

Objašnjenje u biologiji

Grabar, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:186:787052>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-09**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences - FHSSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
FILOZOFSKI FAKULTET U RIJECI

OBJAŠNJENJE U BIOLOGIJI
Diplomski rad

Student: IVAN GRABAR

Mentor: dr.sc PREDRAG ŠUSTAR

Kolegij: Filozofija biologije

Rijeka, 2017

Sadržaj

Sadržaj.....	1
Uvod.....	2
1. Prirodni zakoni, mehanizmi i modeli	6
1.1 Prirodni zakoni	6
1.1.1 Alternativne teorije zakona prirode.....	9
1.1.2 Kauzalne pravilnosti i distribucijsko objašnjenje	10
1.2 Mehanizmi.....	14
1.3 Modeli.....	18
2. Mehanizmi.....	21
2.1 Lokalni mehanizmi	22
2.2 Sistemski mehanizmi.....	23
2.3 Aktivnosti kod mehanističke teorije	27
2.4 Fundamentalni zakoni.....	29
3. Objašnjenje u evolucijskoj biologiji.....	31
3.1 Skeptici	31
3.1.1 Standardni argument prirodne selekcije.....	32
3.1.2 Problem sistemskih i process mehanizama.....	35
3.2 Optimisti	43
3.2.1 Stohastički mehanizmi	43
3.2.2 Prirodna selekcija kao mehanizam.....	46
3.2.3 Kritike prirodne selekcije kao mehanizma.....	54
3.3 Kako objasniti prirodnu selekciju?	55
Zaključak.....	57
Literatura	58

Uvod

Pitanje dobrog objašnjenja je jedno od ključnih pitanja za razvitak znanosti. Kakvim smatramo dobro objašnjenje? Možemo li za svako objašnjenje tvrditi da je prihvatljivo? Čini da to nije slučaj, posebice kada promatramo znanstvena objašnjenja, jer upravo na njima možemo vidjeti da je sama metodologija postupka, odnosno način kojim smo došli do nekog razloga, vrlo bitna.

Jedno od važnijih pitanja koje se javljaju u znanstvenoj zajednici jest kako pružiti dovoljno dobro objašnjenje koje bi zahvatilo određeni događaj i koje bi ga ujedno moglo povezati sa širom slikom, te dati podatke na temelju kojih bismo mogli doći do određene generalizacije ili na temelju koje bismo mogli postulirati nekakav prirodni zakon. Takva ideja potječe još od Hempela:

„...eksplanans mora sadržavati barem jedan 'zakon prirode' i to mora biti esencijalna premisa u derivaciji, u smislu da derivacija eksplananduma ne bi bila valjana da je ta premisa uklonjena.“¹²

Ovakvo je shvaćanje, iako uvriježeno u mnogim znanostima, vrlo problematično kad se dovedu u kontekst znanosti kao što je biologija. Naime, u biologiji je vrlo teško reći postoje li zakoni koji je određuju, a kako se ti zakoni manifestiraju je skoro nemoguće izložiti. Ukoliko odbacimo ideju da objašnjenje mora biti vezano za neki prirodni zakon onda, s druge strane, imamo problem kako definirati dobro objašnjenje u znanosti, posebice u biologiji.

Pitanje koje se ovdje postavlja je glasi: kako, ukoliko nemamo neki čvrsti temelj za davanje objašnjenja, možemo tvrditi da je nešto uistinu objašnjenje, a ne samo određena hipoteza koja može biti ili ne biti točna? Je li pozivanje na određeni prirodni zakon jedino što daje čvrstinu znanstvenom objašnjenju?

Kako bismo odgovorili na to pitanje moramo sagledati i druge tvrdnje. Jedna od najutemeljenijih alternativa Hempelovom objašnjenju jest mehanistička teorija koja pretpostavlja da je sve što postoji dio nekakvog mehanizma. Peter Godfrey Smith ovako predstavlja tu teoriju:

¹ <https://plato.stanford.edu/entries/scientific-explanation/#DNMod>

² Napomena: svi citati su u originalu na engleskom jeziku i prevedeni su od strane autora ovog teksta.

„Mehanizam je organizacija dijelova koji proizvode kompleksniji set efekata u cijelom sistemu na pravilan način.“³

Ovakva nam teorija pruža mogućnost dati objašnjenja koja su zadovoljavajuća, ali nisu nužno vezana za određeni zakon. Dovoljno nam je predstaviti dijelove koji utječu na određeni proces te pomoću toga vidjeti kako oni zapravo rade, odnosno koja je svrha toga procesa u široj slici. Naravno, postoje razne kritike na tu teoriju, ali tim kritikama ćemo se pozabaviti u daljnjim poglavljima. Jedino što se ovdje moramo priupitati jest – je li ovo objašnjenje dovoljno dobro za shvaćanje kako se daju objašnjenja u biologiji? Je li sama po sebi mehanistička teorija dovoljna kako bismo pomoću nje objasnili bilo koju pojavu na koju možemo naići u biologiji?

Stoga se moramo zapitati što točno biologija istražuje? Koje je ključno pitanje koje biolozi postavljaju s obzirom na predmet njihova istraživanja? Na to je vrlo teško odgovoriti, ali se može ustvrditi da se nekako u središtu istraživanja nalaze pitanja evolucijske biologije. Točnije, pitanja su evolucijske biologije centralna pitanja jer ista objedinjuju značajan dio biologije, daje odgovore o svijetu, a uz to postavlja mnoga nova pitanja.⁴

Pitanje koje se dalje postavlja je – što točno istražuje evolucijska biologija?

Evolucijska biologija ima četiri glavna područja istraživanja, a to su: prirodna selekcija, nasumični genetski pomak, mutacija i migracija. Svako od ovih područja je iznimno zanimljivo i vrijedno proučavanja, ali ćemo se u ovome radu koncentrirati na prirodnu selekciju.

Prirodnu selekciju možemo smatrati jednim od najzanimljivijih područja u evolucijskoj biologiji. Ona nam zapravo govori koji su uvjeti potrebni da bi neka populacija mogla se adaptirati, odnosno prilagoditi, t.j. kako bi joj se povećala mogućnost preživljavanja.

Prirodna je selekcija također zanimljiva promatrajući je iz filozofijskog gledišta. Kao primjer možemo uzeti problem kauzalnosti. Možemo postaviti pitanje kako definirati elemente koji određuju prirodnu selekciju te vezu između njih? Ima li ta veza neku kauzalnost ili se radi o slučajnosti? Može li se o toj kauzalnosti pripisivati nekakva čvrsta pravilnost ili je to tek slabo definirana poveznica koja se javlja u nekim nasumičnim trenucima.

³Smith, Peter Godfrey, „Philosophy of Biology“, str. 15.

⁴Smith, Peter Godfrey, „Philosophy of Biology“, str. 28.

Slijedom navedenoga, moramo se zapitati pomoću koje teorije možemo objasniti prirodnu selekciju? Može li to biti teorija prirodnih zakona? Ukoliko može, možemo li pronaći nekakve zakone unutar prirodne selekcije? Jesu li veze između raznih stupnjeva prirodne selekcije zakoni ili su to puke generalizacije koje imaju oblik zakona, ali same po sebi nisu zakoni? Na kraju krajeva možemo vidjeti da i sama teorija prirodnih zakona nije unificirana, stoga je upitno koju teoriju zakona možemo upotrijebiti.

Druga teorija koju možemo postaviti jesu modeli, t.j. rješavaju li modeli problem prirodne selekcije? Ukoliko da, kakvi su to modeli i na koji način djeluju? Je li to idealizacija procesa ili je to samo prikaz procesa? Možemo li reći ustvrditi, ukoliko se radi o idealizaciji, da smo dobro opisali sve fenomene povezane s prirodnom selekcijom? S druge strane, ako je to stvarni prikaz, iznova imamo problem objašnjavanja svih elemenata, t.j. pitanje jesu li su ovdje uključeni svi elementi i njihovi procesi ili su, pak, neki izbačeni? Također, kako objasniti sve fenomene vezane uz prirodnu selekciju?

Treća teorija jest teorija mehanizama. Ova je teorija danas iznimno popularna u raspravama o prirodnoj selekciji, ali naravno ona ima svoje, kako pobornike, tako i protivnike. Trenutno se razmatranja glede pitanja je li prirodna selekcija mehanizam vode na dvije strane; strana koju možemo nazvati optimisti vjeruje da je prirodna selekcija nekakva vrst mehanizma, dok druga koju možemo nazvati skeptici ne vjeruje da je prirodna selekcija mehanizam. Obje strane imaju svoje manjkavosti prilikom obrazlaganja svojih tvrdnji.

Skeptici imaju poteškoća glede pitanja zašto prirodna selekcija nije mehanizam, no ukoliko oni mogu pokazati zašto ne trebamo vjerovati da je njihovo vjerovanje točno, onda se opet vraćamo na pitanje kako objasniti prirodnu selekciju.

