individua učestvovati u genetičkoj rekombinaciji *samo* sa individuama koje imaju slični adaptivni genotip, neizbežno je da ovaj neobični favorizovani genotip bude najzad uništen rekombinacijom tokom reprodukcije.

Kako se ovakva propast može izbeći? Dva su moguća načina, i priroda je prisvojila oba. Jedan način jeste da se napusti seksualna reprodukcija. Zaista, nalazimo širom životinjskog carstva, i čak učestalije među biljkama, tendenciju napuštanja seksualne reprodukcije privremeno ili trajno, u nameri da se uspešnom genotipu da šansa da se replicira nepromenjen, generaciju za generacijom, uzimajući prednosti svoje jedinstvene superiornosti. Ipak, istorija organskog sveta jasno pokazuje da evolucijski oportunisti dohvata kraj kanapa pre ili kasnije. Svaka iznenadna promena okoline će pretvoriti genetičku prednost u smetnju i pošto neće imati sposobnost generacije novih genetičkih varijeteta putem rekombinacije, nužno će izumreti.

Drugo rešenje jeste „novina“, ako može da mi bude oprošteno zbog upotrebe antropomorfno pojma, bioloških vrsta. Vrsta je zaštitni sistem koji garantuje da će se samo one individue ukrštati i razmenjivati gene koje imaju uglavnom isti genotip. U ovom sistemu ne postoji opasnost da će neuspeh genotipa rezultirati genetičkom rekombinacijom, zbog toga što su svi geni prisutni u genofondu prethodno bili testirani, kroz mnoge generacije, radi sposobnosti da se rekombinuju harmonično. To ne odstranjuje priličnu varijabilnost unutar vrste. Zaista, sva naša izučavanja nam omogućuju da uvidimo sve više koliko je ogromna genetička varijabilnost, čak unutar relativno jednoobraznih vrsta. I pored toga, osnova razvojnih i homeostatičkih sistema ostaje ista, u principu, kod svih članova vrsta.

Jednostavnim objašnjenjem biološkog značaja vrste izbegao sam dosadno pitanje kako definisati vrste. Još bih dodao da vrste mogu izvršiti funkciju zaštite dobro integrisanih, harmoničnih genotipova pomoću izvesnih mehanizama (tzv. „izolacionih mehanizama“) koji sprečavaju ukrštanje individua sa drugim vrstama.

U našem dizajnu savršenog živog sistema, došli smo do sistema koji se može izboriti sa heterogenošću okoline i koji ima načine da zaštiti dobro koadaptirane, harmonične genotipove. Ovako opisan, ovaj dobro balansiran sistem izgleda tako konzerviran kao da ne nudi mogućnosti za poreklo novih dodatnih sistema. Ovaj zaključak, kada bi bio istinit, doveo bi nas u pravi konflikt sa evolucionom istorijom sveta. Paleontolozi kažu da nove vrste nastaju kontinuirano tokom geološkog doba i da se multiplikacija vrsta, kao kompenzacija za izumiranje vrsta, morala pojavljivati u zapanjujućim razmerama. Ako je vrsta dobro balansirana, dobro zaštićena, i tako složena kao što smo opisali, kako je moguće da jedna vrsta bude razdeljena na dve? Ovaj ozbiljan problem je veoma zbunjivao Darvina, i evolucionisti su raspravljali o njemu stotinama godina.

Najzad, pokazalo se da postoje dva moguća rešenja, ili bolje da kažem javljala su se dva uobičajena rešenja. Prvi način se učestalo javljao među biljkama, ali ređe u životinjskom carstvu. Sastoji se od dupliranja hromozomskih parova, tako da nova individua više nije diploidna sa dva homologna para hromozoma, već, da tako kažemo, tetraploidna sa četiri para hromozoma ili, ako se proces nastavlja, poliploidna sa još većim brojem hromozoma. Produkcija poliploida stvara momentalnu specijaciju; produkuje nekompatibilnost između roditeljskih vrsta i vrsta-kćeri, u jednom koraku.