Optimisti također imaju svoje probleme, t.j. za njih se može priupitati sljedeće: ukoliko vjeruju da je prirodna selekcija nekakav mehanizam, onda je logično pitati – kakav je to mehanizam. Je li to ona najjednostavnija vrsta mehanizma, ili je to neka modificirana teorija? Naravno, pitanje jest kako objasniti prirodnu selekciju na generalnoj bazi koristeći samo teoriju mehanizama.

Kao što se može vidjeti iz viđenoga, većina teorija koje pokušavaju dati objašnjenje u vezi biologije imaju svoje mane, no u ovome će radu najveći fokus biti na teoriji mehanizama.

U prvom će dijelu ovoga rada biti prikazane glavne teorije putem kojih se može dati objašnjenje u biologiji, t.j. ukratko će se objasniti teorija prirodnih zakona, teorija modela i

teorija mehanizama. Za svaku će od tih teorija biti prikazan njihov odnos prema biologiji, te će se razraditi, mogu li one dati zadovoljavajuće objašnjenje ili imaju određenih problema, odnosno, manjkavosti i nedosljednosti.

U drugom ćemo dijelu prikazati teoriju mehanizama na način da ćemo se zadržati kod onih teorija koje su relevantne za biologiju. Pokazat ćemo kako je zamišljena teorija mehanizama, te kako se ista može uklopiti u istraživanje biologije. U kratkim će se crtama objasniti i možebitni problemi spomenute teorije.

U trećem će dijelu biti prikazano može li se teorija mehanizama primijeniti na evolucijsku teoriju, specifično, na prirodnu selekciju. Predstavit ćemo dvije teorije, a to su da je prirodna selekcija mehanizam, i druga, njoj suprotna, koja tvrdi da ona to nije. Prikazat će se argumenti za obje strane, a naposljetku ćemo pokušati razlučiti koja od tih dvaju teorija ima veću i snažniju uvjerljivost, što u svakom slučaju može biti od koristi za bilo koja daljnja istraživanja, budući će se pokazati mane i prednosti predmetnih teorija te njihova mogućnost primjene u široj slici objašnjenja u biologiji.

1. Prirodni zakoni, mehanizmi i modeli

U suvremenoj se znanosti veliko pitanje vodi oko toga što je zadovoljavajuće objašnjenje, iz razloga jer je teško naći zadovoljavajući odgovor koji bi se mogao primijeniti na sve postojeće znanosti.

Trenutno se u znanostima zlatnim standardom smatraju pravila i zakonitosti fizike. Fizika se smatra dovoljno utemeljenom; njezina objašnjenja te zakoni koje objelodani se smatraju načelom i smjernicom prema kojima se ostale znanosti moraju ravnati. No, to jednostavno nije slučaj jer je znanost puno šira i obimnija nego što se to uobičajeno smatra. Svaka se znanost sastoji od niza manjih znanstvenih specijalizacija koji sve zajedno čine ono što smatramo određenom znanosti. Čak i za takve, manje, specijalizacije ne možemo reći da one imaju zajedničku definiciju objašnjenja. To se događa iz razloga jer svaka od njih ima zasebnu metodologiju te posebno područje koje objašnjava.

U daljnjem ćemo tekstu pokušati vidjeti je li moguće naći neku vrstu objašnjenja koja se može odnositi na znanost kao što je biologija. Sagledat ćemo tri teorije objašnjenja koje su najzastupljenije u teorijama objašnjenja koja se tiču biologije, a to su: teorija prirodnih zakona, teorija mehanizama i teorija modela.

1.1 Prirodni zakoni

Suvremena znanost, posebice biologija često postavlja pitanje koja je svrha znanstvenog istraživanja? Koji su to fundamentalni elementi prema kojima svako istraživanje smjera i koje svako istraživanje želi (pro)naći? Imamo tri moguća odgovora na ta pitanja; prvi odgovor glasi da mi tražimo zakone prirode koji bi trebali biti takvog karaktera da su nepromjenjivi i da su ključni za neku određenu radnju. Drugi odgovor obrazlaže da mi tražimo određene mehanizme koji određuju kako svijet funkcionira, a treći je teorija modela prema kojoj mi gradimo modele koji bi trebali imati sposobnost predviđanja određenih događaja i kroz ta predviđanja možemo shvatiti uzroke i obrasce ponašanja neke određene situacije.

Kada raščlanimo navedena tri odgovora može se vidjeti da se za svakoga od njih mogu pronaći određene zamjerke. Kako bismo razlučili znači li to nužno da su ta tri odgovora

nedovoljna ili jednostavno imaju previše problema, trebamo sagledati sva tri odgovora pojedinačno.

Prvi odgovor je bio da tražimo određene zakone prirode. Kada sagledamo tu teoriju postavljaju se neka određena pitanja poput: Kakvi bi to zakoni bili? Što su ti zakoni? Kakva je priroda tih zakona? Zašto su nam oni uopće bitni? Na ta je pitanja vrlo teško odgovoriti.

Kako uopće okarakterizirati prirodni zakon je problematično jer prilikom uspoređivanja trenutno važećih prirodnih zakona u znanostima zaključujemo da se oni poprilično razlikuju jedan od drugoga. Imamo na. pr. kauzalne zakone (zakoni koji određuju što se događa kad se spoje dvije određene kemijske supstance u određenim uvjetima)⁵, fundamentalne zakone⁶, imamo i zakone koji su derivacije⁷, zakone koji su deterministički⁸, a također i zakone koji su probabilistički, t.j. statistički (recimo zakon koji govori da bilo koji atom berilija-11 u svakom trenutku ima 50% mogućnosti propadanja u trajanju od narednih 13,81 sekunde)⁹. Imamo čak i zakone koji su prazni (zakoni koji određuju što bi se dogodilo kad bi se dvije supstance kombinirale u određenim okolnostima, ali se zapravo u stvarnosti nikada nisu kombinirale)¹⁰.

Postoji li onda ikakva zajednička poveznica oko koje bismo se mogli složiti? Ovo pitanje je dosta složeno, međutim, kada se pomnije promotre zakoni, čini se da postoje dvije zajedničke poveznice. Prva je da je zakon prostorno-vremenski neograničen t.j. da vrijedi svugdje i uvijek, a druga je da zakon ne opisuje stvari samo kakve jesu već stvari kakve bi trebale biti.¹¹ Što to znači? Uzmimo Einsteinov princip da signal ne može putovati brže od svjetla. To bi značilo da ne postoji mjesto u svemiru ili u vremenu kada je bilo moguće da signal putuje brže od svjetla, niti će to ikada biti moguće. Zakon koji bi objasnio Einsteinov princip ne smije samo opisivati događaj već mora dati i razlog zašto se stvari događaju upravo na taj način, a ne nikako drukčije.

Tu imamo drugo pitanje koje se povlači: ako se stvari uvijek događaju na određeni način u određenim okolnostima kako zakon nalaže, znači li to da sam zakon u sebi ima neku određenu vrst nužnosti? Naizgled se čini da ima, ali to nije matematička ili logička vrsta

⁵Lange, Marc, „Lawsof Nature“, *Psylos Routlege Companion to Philosophyof Science*, str. 203-204

⁶Isto

⁷Isto

⁸Isto

⁹Isto

¹⁰Isto

¹¹ Smith, Peter Godfrey, „*Philosophy of Biology*“, str. 11

nužnosti¹² (neki filozofi smatraju da nužnost prejaka riječ za to i stoga smatraju da se je ne bi trebalo upotrebljavati)¹³. Ovdje se postavlja pitanje da ako ne inzistiramo na korištenju riječi nužnost zbog čega uopće je potrebno razmatrati tu kategoriju u pitanju prirodnih zakona?

Odgovor na to pitanje je malo složeniji jer kako bismo odgovorili na nj, moramo vidjeti koja je razlika između zakona i obične generalizacije? Nadalje, zašto nešto smatramo zakonom, a ne jednostavno slučajem?

Uzmimo primjer koji nam daje Marc Lange: „Zlatna kocka veća od kubne milje mogla se formirati, ali zahtijevani se uvjeti nisu nikada dogodili. Nasuprot tome, nije slučajnost da se velika kocka uranija-235 nije ikada formirala, s obzirom da zakoni koji upravljaju nuklearnim lančanim reakcijama sprječavaju to. Ukratko, stvari se moraju podvrgnuti zakonima.“¹⁴

Ovaj primjer nam govori da zakoni imaju neku vrstu nužnosti koja bi trebala postojati u svim mogućim uvjetima, no što je s generalizacijom? Kao što ovaj primjer govori da u svijetu trenutno ne postoji nijedna zlatna poluga veća od kubične milje, i to znamo jer nismo naišli ni na jednu i to tu trenutnu generalizaciju čini točnom, ali nije nezamislivo kada bi neka osoba koja ima dovoljno sredstva da to učini, odlučila napraviti polugu veću od kubične milje da to uistinu i učini. Nema nijedan razlog zbog kojega ne bismo mogli uistinu zamisliti i ostvariti zlatnu polugu većega obujma od kubične milje. S druge strane, to nije slučaj s uranijem. Jednostavno ne postoji način da mi napravimo takvu polugu jer će nužno doći do nuklearne reakcije. To nam pokazuje da jednostavno kod zakona mora postojati nekakva vrsta nužnosti.

Pitanje koje nam se ovdje postavlja jest: mogu li se takvi zakoni mogu primijeniti na biologiju i na slične znanosti? Peter Godfrey – Smith daje zanimljivu tvrdnju o tome:

„Iako se čini da nam je suvremena biologija dala dobro razumijevanje živućeg svijeta, čini se da je napravila to, u dobrom dijelu, bez opisivanja svijeta u okvirima zakona, kao što većina znanosti to čini. Da li je to iz razloga jer je pitanje biologije kao teme posebno, jer je znanost manje napredna, ili zato jer postoji mnoštvo zakona biologije ali ih ne nazivamo tim imenom?“¹⁵

¹² Lange, Marc, „Lawsof Nature“, Psylos Routlege Companion to Philosophyof Science, str.204

¹³ Smith, Peter Godfrey, „Philosophy of Biology“, str. 11

¹⁴ Lange, Marc, „Lawsof Nature“, Psylos Routlege Companion to Philosophyof Science, str.204

¹⁵Smith, Peter Godfrey, „Philosophy of Biology“, str. 2

Naime kada sagledamo biologiju kao znanost vrlo je teško utvrditi da li je nešto zakon prirode ili slučajnost? U većini slučajeva koje nalazimo u prirodi, a koje se tiču biologije kao znanosti, jedini zaključci koje možemo donijeti su svojevrsne generalizacije, za koje smo ispočetka smatrali da su zakoni, ali se na naposljetku ispostavilo da i one imaju iznimke. Na pr. generalizacija iz molekularne biologije da se transfer informacija prenosi od DNA preko RNA do proteina se pokazala kao netočna jer smo naišli na slučajeve RNA virusa i priona koji ne slijede ovakvo pravilo.¹⁶ Kako se čini, svaki put kada smo pomisli da smo našli određeni argument za nekakav prirodni zakon vidimo da se za taj argument može pronaći niz drugih protuargumenata. Takvo stanje stvari je dovelo do toga da su čak neki filozofi (npr. Philip Kitcher, Sandra Mitchell, i James Woodward) predložili ideju da se kompletno revidira ideja što bi bio zakon prirode kakav je deriviran iz znanosti poput fizike i kakav standardi znanosti poput biologije nikada ne mogu ispuniti.¹⁷

1.1.1 Alternativne teorije zakona prirode

Primjer revidiranja definicije zakona prirode kakav predlaže Sandra Mitchell se nalazi u članku „Pragmatični zakon i pravilnosti“. Nužno je ovdje napomenuti da njezin pokušaj promjene definicije zakona ni u jednom smislu ne odbacuje ideju postojanja zakona prirode u biologiji.

Njezina definicija glasi ovako: „Pragmatični pristup usredotočen je na ulogu zakona u znanosti te propitkuje biološke generalizacije kako bi se vidjelo da li i do koje mjere funkcioniraju u toj ulozi.“¹⁸

Gledajući definiciju možemo se zapitati koja je uloga zakona, t.j. što je njihova svrha? U ovom slučaju njezino shvaćanje zakona se svodi na mogućnost predviđanja, manipulaciju i objašnjenje. Leuridan pojašnjava ovu situaciju na način, da ukoliko je generalizacija X bila korisna za bilo koji slučaj objašnjenja, manipulacije ili predviđanja, ili za više njih odjednom, ta generalizacija se može klasificirati kao prirodni zakon.¹⁹

¹⁶Rosenberg, Alexander, „Biology“ *Psylos Routlege Companion to Philosophyof Science*, str.513

¹⁷Rosenberg, Alexander, „Biology“ *Psylos Routlege Companion to Philosophyof Science*, str.513

¹⁸Leurdian, Bert; „Can Mechanisms Really ReplaceLaws of Nature?“,str. 324

¹⁹Leurdian, Bert; „Can Mechanisms Really Replace Laws of Nature?“,str. 324

Ovakvo objašnjenje je naizgled vrlo čudno jer izgleda da se bilo kakva generalizacija ma koliko bila slaba može svesti pod prirodni zakon, ali izgleda da to nije problem jer se to svodi na koliko dobro ta generalizacija funkcionira u praktičnim slučajevima.

Drugo pitanje koje možemo postaviti jest kako razlikovati čvrste pravilnosti od slučajnosti? Čini se da Mitchell ne daje direktan odgovor na to pitanje, ipak, dovoljno joj je ustvrditi da su pravilnosti kontigentne.

Iako ovo izgleda kao relativno zadovoljavajuć odgovor i naizgled rješava pitanje zakona u biologiji ovo ipak nije opće prihvaćeni prijedlog. Razni filozofi tvrde da se mora objasniti razlika između regularnosti i slučajnosti na neki jači način. Stoga možemo vidjeti da se kao daljnji prijedlog rješavanja problema regularnosti i zakona prirode uvodi koncept mehanizama. Čini se kako princip mehanističke teorije može primijeniti i na prijedlog zakona koji je dala Sandra Mitchell kao i na tradicionalno shvaćanje zakona prirode.²⁰²¹O mehanizmima će biti više riječi kasnije.

1.1.2 Kauzalne pravilnosti i distribucijsko objašnjenje

Kauzalne pravilnosti nisu jedna od teorija prirodnih zakona, ali budući da one imaju neka obilježja kakva imaju i zakoni uvrstit ćemo ih pod skupinu zakona. Također je važno za napomenuti da se ovakva vrsta objašnjenja uglavnom odnosi na biologiju.

Distribucijsko objašnjenje se definira kao proučavanje određenog seta adaptacija ili osobina te se objašnjava zašto su se te osobine distribuirale do šire populacije te kako se to dogodilo. Ova ideja je usko vezana uz ideju prirodne selekcije te se sukladno tomu promatra u biologiji.

Pitanje koje se postavlja jest na koji način je ta ideja vezana uz ideju prirodne selekcije? Kada razmotrimo ideju prirodne selekcije, shvaćamo je ona kao takva vezana uz razvitak određenih osobina koje pomažu preživljavanju određene populacije. Distribucijsko

²⁰Leurdian, Bert; „Can Mechanisms Really Replace Laws of Nature?“, str. 318.

²¹O prijedlogu Sandre Mitchell možete više vidjeti u njezinim člancima:
„Pragmatic Laws.” *Philosophy of Science* 64 (Proceedings): Str. 468–479,
„Dimensions of Scientific Law.” *Philosophy of Science* 67 (4): 242–265.
„Biological Complexity and Integrative Pluralism.“

objašnjenje počiva na toj ideji u smislu da prihvaća ideju postojanja određenih osobina koje su došle prirodnom selekcijom i pokušava objasniti širenje istih među populacijom.

Odgovor kako možemo definirati distribucijsko objašnjenje daje C. Kenneth Waters: „Generalizacije prvoga tipa povijesne su može bitnosti koje predstavljaju trenutne ili prethodne raspodjele bioloških entiteta različitih vrsta. Takve generalizacije nazivam distribucijama.“²²

Ono što je zanimljivo u ovoj definiciji jest uvođenje pojma generalizacije iz razloga sam pojam generalizacije jest kompliciran i složen pojam. Naime, da bi se nešto moglo generalizirati, pogotovo u znanosti poput biologije, moramo imati nekakvu čvrstu pravilnost unutar generalizacije.

Zašto nam je ideja čvrste pravilnosti važna? Kada radimo nekakvo znanstveno promatranje određenog fenomena, uvijek možemo reći da zaključci koje donesemo iz takvog istraživanja vrijede samo za taj određeni fenomen i stoga su vrlo nepouzdana za daljnja znanstvena istraživanja. No kada uvedemo ideju čvrste pravilnosti slika se u potpunosti mijenja. Čvrsta pravilnost bi bila neka osobina fenomena koja se uvijek događa ukoliko se određeni uvjeti ispune. Ta osobina je stalna i uvijek se ponavlja pod određenim uvjetima, čak i kada radimo eksperimente o tom određenom fenomenu. Takve čvrste pravilnosti su od velikog značaja u znanstvenim istraživanjima jer se na temelju njih mogu raditi daljnja istraživanja.

Uzmimo primjer koji je dao Peter Godfrey Smith:

„Pretpostavimo da objašnjavamo evoluciju ljudskog oka. Izgradnja genetskog temelja ljudskog oka uključivala je spajanje mnogih gena. Razmotrimo skup genetskog materijala X, koji ima sve potrebno što se gena tiče, za stvoriti oko, osim jedne mutacije. Tada je podloga X takva, da će u slučaju nastanka specifične nove mutacije koja ide nasuprot X, finalizirati evoluciju oka. Početno, X je bila rijetka u populaciji - bila je produkt mutacijskog događaja koji je proizveo X iz drugog prethodnika - W. Selekcija može učiniti nastanak oka izglednijim češće rabeći X. To povećava broj 'nezavisnih eksperimenata' u kojima pojedinačna mutacija može dovesti do nastanka oka. Ako X ostane rijetka u populaciji, tada će dodatne mutacije biti

²²Waters, C.Kenneth, „CausalRegularitiesintheBiological World ofContingentDistributions“, str. 6.

manje izgledne za proizvesti oko, s obzirom da se točno određena mutacija mora dogoditi na točno određenom mjestu - u soju (engl.: *lineage*; op.aut.) gdje se čini da je X prisutna.“²³

Kada sagledamo nastanak ljudskog oka vidimo da postoje određene generalizacije poput potrebe za stvaranjem određene mutacije X koja je ključna za razvitak. Vidimo da je potrebna i koordinacija X broja gena da bi se razvila potrebna genetska baza. No, kada sve svedemo na najjednostavnije moguće objašnjenje onda samo govorimo o nizu generalizacija da bismo dali objašnjenje.