Drugi način specijacije je jednostavan. Do sada, govorili smo o vrstama kao o nečemu krutom, uniformnom i monolitnom. Stvarno, prirodne vrste, naročito one široko rasprostranjene, koje se sastoje kao i ljudska vrsta od mnogobrojnih populacija i rasa, sve one se više ili manje razlikuju jedna od druge po genetičkom sastavu. Neke od ovih populacija, posebno one na periferiji vrstovnog niza, su potpuno izolovane jedna od druge i od glavnog tela vrste. Pretpostavimo da je jedna od ovih populacija sprečena na duže vreme da razmenjuje gene sa ostatkom vrste, zbog izolacione barijere – pošto je na planinskom vencu, u pustinji, vodenoj površini – koja je neprohodna. U normalnom procesu mutacije, rekombinacije i selekcije genofond izolovane populacije postaje sve više različit od ostalog dela vrste, konačno dostižući nivo distinkcije koji obično karakteriše drugačiju vrstu. Ovaj proces, koji se zove „geografska specijacija“, jeste do sada najrasprostranjeniji način specijacije u životinjskom carstvu, i vrlo verovatan način i specijacije biljaka. Pre nego što se ova početna vrsta kvalifikuje kao nova vrsta, mora steći dva atributa tokom genetičke rekonstrukcije. Prvo, mora steći izolacione mehanizme koji sprečavaju ukrštanje sa roditeljskom vrstom kada obe stupe u kontakt. Drugo, mora se dovoljno promeniti u zahtevima okoline, u korišćenju niše (kako bi ekolozi rekli), tako da mogu živeti jedna uz drugu majka i ćerka vrste, a da ne podležu kompeticiji.

VRSTE ŽIVIH SISTEMA

U našoj diskusiji o evoluciji živih sistema, koncentrisao sam se, do sada, na veći deo procesa i fenomena, kao što su uloga mutacije, genetička rekombinacija, seksualna reprodukcija bioloških vrsta i proces specijacije. Ovi procesi čine mehanizme diverzifikacije živog sveta mogućim, ali ne objašnjavaju zašto postoji tako ogromna varijabilnost života na zemlji. Sigurno je da ima više od 3 miliona vrsta životinja i biljki koji žive na zemlji, verovatno više i od 5 miliona. Koji princip dozvoljava egzistenciju ovakvog obilja različitih vrsta? Ovo pitanje je mučilo Darvina, i on je otkrio odgovor koji je izdržao test vremena. Dve vrste, da bi koegzistirale, moraju se razlikovati u korišćenjima resursa okoline na način koji dovodi do kompeticije. Za vreme specijacije snažna selektivna beneficija jeste postati drugačiji od preegzistentne vrste, iskušavanjem novih ekoloških niša. Ovo eksperimentisanje sa novim adaptacijama i novim specijalizacijama jeste od najvišeg evolucionog značaja u procesu specijacije. Nekada neka od novih vrsta otvori vrata čitavog novog adaptivnog kraljevstva. Takva vrsta, na primer, postala je prvobitni predek najuspešnijih grupa organizama, insekata, koji danas broje milione vrsta. Ptice, skeletne ribe, cvetnice i sve druge vrste životinja i biljki vode poreklo, na kraju krajeva, od jedne predačke vrste. Onda kada vrsta otkrije praznu adaptivnu zonu, može je osvojiti i granati sve dok zona ne bude ispunjena njenim potomcima.

Da bi izbegli kompeticiju organizmi mogu divergirati na različite načine, na primer u veličini. Premda postoji evoluciono trend ka velikim veličinama, neke vrste i rodovi, često iz istih linija velikih vrsta i rodova, su evoluirale ka manjim veličinama. Mala veličina je svakako uvek primitivna karakteristika.