Je li nam onda uopće potrebna ideja distribucijskog objašnjenja? Prije smo rekli da Waters distribucijsko objašnjenje ili distribuciju smatra generalizacijama određene mogućnosti koje su bazirane na proteklim iskustvima o distribucijama raznih bioloških osobina koje su se dogodile na određenoj vrsti. Postoji li možda druga vrsta generalizacija?

Waters smatra da postoji: „Drugi tip generalizacije pretpostavlja postojanje kauzalnih pravilnosti. Iako biolozi ne artikuliraju u potpunosti izjave o tim pravilnostima, identificira ih se /one se prepoznaju u njihovim objasnidbenim i istraživačkim postupcima. Generalizacije drugog tipa iskazuju mnoge od značajki tradicionalno pripisanih znanstvenim zakonima, ali ja ću se oduprijeti napasti korištenja ovog 'nabijenog' pojma (engl.: *loaded term*; op.aut.), te ću ih umjesto toga zvati kauzalnim pravilnostima.“²⁴

Ovdje vidimo da Waters smatra da postoje drugačije vrste generalizacija nego one koje se temelje na distribuciji. Ova druga vrsta počiva na kauzalnim pravilnostima.

Kauzalne pravilnosti bi bile pravilnosti koje se događaju pod određenim uvjetima. Takve pravilnosti su od velikog značaja za istraživanje jer je na temelju njih moguće donijeti čvrste dokaze koji mogu poslužiti za unapređivanje određenog istraživanja.

Također je ovdje bitno za napomenuti da ovakve pravilnosti, iako one imaju neke osobine prirodnog zakona, one nisu prirodni zakoni. Može se postaviti pitanje zašto ovakve pravilnosti ne zadovoljavaju uvjete prirodnih zakona ako već imaju osobine koje bi se pripisale zakonima prirode?

Kao što smo rekli, ovakve pravilnosti se događaju pod određenim uvjetima, ali problem je što za takve pravilnosti mi ne možemo sa sigurnošću reći da će se uvijek dogoditi.

²³ Smith, Peter Godfrey, „Philosophy of Biology“, str. 39.

²⁴Waters, C.Kenneth, „Causal Regularities in the Biological World of Contingent Distributions“, str. 6.

Zakoni bi, ako se sagleda tradicionalna definicija zakona prirode, morali imati neku vrstu nužnosti prema kojoj bi se one stvari koje su opisane u zakonu uvijek dogodile.

Za kauzalne pravilnosti se ne može isto reći. One se događaju pod određenim uvjetima ali nemaju vrstu nužnosti da se one moraju dogoditi bilo gdje i bilo kada u slučaju da se postignu određeni uvjeti. One, iako imaju svoju čvrstoću, jednostavno nemaju neku nužnost koja bi bila potrebna da bi se nazvale prirodnim zakonima.

Kao što možemo vidjeti, kauzalne pravilnosti same po sebi nemaju čvrstoću koju imaju prirodni zakoni, te se stoga mogu koristiti u objašnjenjima u biologiji, ali s druge strane, one opet imaju čvrstoću što ih čini prezahtjevnima za objašnjenja u biologiji. Ukoliko je objašnjenje prerigidno i ne može se primijeniti na ostale primjere, ono onda nije zadovoljavajuće.

Distribucijsko objašnjenje je zapravo samo niz generalizacija o određenom fenomenu. Točnost toga objašnjenja ovisi o točnosti generalizacija, ali nema neku jačinu jer ne govori na koji način bi te generalizacije trebale biti povezane. Takvo objašnjenje jednostavno nema ni širinu niti jačinu koja nam je potrebna da bismo nešto stvarno nazvali znanstvenim objašnjenjem.

1.2 Mehanizmi

Koncept mehanizama je najpoznatiji iz teorija koje su zagovarali Descartes i Boyle. U klasičnom smislu te su se teorije bavile problemom kako objasniti razne prirodne fenomene na način da identificiramo i objasnimo razne mehanizme koji dovode do tog problema.²⁵ Filozofi toga vremena su se također bavili i metafizičkim problemom mehanizama, a taj je problem bio usko vezan s atomističkom teorijom.²⁶ Današnji filozofi koji zagovaraju mehanističku teoriju odbacuju metafizičku razinu, ali zadržavaju metodologiju. Drugim riječima, oni se još bave problemom identificiranja posebnih mehanizama, ali odbacuju ideju da ima određen broj pravila prema kojima mehanizmi mogu međusobno djelovati jedan na drugi.

Suvremen termin „mehanizmi“ se koristi za objašnjenje dviju različitih struktura, no međusobno povezanih. Prva je da su mehanizmi sistemi koji se sastoje od više dijelova koji međusobno djeluju jedan na drugi kako bi proizveli određeno ponašanje.²⁷ Kao primjer se često navodi rad automobilskog motora. Uzmimo primjer postupka paljenja automobila: gorivo ulazi u cilindar, što izaziva paljenje, to paljenje stvara plinove koji pokreću stap motora što omogućuje pokretanje kotača. Drugim riječima motor je mehanizam koji se sastoji od velikog broja dijelova koji svojim međusobnim djelovanjem omogućuju pokretanje automobila. Ovakve mehanizme nazivamo lokalnim mehanizmima.

Drugo objašnjenje termina „mehanizam“ kazuje da su to vremenski duži procesi koji u određenom redoslijedu aktivnosti proizvode određeni ishod.²⁸ Kao primjer se često uzima fotosinteza. Fotosinteza je proces u kojemu niz aktivnosti koje uključuju vodu, ugljični dioksid i energiju dobivenu od svjetlosti proizvode kisik i šećer. Ovdje postoji prirodni odnos između procesa i sistema, prema kojemu aktivnosti sistema omogućuju izvođenje određenog procesa.²⁹ Važno je također za napomenuti da se ovakvi mehanizmi još nazivaju sistemskim mehanizmima.

Mehanistička teorija, znači, pokušava pronaći elemente mehanizama koji bi mogli objasniti kako procesi zapravo funkcioniraju, te pomoću tih procesa objasniti razne fenomene koji se događaju u svijetu.

²⁵Glennan, Stuart, „Mechanism“ *Psylos Routlege Companion to Philosophyof Science*, str.376

²⁶Glennan, Stuart, „Mechanism“ *Psylos Routlege Companion to Philosophyof Science*, str.376

²⁷Glennan, Stuart, „Mechanism“ *Psylos Routlege Companion to Philosophyof Science*, str.375.

²⁸Glennan, Stuart, „Mechanism“ *Psylos Routlege Companion to Philosophyof Science*, str.375.

²⁹Glennan, Stuart, „Mechanism“ *Psylos Routlege Companion to Philosophyof Science*, str.375.

Postavlja se pitanje kako mehanistička teorija može biti alternativa prirodnim zakonima, i je li zapravo moguće zamijeniti ideju prirodnih zakona mehanističkom teorijom?

Problem nastaje kada promotrimo ideju zakona prirode koja se ponekad čini prerigidnom, u smislu, da ako sagledamo tradicionalnu definiciju, koja uglavnom dolazi iz znanosti poput fizike, moramo odbaciti niz znanosti kao na pr. biologiju koja jednostavno nema mogućnosti pronaći ikakvu formulaciju prirodnog zakona koja bi odgovarala tradicionalnoj definiciji zakona prirode.

Ovakva definicija proizlazi iz ideje da svako objašnjenje mora imati određeno pozivanje na neki zakon prirode. Tu je definiciju dao Hempel:

„...eksplanans mora sadržavati barem jedan 'zakon prirode' i to mora biti esencijalna premisa u derivaciji, u smislu da derivacija eksplananduma ne bi bila valjana da je ta premisa uklonjena“³⁰

Kao što smo već rekli, ovakva se ideja čini prerigidnom, jer ako je prihvatimo kao takvu, onda bismo morali odustati od toga da mnoge znanosti zapravo nazivamo znanostima. Rekli smo ranije da mnogi autori smatraju da je u biologiji nemoguće naći prirodne zakone, stoga ukoliko uzmemo ovakvu definiciju moramo odbaciti biologiju kao znanost. To nam se ipak čini neprihvatljivim, te stoga moramo odustati od ovako stroge definicije.

Druga mogućnost je da uzmemo neku drugu definiciju zakona prirode poput one koju je ponudila Sandra Mitchell. No, kao što smo vidjeli takva definicija ima problem kada dođemo do pitanja što razlikuje čvrste pravilnosti od „sretne slučajnosti“?

Ove probleme smo već predstavili, ali odmah se postavlja pitanje kakve to ima veze sa samom mehanističkom teorijom?

Mehanistička teorija ovdje može poslužiti kao kompromis između dvije tradicionalne definicije. Mehanistička teorija nema problem s traženjem prirodnih zakona³¹. Zagovornici te teorije priznaju da iza mehanizama stoje nekakvi zakoni, ali ti zakoni su fundamentalni zakoni prirode. Stuart Glennan to prikazuje na ovaj način:

³⁰<https://plato.stanford.edu/entries/scientific-explanation/#DNMod>

³¹Postoje teorije da mehanizmi mogu zamjeniti ideju prirodnih zakona, ali to nije opće prihvaćena teza. Vidi više: Leuridan, Bert; „Can Mechanisms Really Replace Laws of Nature?“

„Primjerice, s obzirom na naše trenutno razumijevanje elektriciteta i magnetizma, čini se da Maxwellove jednadžbe nisu mehanički objašnjive. Nema, primjerice, mehaničkog etera koji se sastoji od čestica čije međusobno djelovanje može objasniti širenje elektromagnetskih valova. Zakoni poput tih, koje zovem temeljnim zakonima, predstavljaju grube nomološke činjenice našeg svemira.“³²

Ovaj primjer pokazuje da mehanistička teorija priznaje postojanje prirodnih zakona, ali ispada da oni jako reduciraju ideju kako bi se oni zapravo trebali definirati, što je zapravo bolja opcija jer se na taj način može uvrstiti više znanosti kao međusobno ravnopravne. Drugim riječima, znanosti poput biologije bi također bile uključene jer je lako zamislivo da u njima postoje nekakvi zakoni koji jednostavno jesu fundamentalni i od kojih više ništa ne možemo derivirati.

Ukoliko uzmemo novije definicije prirodnih zakona, vidimo da se u sklopu njih može uvrstiti ideja mehanističke teorije. Oni, kao što smo vidjeli, nemaju većih problema s uvrštavanjem znanosti poput biologije u njih, ali imaju problem kako objasniti razliku između pravilnosti i slučajnosti.

Ovdje se može primijeniti mehanistička teorija da bismo riješili ovaj specifični problem. Promatranjem mehanizama mi možemo lako vidjeti je li nešto slučajnost ili ne. Naravno, tradicionalno objašnjenje zakona može ustvrditi je li nekakav fenomen produkt čvrste pravilnosti ili ne. No, problem je u tome što tradicionalno objašnjenje prirodnih zakona staje na objašnjavanju što je pravilnost i onda razmatra može li ta pravilnost biti uvrštena u prirodni zakon.³³ U mehanističkoj teoriji naglasak nije samo na tome što je nekakva pravilnost, već na tome kako ona nastaje i kako se ta određena pravilnost uklapa u širu sliku.³⁴ Drugim riječima, mehanistička teorija može lakše razlikovati slučajnost od pravilnosti jer se ona ne fokusira samo na tu pravilnost već na njezinu interakciju s okolinom, te se traži kojim ona to mehanizmima pripada, te je li ona dio nekog većeg mehanizma.

Kao primjer uzmimo bolest A kojoj ne znamo uzrok, ali znamo da je lijek B uvijek uspješan u liječenju te bolesti. Pretpostavimo da lijek B nastaje prirodnim putem i nijedan drugi lijek kojega smo isprobali i za kojeg znamo nema nikakvog učinka na bolest. U tradicionalnom smislu zakona kada bismo vidjeli da je lijek B u 100% slučajeva uspješan takva

³²Glennan, Stuart, „Rethinking mechanistic explanation“, str. 348.

³³Andersen, Holly, „Mechanisms, Laws, and Regularities“, str. 7

³⁴ Andersen, Holly, „Mechanisms, Laws, and Regularities“, str. 8

generalizacija bi mogla ući u kategoriju prirodnih zakona. Imamo razloga za vjerovati da će taj lijek uvijek biti uspješan, nemamo nekog posebnog razloga za vjerovati da će se situacija promijeniti, te ovakvu čvrstu generalizaciju možemo smatrati u najmanju ruku kandidatom za prirodni zakon. Čak bi i u Mitchellinom pragmatičnom smislu ovakav slučaj mogao ući kao kandidat za prirodni zakon, jer jednostavno ovakva generalizacija funkcionira, odgovara realnosti, te nam daje mogućnost predviđanja događaja.

Mehanistička teorija zahtijeva malo više od toga. Iako se lako složiti da bi ovakva generalizacija bila početna točka, ona bi se promatrala kao dio nekog mehanizma. Prema mehanističkoj teoriji daljnji zadatak znanstvenika bi bio da pronađu sve mehanističke sisteme koji se tiču ove određene generalizacije.

Iz dosada prikazanoga, ispada kao da mehanistička teorija pruža više mogućnosti za znanstveno istraživanje nego li što to čini samo pozivanje na prirodni zakon, kao i samo traženje prirodnih zakona. Vidi se da mehanistička teorija pruža viša objašnjenja nego li ideja prirodnih zakona.

O praktičnoj primjeni mehanističke teorije i njezinih objašnjenja u biologiji će biti više govora u sljedećem poglavlju.

1.3 Modeli

Modeli su treća vrsta objašnjenja kojom se objašnjavaju pojmovi i predmeti u biologiji. U ovom trećem dijelu prikazat će se što je teorija modela, no kako će se vidjeti iz daljnjih primjera, smatramo da je ona puno lošija kao koncept kojim se daju objašnjenja te se neće prikazati na toliko detaljan način kao što sam prikazao prethodne dvije teorije.

Modeli su sami po sebi zapravo reprezentacije određenih fenomena u prirodi ili nekakvih generalizacija. Modeli se najčešće koriste kada se smatra da se određeni fenomen ne može istraživati na direktan način zbog kompleksne prirode tog fenomena.³⁵

Ono što se odmah može zamijetiti jest da ukoliko ne razumijemo ili ne možemo vidjeti cijeli fenomen zbog njegove kompleksnosti, kako je moguće napraviti model koji bi u potpunosti predstavljao taj isti fenomen? Odgovor je da se to jednostavno ne može učiniti. Čak i ako imamo potpunu sliku nekog fenomena, da bi se napravio model istoga mi moramo uzeti samo one dijelove tog fenomena koji nam se čine od isključive važnosti što samo po sebi značajno mijenja cijelu ideju fenomena.³⁶

Daljnje pitanje koje možemo postaviti ukoliko modeli ne obuhvaćaju cijeli sistem onda je pitanje kako modeli mogu funkcionirati? Kako se modeli uopće koriste u znanosti?

Modeli kao takvi uzimaju određene karakteristike nekog fenomena, te na temelju toga grade idealiziranu ili apstraktnu teoriju kako bi taj fenomen trebao funkcionirati.³⁷ Kada se napravi takav određeni model (važno je napomenuti da je takav model temeljen samo na hipotezi³⁸) znanstvenik dalje zapisuje određene pretpostavke koje bi trebale biti slične onima koje su se pokazale stvarnima u relevantnom sistemu čiji je taj određeni fenomen dio, i na temelju toga će se provesti daljnja istraživanja koristeći matematičku analizu, računalnu simulaciju ili neku drugu metodu kako bi se odredile moguće posljedice pretpostavki koje je znanstvenik prije zapisao.

³⁵ Smith, Peter Godfrey, „Philosophy of Biology“, str. 20

³⁶ Smith, Peter Godfrey, „Philosophy of Biology“, str. 20

³⁷ Portides, Demetris, „Models“ Psylos Routlege Companion to Philosophy of Science str.385

³⁸ Smith, Peter Godfrey, „Philosophy of Biology“, str. 20

Kao što se vidi, ovakva ideja jest problematična zato jer postavlja puno pitanja. Možemo se zapitati jesmo li uzeli najvažnije faktore, što ako smo zaboravili neki faktor, što ako je određeni fenomen slučajnost itd.

Moramo ovdje reći da modeli jesu važni za određene znanosti, n. pr. fiziku, gdje se modeli čak smatraju i ključnim dijelom istraživanja³⁹, ali za znanosti poput biologije modeli su jednostavno nedovoljni u davanju cjelovitih objašnjenja.

Argument koji se može povući jest taj da se modeli često oslanjaju na matematiku i na matematičke nužnosti. Neke teorije čak govore da, ako postoje zakoni u biologiji, onda oni dolaze kroz matematičke modele. Peter Godfrey Smith daje primjer:

„On (Sober) misli da biologija ima svoje zakone, otkrivene modeliranjem, ali ti zakoni nisu empirijski. Oni su samo djelići matematike, te su stoga nužno istiniti. Za zakone prirode se uvijek uzima da imaju empirijski sadržaj, ali Sober smatra da bi se morali početi navikavati na ideju da zakoni mogu biti posve matematički.“⁴⁰

Ovakva teorija dolazi iz ideje da se matematičke nužnosti također primjenjuju i na probleme u biologiji. Peter Godfrey Smith daje razlog zašto to nije baš tako. Uzmimo na pr. $7+5=12$. To je matematička nužnost, ali ako uzmemo priču da ako stavimo sedam pikula na stol i njima dodamo još pet nije nužno da se na stolu nalazi dvanaest pikula.⁴¹

Situacije na koje nailazimo u biologiji dosta ovise o samom ponašanju bića koja istražujemo, o njihovoj prirodi, nagonima, njihovoj evoluciji i slično. Matematika, iako može biti od velike pomoći u istraživanju, sama po sebi nije dovoljna da nam ponudi objašnjenja u biologiji.