Specijalizacija za vrlo ograničene niše je možda najučestaliji evoluciono trend. Ovo je karakterističan pristup parazita. Doslovno hiljade parazita je ograničeno na jednog domaćina, zapravo ograničeno na mali deo tela domaćina. Postoje, na primer, tri različite vrste grinja koje žive na različitim delovima medonosne pčele. Tako ekstremna specijalizacija je retka, ako ne i odsutna među višim biljkama, ali je karakteristična za insekte i objašnjava njihovu zapanjujuću brzinu specijacije. Duboko more, mračne pećine i pukotine među zrnima meska duž morskih obala su staništa koja vode u specijalizaciju.

Pandan specijalisti jeste generalista. Individue takvih vrsta imaju veliku toleranciju na sve vrste varijacija klime, staništa i hrane. Izgleda da je teško postati uspešan generalista, ali samo nekoliko vrsta mogu biti tako klasifikovane kao široko rasprostranjene i česte. Čovek je generalista *par excellence*, sa svojom sposobnošću da živi na svim geografskim širinama i visinama, u pustinjama i šumama, da opstane na čisto mesnoj ishrani kao Inuiti ili na skoro potpuno biljnoj ishrani. Postoje pokazatelji da generalisti imaju neuobičajeno diverzifikovane genofonde i da, kao rezultat, proizvode prilično velik broj inferiornih genotipova genetičkim rekombinacijama. Rasprostranjena i uspešna vrsta *Drosophila* izgleda da ima veću smrtnost nego retka ili ograničena vrsta. Nije sigurno da se ova posmatranja mogu primeniti na čoveka, ali je izvesno da populacije ljudi pokazuju više genetičkih varijacija. Među ljudima nemamo oštro suprotstavljene tipove („oblike“) koji se javljaju kod mnogih polimorfni populacija životinja i biljki. Umesto toga nalazimo prilično kompletnu unutrašnju gradaciju mentalnih, umetničkih,

ručnih i fizičkih kapaciteta (kao i njihovo odsustvo). Ipak, bilo kontinuirana ili diskontinuirana, genetička varijabilnost se više ne prepoznaje kao koristan izum pomoću kojeg vrste protežu toleranciju i povećavaju vlastite niše. Da je to isto tačno i za čoveka često se zaboravlja. Naši vaspitači su, na primer, predugo ignorisali čovekov genetički diverzitet i pokušavali da nametnu identične obrazovne planove na veoma različite talente. Tek poslednjih godina smo počeli shvatati da jednaka mogućnost iziskuje razlike u obrazovanju. Genetički različite individue nemaju jednake prilike ukoliko je okolina promenjiva.

Svako uvećanje diverziteta okoline tokom istorije sveta rezultiralo je istinskom eksplozijom specijacije. Ovo je posebno lako demonstrirano promenama u biotičkoj okolini. Porast kičmenjaka bio je praćen neobičnim razvićem glista, crva i drugih parazita kičmenjaka. Insekti, čija istorija seže unazad do paleozoika oko 400 miliona godina nisu dostigli pravi uspeh sve dok cvetne biljke (skrivenosemenice) nisu evoluirale pre 150 miliona godina. Ove biljke su obezbedile takvo obilje novih adaptivnih zona i niša, da su insekti dostigli istinski eksplozivan nivo u njihovoj evoluciji. Do sada, tri četvrtine poznatih životinjskih vrsta čine insekti, a njihov kompletan broj (uključujući i neotkrivene vrste) se procenjuje u visini 2 ili 3 miliona.

RODITELJSKA BRIGA

Diskutovaću o još jednom dodatnom aspektu diverziteta živih sistema, o brizi za potomke. Na jednoj strani imamo ostrige koje ništa ne čine za svoje potomke. Bacaju bukvalno milione jaja i spermatozoida u more, pružajući mogućnost za oplodnju jaja. Neka od oplođenih jaja će nastaniti pogodna mesta i proizvesti nove ostrige. Statistička verovatnoća da se ovo dogodi je mala zbog negativnih pritisaka okoline, i premda jedna odrasla ostriga može proizvesti 100 miliona jaja za vreme sezone parenja, u proseku će imati samo dva potomka. Ova brojna vrsta morskih organizama praktikuje ovakav tip reprodukcije, mnoge od obilnih vrsta i onih sa evolucionom istorijom koja seže nekoliko stotine miliona godina unazad, ukazuju da je ovaj metod izbacivanja i odbacivanja potomaka kao iz pištolja u svet iznenađujuće uspešan.