Iako nam metodologija koju koristimo u izradi modela može biti vrlo korisna u istraživanju ona jednostavno nije dovoljna da nam sama po sebi ponudi zadovoljavajuće objašnjenje. Kao što smo vidjeli, teorija modela ima problem kako objasniti razlog uzimanja određenih faktora, zašto bismo trebali prihvatiti da određena idealizacija ima prednost pred drugom, vidimo da nam matematičko objašnjenje nije ni približno dovoljno da bismo na temelju njega mogli postaviti čvrstu generalizaciju.

³⁹Portides, Demetris, „Models“ *Psylos Routlege Companion to Philosophy of Science* str.385

⁴⁰Smith, Peter Godfrey, „*Philosophy of Biology*“, str. 24-25

⁴¹Smith, Peter Godfrey, „*Philosophy of Biology*“, str. 25

Teorija modela, makar je odlično situirana za znanosti poput fizike gdje je direktno istraživanje iznimno otežano, u biologiji imamo više mogućnosti za direktno istraživanje. Još jedan problem je da teorija modela ne nudi cjelokupno objašnjenje problema, niti sistema u kojima djeluju. Za teoriju modela nije potrebno objasniti cijeli fenomen koliko samo najvažnije dijelove. U usporedbi sa mehnističkom teorijom, čini se da ova teorija nudi puno slabije rezultate istraživanja, kao i puno lošije cjelokupno objašnjenje.

Kao što smo već napomenuli ova teorija se čini slabijom i zato je nećemo dalje razrađivati u ostatku istraživanja.⁴²

⁴²O modelima vidi više u: Portides Demetris, „Models“ Psylos Routlege Companion to Philosophy of Science

2.Mehanizmi

Mehanistička je teorija vrlo zastupljena u filozofiji biologije jer se smatra kadrom objasniti više no što je samo pozivanje na zakonitosti, budući uključuje i opisuje određene pravilnosti koje se odvijaju vremenu kao i same sisteme koji su odgovorni za nastajanje određenog događaja.

Kako bismo lakše razumjeli kako se teorija mehanizama odnosi na biologiju, prvo ćemo prikazati njezinu primjenu, t.j. kako je ona definirana kroz više znanosti te koja su njezina obilježja.

Kada promotrimo razne znanstvene discipline ili znanosti uviđamo da svaka od tih teorija sadrži određene pravilnosti kako bi objasnila određena događanja ili samu znanstvenu teoriju. Većina znanstvenih objašnjenja sadrži unutar sebe opis kako i zašto su se stvari odvale na određen način. Možemo kazati da se svaka znanstvena teorija sastoji od kauzalnih ili uzročno posljedičnih svojstava. Nadalje svaka od tih znanstvenih teorija ima oblik $A \rightarrow B \rightarrow C$. Pitanje koje se postavlja glasi: je li takav opis samo opis mehanizama koji su postavljeni/stvoreni/imaju funkciju ili oni zaista obavljaju tu funkciju za koju su namjenjeni?

Kako bismo odgovorili na ovo pitanje, moramo definirati što su točno mehanizmi. Mehanizmi imaju više definicija, ali jedna od najpoznatijih i najutjecajnijih je definicija koju je ponudio Stuart Glennan:

„Mehanizam koji se nalazi u temeljima ponašanja složen je sustav koji proizvodi to ponašanje putem međusobnog djelovanja niza dijelova, sukladno izravnim kauzalnim zakonima.“⁴³

Ova definicija mehanizma je vrlo bitna jer pretpostavlja da se svaki mehanizam sastoji od određenih dijelova i njihove interakcije dovodi do ishoda određenog procesa. Također je i bitno za napomenuti da svi ti dijelovi rade prema kauzalnim ili uzročnim zakonima.

Što to znači zapravo? Ono što se misli kada tvrdimo da neki kauzalni zakoni određuju aktivnosti mehanizama znači da ne možemo upotrijebiti kauzalne generalizacije za objašnjavanje rada mehanizama.⁴⁴

⁴³Glennan, Stuart, „Mechanism And The Nature Of Causation“, str. 52.

⁴⁴Glennan, Stuart, „Mechanism And The Nature Of Causation“, str. 55.

No, postavlja se pitanje kakve mehanizme imamo, t.j. imamo li neku podjelu mehanizama? U prvom poglavlju objasnili smo da mehanizme prema definiciji možemo podijeliti na lokalne mehanizme, te na sistemske mehanizme.

2.1 Lokalni mehanizmi

Lokalni mehanizmi su specifičan primjer mehanizama. Oni su predstavljaju jednu od teorija koju je iznio Wesley Salmon. Salmon sam nije definirao što znači mehanizam, ali je dao prikaz kauzalnih procesa i interakcija.

Za Salmona kauzalni procesi entiteti koji zadržavaju svoju strukturu kroz prostor-vrijeme dok su interakcije između kauzalnih procesa presjeci takvih procesa gdje se događaju promjene svojstva.

Kao primjer možemo uzeti *baseball* lopticu i palicu koja je udara. Sam let loptice je kauzalni proces, kao što je to i palica koja je u zamahu. Samo udaranje loptice palicom se može smatrati interakcijom među dva kauzalna procesa. Također, sam udarac loptice ima efekt koji omogućuje mijenjanje svojstva procesa. Kao promjenu možemo navesti brzinu loptice i palice te male deformacije koje se događaju na loptici i palici.

Ono što se može opaziti kod Salmonova prikaza jest da interakcije nisu nužno pravilne, t.j. nemaju neku regularnost, i što je još važnije, one ne uključuju nikakve sisteme.

Dok promatramo određeni mehanizam, na pr. fotosintezu, možemo vidjeti da je to proces koji se ponavlja i uključuje kontinuiranu radnju mnogih stanica sa sličnom strukturom i funkcijom. Zapravo smo zainteresirani za nekakav generalni opis toga mehanizma.

U slučaju *baseball* loptice i palice situacija je drukčija; zanima nas davanje objašnjenja jednog partikularnog događaja i to činimo samo na jednom mjestu i u jednom vremenu.

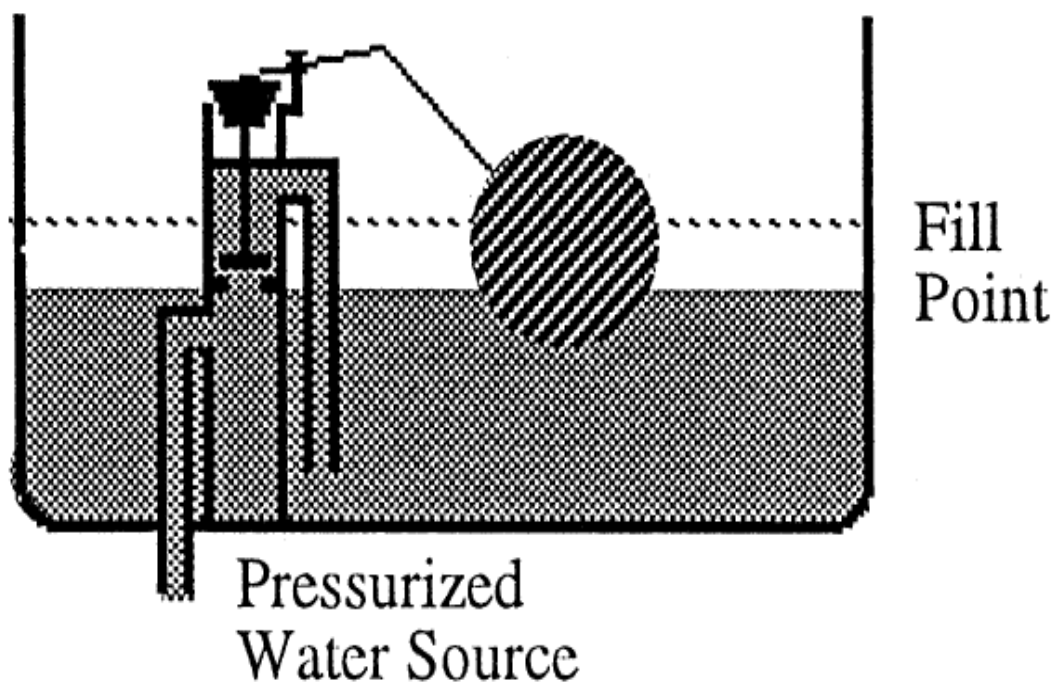
Lokalni mehanizmi se razlikuju od sistemskih upravo u tome što sistemski uvijek podrazumijevaju rad nekakvog sistema i, kada se bavimo sistemskim mehanizmima, pokušavamo dati generalno objašnjenje.

2.2 Sistemski mehanizmi

Sistemski mehanizmi su vremenski duži procesi koji u određenom redoslijedu aktivnosti proizvode određeni ishod.⁴⁵

Kao primjer sistemskog mehanizma najčešće se uzima fotosinteza, ali možemo uzeti i druge primjere poput rada srca. Promatrajući sistemske mehanizme, bitno je zapitati se možemo li naći proces koji je zaslužan za zadatak koje ti procesi imaju. Kao što se može vidjeti, za sistemske je mehanizme moguće da se unutar njega događa više procesa istovremeno koji dovode do određenog ishoda.

Za navedeni se primjer uobičajeno uzima primjer kotlića.⁴⁶



Svrha plutajućeg ventila je regulacija razine vode u spremniku, stoga je prirodno (ali ne i zahtijevano) izdvojiti održavanje određene razine vode u spremniku (točka ispunje; engl.: *fillpoint*, op.aut.) kao ponašanje mehanizma. Rukovanje mehanizmom je vrlo jednostavno. Plutajući je element (plutak) priključen na polugu koja otvara i zatvara dovodni ventil. Kad je poluga u donjem položaju, ventil dovoda je otvoren, omogućavajući vodi pod pritiskom

⁴⁵Glennan, Stuart, „Mechanism“ *Psylos Routlege Companion to Philosophy of Science*, str.375

⁴⁶ Slika preuzeta iz: Glennan, Stuart, „Mechanism And The Nature Of Causation“, str.57

napuniti spremnik. Ventil dovoda se zatvara, kad se voda digne do određene točke, zaustavljajući dotok vode. Plutak je dovoljno težak te će pri odsustvu vode povući polugu dolje, otvarajući ventil dovoda. S druge strane, dovoljno je plovčan da će podizanje razine vode potisnuti plutak prema gore, zatvarajući ventil dovoda kada voda dosegne razinu ispunjenosti.⁴⁷

Ono što se može lako vidjeti iz ovog primjera jest da se ovdje mogu poprilično lako identificirati dijelovi (ventili, kotlić, poluga it.d.) Iz primjera se također i vidi kako sami dijelovi mehanizma imaju međusobnu interakciju da bi proizveli ishod, u ovom slučaju pun kotlić.

Ovaj primjer se čini kao odličan prikaz sistemskog mehanizma, no ispada da ovakav primjer ima očitu grešku.

Naime, kotlić je proizvod ljudske radnje i proizveden je kako bi radio kao mehanizam. Kad mi tražimo određeni mehanizam, imamo ideju mehanizma kakav se može pojaviti u prirodi.

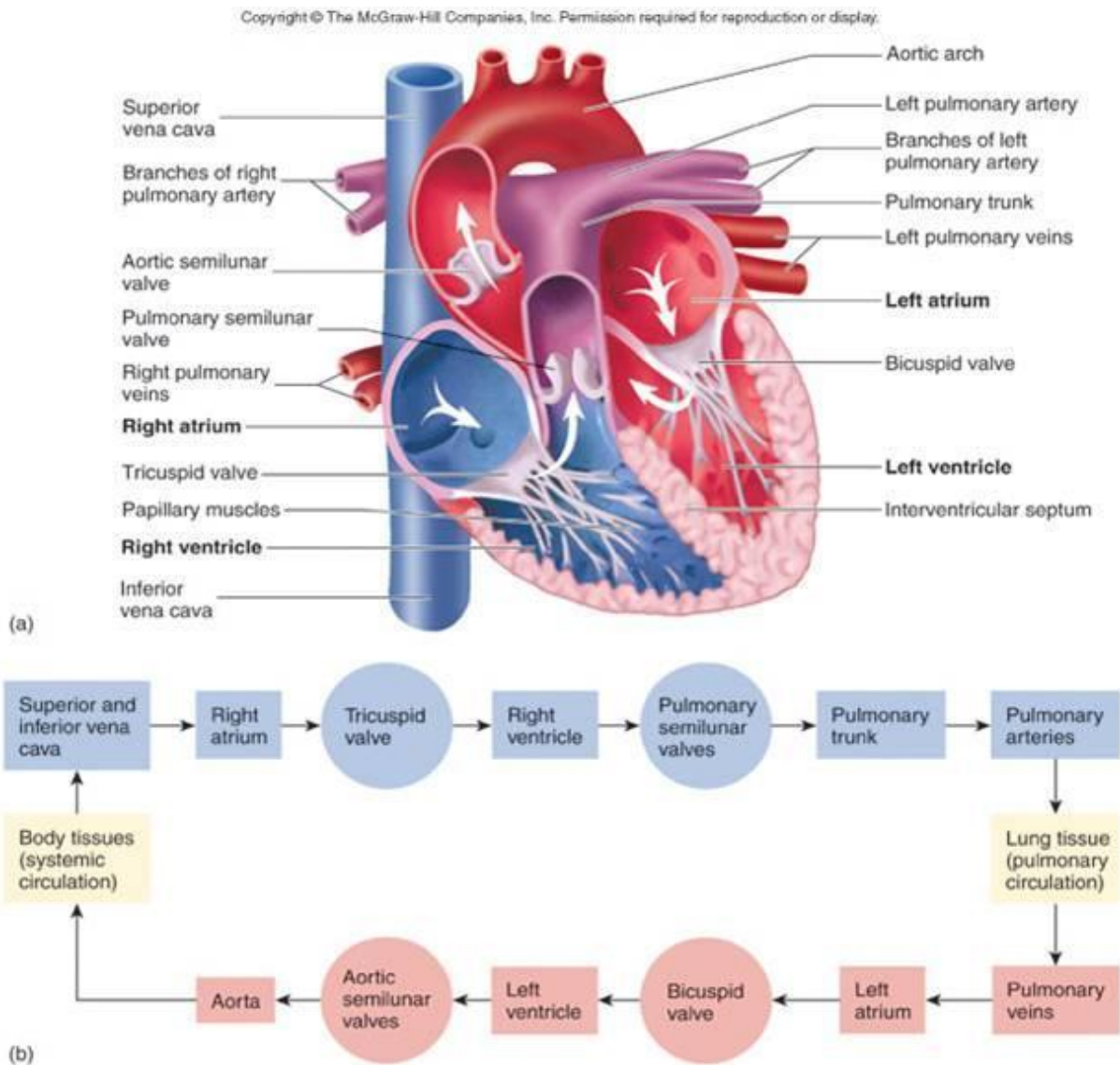
Mehanizam koji je nastao kao produkt ljudske radnje se čini namještenim primjerom, stoga se čini slabim dokazom za ikakvu teoriju. Naime, nesumnjivo je da većina strojeva koje su ljudi napravili imaju mehanički princip djelovanja, ali nam to jednostavno nije dovoljan dokaz kako bismo ustvrdili da je teorija mehanizama upotrebljiva u objašnjavanju znanstvenih otkrića.

Iz toga slijedi pitanje: možemo u prirodi naći nekakav sistemski mehanizam? Kao primjer sistemskog mehanizma uzet ćemo rad srca. Ono je također kompleksni mehanizam, te daje odličan pregled kako sistemski mehanizmi funkcioniraju u prirodi.

„Srce radi na način da prvo nečista krv, odnosno krv siromašna kisikom i bogata ugljičnim dioksidom ulazi u desnu pretkljetku kroz donju šuplju venu i gornju šuplju venu. Onda prolazi kroz trikuspidalni zalistak i ulazi u desnu kljetku. Kljetka se grči i gura krv do plućnog zaliska koji prenosi nečistu krv do pluća gdje kisik ponovo ulazi u krv, a ugljični dioksid iz nje izlazi. Potom plućna vena prenosi kisikom obogaćenu krv do lijeve strane srca. Krv prvo ulazi u lijevu kljetku. Tada se kljetka grči i gura krv do aorte kroz aortalni zalistak. Kad god je desna ili lijeva kljetka ispunjena krvlju, zatvaraju se srčani zalisci. Taj se proces ponavlja sve dok je osoba živa. Sinoatrijski čvor je prirodni elektrostimulator srca koji se

⁴⁷Glennan, Stuart, "Mechanism And The Nature Of Causation" str. 57.

nalazi u desnoj pretklijetki srca koji u redovitim razmacima šalji električni impuls. Šalje te impulse po stopi od 60 do 80 impulsa u minuti. Ti impulsi navode pretklijetku da se grči kako bi se krv mogla preliti u klijetku. Potom se impuls šalje u atrioventrikularni čvor koji se nalazi u donjem dijelu desne pretklijetke. Taj atrioventrikularni čvor šalje impuls klijetki te se krv pumpa iz klijetke i ide u tijelo ili u pluća. Cijeli proces se ponavlja sa svakim impulsom. Taj električni impuls srca uzrokuje otkucaje srca.⁴⁸



Postoji niz procesa koji kroz određeni vremenski period omogućavaju rad mehanizma, u ovom slučaju rada srca.

⁴⁸<http://znanost.geek.hr/clanak/kako-radi-srce/>

Međutim, možemo li reći da su sistemski mehanizmi izolirani mehanizmi koji obavljaju jednu funkciju ili je moguće da su sami sistemski mehanizmi dio određenog većeg sistema?