Koliko drugačija je reprodukcija vrsta sa roditeljskom brigom! Ona uvek zahteva drastično smanjenje broja potomaka, i obično znači veliko povećanje jaja bogata žumancetom, znači razviće torbi za nošenje jaja, gnezda, ili čak unutrašnjih placenti, i često znači formiranje veza parova radi obezbeđenja učešća mužjaka u podizanju mladih. Krajnje razviće duž ove linije specijalizacije jeste bez sumnje čovek, sa svojim ogromnim produženjem detinjstva.

Bihevioralne karakteristike su važna komponenta roditeljske brige, i naše tretiranje evolucije živih sistema bilo bi nepotpuno da smo izostavili reference na ponašanje i na centralni nervni sistem. Klicina plazma oplodenog jajeta sadrži u DNK kodirani program koji vodi razviće mladog organizma i njegove reakcije na okolinu. Međutim, postoje drastične razlike među vrstama u pogledu određenja naslednih informacija i opsega do kojeg individua ima koristi od iskustva. Mladi nekih vrsta se rađaju sa genskim programom koji sadrži skoro kompletan set gotovih, predvidivih odgovora na

stimuluse okoline. Kažemo za ovakve organizme da je njihovo ponašanje nenaučeno, urođeno, instinktivno, da je njihov *program* ponašanja *zatvoren*. Druga krajnost je data organizmima koji imaju veliku sposobnost da iskoriste iskustvo, da nauče kako da reaguju na okolinu, da nastave da dodaju "informacije" vlastitom programu ponašanja, koji je sledstveno tome *otvoren program*.

Pogledajmo malo поближе otvorene i zatvorene programe i njihove evolucione potencijale. Svima nam je poznata priča kako je Konrad Lorenc (Konrad Lorenz) prisvojio mladu gusku. Mlade guske ili patke koje su se tek izlegle iz jajeta će svaki pokretni objekt usvojiti kao roditelja (a posebno one koji proizvode odgovarajuće zvukove). Ako se izlegu u inkubatoru, pratiće svog ljudskog brižnika, i ne samo da će ga doživljavati roditeljem, već će sebe doživljavati međusobno kao da pripadaju ljudskoj vrsti. Na primer, dok ne dostignu seksualnu zrelost, moguće je da će se pokazivati i zavoditi ljudske individue, pre nego druge guske ili patke. Razlog za ovo naizgled apsurdno ponašanje jeste taj što inkubatorske ptice nemaju urođeno znanje *Geštalta* vlastitih roditelja; sve što imaju jeste spremnost da *ispune* taj *Geštalt*. Njihov genetički kodiran program je otvoren; opremljen je spremnošću da usvoje kao roditelja prvi pokretni objekt koji vide kad se izlegu. U prirodi, naravno, to je skoro uvek roditelj.

Hajde da suprotstavimo otvoreni program kompletno zatvorenom jedne druge ptice, parazitske kukavice. Majka kukavice, kao i evropska kukavica, leže jaja u gnezdima različitih vrsta ptica pevačica, kao što su žuti slavuji ili vrapci, i onda ih potpuno napusti. Mladu kukavicu podižu roditelji-hranitelji, međutim, čim nauči da leti, pronalazi mlade kukavice i okuplja se sa njima u velika jata. Do kraja života, udružuje se sa članovima vlastite vrste. Gestalt sopstvene vrste je čvrsto ugrađen u genetički program sa kojim je kukavica obdarena od samog početka. To je – barem poštujući prepoznavanje vrsta – zatvoreni program. U drugom pogledu, mnogo toga od bihevioralnog programa kukavice je otvoreno, to je spremnost za inkorporisanje iskustva u učenje. Zaista, verovatno ne postoji vrsta životinja, čak ni među protozoama, koja do nekog obima ne izvlači koristi iz procesa učenja. Sve u svemu, naročito među višim kičmenjacima, postoji tendencija zamenjivanja strogo zatvorenog programa otvorenim, kao što bi proučavaoc životinjskog ponašanja rekao - zamenjivanje strogo instinktivnog ponašanja naučenim ponašanjem. Ova zamena nije zamena u izolovanom karakteru. Ona je deo čitavog lanca reakcija na biološke promene. Kako je čovek kulminacija ovog određenog evolucionog trenda, mi prirodno imamo posebni interes za njega. Sposobnost za učenje može biti najbolje iskorišćena ako su mladi udruženi sa nekim od koga uče, najprikladnije sa roditeljima. Sledstveno, postoji snažan selekциони pritisak u favorizovanju produženog perioda detinjstva. A kako roditelji mogu brinuti samo o ograničenom broju mladih, postoji selekcija u favorizovanju smanjenog broja potomaka. Ovde imamo paradoksalnu situaciju u kojoj roditelji sa manjim brojem mladih mogu međutim imati veći broj unuka, zbog toga što smrtnost među dobro zbrinutim i dobro pripremljenim mladima može biti smanjena čak drastičnije nego stopa rađanja.

Posledica događaja koji sam upravo opisao jeste jedan od dominantnih evolucionih trendova među primatima, i trend koji dostiže svoj ekstrem kod čoveka. Otvorena sposobnost za učenje je nužan uslov za razvoj kulture, etike, religije. Ali ostrige pokazuju da postoje načini biološkog uspeha drugačiji od roditeljske brige i sposobnosti za učenje.

Poslednja tačka: kako možemo objasniti harmoniju živih sistema? Atributi organizma nisu nezavisne varijable već međuzavisne komponentne pojedinog sistema. Veliki mozak, sposobnost učenja, dugo detinjstvo i mnogi drugi atributi čoveka svi pripadaju jedni drugima; oni su delovi jedne harmonično funkcionalnog sistema. A tako je i sa svim životinjama i biljkama. Moderni populacioni genetičari naglašavaju istu tačku. Geni genofonda su dati zajedno zbog harmonične kooperacije; oni su koadaptirani. Ova harmonija i savršenstvo prirode (na koju Grci referiraju u reči *kosmos*) impresionirala je filozofe od početka. Ipak, čini se kao da postoji nerešeni konflikt između ove harmonije prirode i očigledne slučajnosti evolucionog procesa, počivajući od mutacije i uključujući veći deo reprodukcije i smrtnosti. Oponenti Darwinove teorije evolucije su tvrdili da konflikt između harmonije prirode i nasumičnosti evolucionog procesa *ne* može biti rešen.

Evolucionisti, međutim, ističu da je ovaj prigovor valjan samo ukoliko je evolucija jednostepeni proces. U stvarnosti, svaka evolucionarna promena uključuje u sebe dva koraka. Prvi je produkcija novog genetičkog diverziteta putem mutacije, rekombinacije i povezanih procesa. Na ovoj ravni, slučajnost je zaista preovlađujuća. Drugi korak, međutim – selekcija individua koje odgajaju populaciju sledeće generacije – je uglavnom određena genetički kontrolisanim adaptivnim mogućnostima. To je značenje prirodne selekcije: samo ono što očuvava ili uvećava harmoniju sistema biće odabrano.

Pojam prirodne selekcije, ključ evolucione teorije, je i dalje široko nerazumljen. Prirodna selekcija kaže ni više ni manje nego to da izvesni genotipi imaju veću prosečnu statističku šansu da prežive i da se reprodukuju pod datim okolnostima. Dva aspekta ovog pojma treba istaći. Prvi je taj da selekcija nije teorija već jednostavna činjenica. Hiljadu eksperimenata je pokazalo da mogućnost individue da preživi i da se reprodukuje nije stvar slučaja, već posledica genetičkog nasleđa. Druga tačka je u tome da selektivna superiornost daje samo statističku prednost. Uvećava mogućnost preživljavanja i reprodukcije, dok druge stvari ostaju iste.

Prirodna selekcija se meri doprinosom genotipa genetičkom sastavu sledeće generacije. Reproductivni uspeh divljeg organizma kontrolisan je zbirom adaptivnih mogućnosti koje individua poseduje, uključujući njenu otpornost na vreme, sposobnost bežanja od neprijatelja i pronalaženje hrane. Opšta superiornost u ovim i drugim osobinama dozvoljava individui da dostigne doba reprodukcije.

Među civilizovanim ljudima ove dve komponente selektivne vrednosti, adaptivna nadmoć i reproductivni uspeh, više se ne podudaraju. Individue sa natprosečnim genetičkim nasleđem ne daju nužno natprosečni doprinos genofondu sledeće generacije. Zapravo, neodgovorne i nesmotrene individue koje svake godine rode jedno dete će sigurno dodati više gena genofondu sledeće generacije nego one koje pažljivo planiraju veličinu porodice. Prirodna selekcija nema odgovor na ovu nepriliku. Razdvajanje pukog reproductivnog uspeha od čiste prilagođenosti u modernom ljudskom društvu predstavlja ozbiljan problem za ljudsku budućnost.

TIPOLOŠKO *VERSUS* POPULACIJSKO MIŠLJENJE

Skoro neprimetno, novi način mišljenja počeo se širiti u biologiji početkom devetnaestog stoleća. Ono se sada sve češće naziva populacijskim mišljenjem. Nije sasvim jasno koji su njegovi koreni, ali značaj životinjskih i biljnih uzgajivača za određene osobine individua bio je očigledno uticajan. Drugi veliki uticaj dolazi, čini se, od sistematike. Prirodnjaci i kolekcionari su sve više shvatali da postoje individualne razlike među sakupljenim serijama životinja, koje korespondiraju vrstama razlika koje se mogu pronaći u grupama ljudskih bića. Populacijsko mišljenje, uprkos svom ogromnom značaju, širilo se prilično sporo, osim u onim granama biologije koje se bave prirodnim populacijama.

U sistematici ono postaje način života u drugoj polovini devetnaestog stoleća, naročito u sistematici poznatijih grupa životinja, kao što su ptice, sisari, ribe, leptiri, tvrdokrilci i kopneni puževi. Terenski prirodnjaci su podsticali skupljanje velikih uzoraka na mnogim područjima, i varijacije unutar populacija bile su marljivo proučavane kao razlike među predelima. Iz sistematike, populacijsko mišljenje se širilo, kroz rusku školu, u populacionu genetiku i evolucionu biologiju. U svemu je ono bilo empirijsko dostignuće i nije jasno prepoznato kao prilično revolucionarna promena u konceptualizaciji, na kojoj se osniva. Koliko znam do sada, sledeći esej, izvučen iz originalnog teksta objavljenog 1959, bio je prvi prikaz kontrasta između esencijalističkog i populacionističkog mišljenja, prva potpuna artikulacija ove revolucionarne promene u filozofiji biologije.

Godina objavljivanja Darvinovog *Porekla vrsta*, 1859, je s pravom smatrana godinom u kojoj je moderna nauka evolucije rođena. Ne sme se zaboraviti, ipak, da je prethodeći ovoj nultoj godini istorije postojala dugačka predistorija. Međutim, uprkos rasprostranjenom verovanju u evoluciju 1859, mnogim objavljenim dokazima o njenom putu, brojnim spekulacijama o njenoj uzročnosti, Darvinovo objavljeno delo je bilo tako veliko da je označavalo početak nove ere.

Čini mi se da je značaj Darvinovog naučnog doprinosa trostruk:

1. Predstavio je impresivnu gomilu činjenica dokazujući zbivanje evolucije.
2. Predložio je logički i biološki dobro potvrđeni mehanizam koji može objasniti evolucionu promenu, nazvan prirodnom selekcijom. Maler (Muller 1949: 459) je okarakterisao ovaj doprinos na sledeći način:

Darvinova teorija evolucije putem prirodne selekcije nesumnjivo je naj-revolucionarnija teorija svih vremena. Nadmašila je čak i revoluciju u astronomiju označenu Kopernikom, u pogledu njenih implikacija na razumevanje prirode univerzuma i naše uloge u njemu... Darvin majstorski organizuje činjenice koje ovo dokazuju [uređeni rezultati prirodne selekcije], i njegovo oštroumno zapažanje mnogih od mirijade aspekata, ostaje do dan danas intelektualni spomenik koji je nenadmašen u istoriji ljudske misli.

3. Zamenio je tipološko populacijskim mišljenjem.

Prva dva Darwinova doprinosa su uopšteno poznata i dovoljno isticana u naučnoj literaturi. Jednako važna, ali skoro dosledno previđana, činjenica koja je Darvina predstavila u naučnoj literaturi kao novi način mišljenja, jeste „populacijsko mišljenje“. Šta je populacijsko mišljenje i kako se razlikuje od tipološkog mišljenja? Tipološko mišljenje bez sumnje ima svoje korene u najranijim naporima primitivnog čoveka da klasifikuje zbuñujuću diverzitet prirode u kategorije. Platonov *eidos* je formalna filozofska kodifikacija ove forme mišljenja. Prema ovome, postoji ograničen broj fiksnih, nepromenljivih „ideja“ koje leže u osnovi opažljive varijabilnosti, pri čemu je *eidos* (ideja) ono jedino fiksno i realno, dok opažljiva varijabilnost nema više stvarnosti od senke objekta na zidu pećine, kako je to tvrđeno u Platonovoj alegoriji. Diskontinuitet među ovim prirodnim „idejama“ (tipovima), smatra se, objašnjava se učestalošću praznina u prirodi. Većina velikih filozofa sedamnaestog, osamnaestog i devetnaestog veka bili su pod uticajem idealističke filozofije Platona, mišljenje ove škole dominiralo je nad mišljenjima tog perioda. Kako ne postoji gradacija između tipova, gradualna evolucija je u osnovi logički nemoguća za tipologiste. Evolucija, ukoliko se uopšte pojavljuje, protiče u koracima ili skokovima.

Pretpostavke populacijskog mišljenja su dijametralno suprotne ovim tipološkim. Populacionisti naglašavaju jedinstvenost svega u organskom svetu. Ono što je istina za ljudsku vrstu – da ne postoje dve individue na isti način – jednako je istinito i za ostale vrste životinja i biljki. Zaista, i iste individue se menjaju kontinuirano tokom života i kada su smeštene u drugačija okruženja. Svi organizmi i organski fenomeni su sastavljeni od jedinstvenih osobina i mogu biti opisani na opšti način samo u statističkim pojmovima. Individue, ili bilo koje vrste organskih entiteta, formiraju populacije koje možemo odrediti samo aritmetičkom sredinom i statističkim odstupanjem. Proseci su samo statističke apstrakcije; jedino individue od kojih se sastoje populacije poseduju realnost. Konačni zaključci populacionističkih i tipoloških mislioca su jasno suprotni. Za tipologiste, tip (*eidos*) jeste stvaran a varijacija je iluzija, dok je za populacioniste tip (prosek) apstrakcija i jedino je varijacija istinita. Ne postoje dva pogleda na prirodu koja su više različita.

Važnost jasnog razlučivanja ove dve osnovne filozofije i pojmova prirode nije pre naglašavana. Zapravo svaki spor u polju evolucione teorije, a postoji nekoliko naučnih polja sa ovakvim sporovima, jeste spor između tipologa i populacionista. Uzeću dve teme, rasu i prirodnu selekciju, da bih ilustrovao veliku razliku u interpretaciji rezultata kada se dve filozofije odnose na činjenice.

RASA

Tipologisti naglašavaju da svaki predstavnik rase ima tipične karakteristike te rase i da se razlikuje od svih predstavnika svih drugih rasa, „tipičnim“ karakteristikama vlastite rase. Sve rasističke teorije su sagrađene na ovoj osnovi. Suštinski, tvrđi se da svaki predstavnik rase odgovara tipu i da je odvojen od predstavnika bilo koje druge rase jasnim diskontinuitetom. Populacionista takođe prepoznaju rase, ali u potpuno drugačijim terminima. Rasa je za njega bazirana na jednostavnoj činjenici da ne postoje dve iste individue u seksualnoj reprodukciji organizama i shodno tome ne postoje ni dve skupine individua koje bi mogle biti iste. Ako je prosečna razlika između dve grupe in-

individua dovoljno velika da bi bila prepoznata na prvi pogled, onda referiramo na grupe individua koje su različite rase. Rasa, ovako opisana, jeste univerzalni fenomen prirode koji se ne nalazi samo među ljudima već i u dve trećine svih vrsta životinja i biljki.

Dve tačke su posebno važne ukoliko razmatramo poglede populacioniste na rase. Prvo, on posmatra rase kao potencijalno preklapanje populacijskih linija. Na primer, najmanja individua velike rase je obično manja nego najveća individua male rase. U poređenjima rasa isto preklapanje će se pronaći u skoro svim istraženim osobinama. Drugo, svaka osobina varira u većem ili manjem obimu, nezavisno od drugih. Svaka individua će osvojiti više bodova u nekim osobinama, a u drugim manje od proseka populacije. Individua koja bi pokazivala u svim osobinama jasnu srednju vrednost populacije kao celine ne postoji. Drugim rečima, idealni tip ne postoji.

PRIRODNA SELEKCIJA

Potpuno razumevanje razlika između populacijskog i tipološkog mišljenja je još više potrebno radi značajne diskusije o najvažnijoj i najkontroverznijoj teoriji, nazvanoj Darwinova teorija evolucije putem prirodne selekcije. Za tipologistu, sve u prirodi je ili „dobro“ ili „loše“, „korisno“ ili „štetno“. Prirodna selekcija je sve-ili-ništa fenomen. Ona ili bira ili odbacuje, putem odbacivanja je očiglednija i upadljivija. Evolucija se za njega sastoji od testiranja novih „tipova“ koji su se pojavili. Svaki novi tip je stavljen na test provere, ili se zadržava ili je, verovatnije, odbačen. Evolucija se definiše kao očuvanje superiornih tipova i odbacivanje inferiornih, „preživljavanje najpodobnijih“, kako je Spenser (Spencer) napisao. Kako se vrlo lako može pokazati u svakoj celovitoj analizi, prirodna selekcija ne deluje na ovako opisan način, stoga tipolozi mužno dolaze do zaključaka: (1) prirodna selekcija ne deluje, i (2) neke druge sile moraju biti u pogonu radi objašnjenja evolucionog progressa.

Populacionista, s druge strane, ne interpretira prirodnu selekciju kao sve-ili-ništa fenomen. Svaka individua ima hiljade ili desetine hiljada osobina, u kojima može biti pod datim skupom uslova izabrano superiorna ili inferiorna u poređenju sa prosekom populacije. Što veći broj superiornih osobina individua poseduje, veća je mogućnost ne samo da će preživeti već i da će se reprodukovati. Ali ovo je jedino mogućnost, jer pod izvesnim uslovima okoline i privremenim okolnostima, čak i „superiorna“ individua može propasti u preživljavanju i reprodukciji. Ovaj statistički pogled na prirodnu selekciju dozvoljava jedino operativnu definiciju „selektivne superiornosti“ u pojmovima doprinosa genofondu sledeće generacije.

REFERENCE

Muller, H. J. 1949. The Darwinian and modern conceptions of natural selection. *Proc. Amer. Phd. Soc.*, 93: 459-470.

Priredila i sa engleskog prevela
Maja Solar