Kao što se vidi iz primjera rada srca, iznimno je teško uopće zamisliti sistem koji je izoliran i na kojeg ne utječu drugi sistemi. Možemo postaviti pitanje mogućnosti da neki dio sistemskog mehanizma ispunjava više funkcija? Odgovor je da dijelovi mehanizma koji su dio jednog sistema često su također i dio drugog sistema.

Stuart Glennan je to pokušao riješiti kada je u svoju definiciju uveo pojam „temelnog ponašanja (*underlying*)“. Pod pojmom „temelnog ponašanja“ Glennan smatra da imamo niz različitih sistema koji na većoj razini mogu izgledati različiti ili nepovezani, ali kada bolje razmotrimo cjelokupnost sistema u prirodi, shvaćamo da se svi oni mogu svesti na sve manje i manje sisteme koji na kraju moraju doći do fundamentalnog zakona. Odnos između sistema se može vidjeti u njihovoj funkciji. Kao što Glennan tvrdi, nemoguće je vidjeti i razumjeti sistem bez da se zna funkcija tog sistema. Uzmemo li Glennanovu tezu u obzir, moguće je doći do poveznice između bilo koja dva sistema makar na prvi pogled ona bila potpuno nepovezana. Glennan kao primjer „temelnog ponašanja“ navodi primjer Solarnog sistema i planeta Zemlje. On navodi da, iako se čini da je Zemlja samo jedan entitet koji obavlja svoju funkciju vrteći se oko Sunca, zapravo je Zemlja složen sustav zajedno sa svojim entitetima koji isto tako imaju zasebne funkcije u Zemljinom sustavu. I makar bi se moglo reći da su Sunčevsustav i Zemlja dva različita sistema koji nemaju međusobnu korelaciju, oni zapravo imaju složen međusobni odnos makar Zemljin sistem ima „temeljno ponašanje“ pod Solarnim sistemom.

2.3 Aktivnosti kod mehanističke teorije

U ovom ćemo dijelu predstaviti drugu definiciju mehanizama. Ovu definiciju su predložili Machamer, Darden i Carver u svom članku „Thinking About Mechanism“:

„Mehanizmi su entiteti i aktivnosti organizirane na način da su produktivne za redovite promjene od početka ili uspostavljene prema uvjetima završetka ili prekida.“⁴⁹

Ova definicija se razlikuje od Glennanove u tome što oni ne smatraju da interakcija dijelova mehanizma dovodi do ishoda procesa, već da su to zaslužne aktivnosti entiteta koji se nalaze unutar mehanizma.

Pitanje koje se postavlja se sastoji od toga da mi moramo objasniti što znači kako definicija navodi „redovite promjene“ (*regular changes*). Machamer, Darden i Carver navode da su „regular changes“ pravilnosti koje se događaju u određenom vremenskom razmaku pod istim uvjetima. „Mehanizmi su utoliko redoviti jer rade uvijek ili u većini slučajeva na isti način pod istim uvjetima. Redovitost je tipično iskazana time da mehanizam radi od početka do kraja.“⁵⁰

Što to znači? To znači da određeni rad mehanizma možemo prepoznati samo kada se to događa u određenim vremenskim intervalima pod istim određenim uvjetima.

Cijeli mehanizam, kao što je rečeno, radi pod uvjetima da je cijeli sistem ispravan, t.j. da arterije i vene nemaju oštećenja, da su organi ispravni, da nema nikakvih začepjenja, da nema nikakvih bolesti itd. Ono što je bitno jest da se cijeli proces odvija u određenom vremenskom intervalu, odnosno samo srce šalje 60-80 impulsa po minuti što bismo mogli nazvati vremenskim intervalom ili je moguće da tim vremenskim intervalom smatramo vrijeme od rođenja neke osobe, pa sve do trenutka smrti te određene osobe. Naravno, možemo i dalje postaviti pitanje ukoliko je rad srca određeni proces određenog mehanizma od čega se sve taj mehanizam sastoji.

Machamer, Darden i Carver daju sljedeće objašnjenje: „Mehanizmi su sastavljeni od entiteta (sa svojim svojstvima) i djelatnosti. Djelatnosti su stvaratelji promjene. Entiteti su

⁴⁹Machamer Peter, Darden Lindley i Carver Carl "Thinking About Mechanism", str. 3.

⁵⁰Machamer Peter, Darden Lindley i Carver Carl, "Thinking About Mechanism", str. 3.

stvari koje sudjeluju u djelatnostima. Djelatnosti obično iziskuju da entiteti posjeduju određene tipove svojstava.“⁵¹

Ovdje se navodi da se svaki mehanizam nužno sastoji od X broja entiteta koji su ključni za rad sistema, te od X broja radnji koji ti mehanizmi čine kako bi pokrenuli cijeli sistem. Na primjeru srca možemo vidjeti da se srce sastoji od niza vena, arterija, čvorova, zalizaka i ostalih stvari. Stvari od kojih se srce sastoji jesu ti entiteti, dok su radnje koje ti entiteti obavljaju nazvane njihovim aktivnostima. Također se navodi da entiteti koji izvršavaju određenu radnju moraju imati određena svojstva za izvršavanje te iste radnje. To se čini jasnim objašnjenjem, ali se tu postavljaju dva pitanja. Prvo, jesu li te aktivnosti koje entitet radi jedine aktivnosti za koje je određeni entitet sposoban ili određeni entitet ima sposobnost obavljanja više stvari? Drugo može li se reći da je djelovanje određenih entiteta kauzalno predodređeno nekim uvjetima t.j. što potiče određeni entitet na aktivnost u određenom mehanizmu?

Prvo ćemo pokušati odgovoriti na drugo pitanje odnosno što potiče određeni entitet na aktivnost u određenom mehanizmu? Pitanje koje smo ovdje postavili jest iznimno kompleksno i nema jednostavnog odgovora na njega. Ukoliko zamislimo da mehanizam radi kao što smo ga prije opisali na način $A \rightarrow B \rightarrow C...$ legitimno je postaviti pitanje zašto uzeti kao početak A? Zašto ne bismo mogli jednostavno zamisliti sistem $O \rightarrow Z \rightarrow K \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C$? Kraj procesa nije toliko problematičan koliko je problem označavanja početka određenog procesa. U primjeru srca kraj procesa jest prestanak rada tog procesa odnosno kada srce više ne kuca, ali za koji trenutak možemo reći da je označio početak rada toga srca. Je li to bio prvi otkucaj, prvo pumpanje krvi, prvo slanje kisika? Jednostavno se ne može reći. Čini se da ovdje imamo *reductio ad absurdum* problem jer koji god trenutak izabrali, druga osoba može izabrati raniji ili kasniji trenutak i to jednostavno može ići unedogled

Na ove probleme možemo odgovoriti na nekoliko načina. Prvo, znanstvena bi zajednica trebala odlučiti, budući su oni najstručniji za davanje objašnjenja koliko znamo o svijetu. Drugo, trebali bismo se pozvati na onaj trenutak koji nam daje najbolje znanje u skladu s dosadašnjim paradigama, drugim riječima, trebali bismo se pozvati na onaj trenutak koji nam daje najbolje objašnjenje. Treće, način odgovora je pozivanje na fundamentalne zakone i fundamentalne uzročne mehanizme koji su odgovorni za sve ostalo.⁵²

⁵¹Machamer Peter, Darden Lindley i Carver Carl, "Thinking About Mechanism", str. 3.

⁵²Fundamentalni zakoni će biti pobliže objašnjeni u sljedećem dijelu

2.4 Fundamentalni zakoni

Fundamentalni zakoni su oni zakoni koji reprezentiraju činjenice kada više nijedno drugo objašnjenje nije moguće.

„Primjerice, s obzirom na naše trenutno razumijevanje elektriciteta i magnetizma, čini se da Maxwellove jednadžbe nisu mehanički objašnjive. Nema, primjerice, mehaničkog etera koji se sastoji od čestica čije međusobno djelovanje može objasniti širenje elektromagnetskih valova. Zakoni poput tih, koje zovem temeljnim zakonima, predstavljaju grube nomološke činjenice našeg svemira“⁵³

Možemo dalje tvrditi da, ukoliko prihvatimo teoriju mehanizama, onda jednostavno moramo prihvatiti da su svi zakoni objašnjivi ili pomoću mehanizama ili su oni po svojoj prirodni fundamentalni zakoni.⁵⁴

Postoji nekoliko problema zašto je ovakav stav kompliciran. Ako prihvatimo ovakvu tvrdnju mnogi zakoni koje danas priznajemo u raznim znanostima moraju prihvatiti teoriju mehanizama. To se jednostavno čini prejakim zahtjevom. Vrlo je lako zamisliti ideju da neka znanost dođe do zakona koristeći nekakvu drugu teoriju, a ne teoriju mehanizama. U ovome bi slučaju to značilo, ili da se taj zakon mora pokazati kao fundamentalan, ili da se mora primijeniti nekakav mehanizam na taj fenomen u kojemu smo našli zakon.

Fundamentalni zakoni su jako dobro objašnjenje za problem dokle ići sa traženjem mehanizama, t.j. tražilo bi se mehanizme dokle god ne naiđemo na fundamentalni zakon. Traženje fundamentalnih zakona je također dobar zahtjev za širu znanost, jer se samo tvrdi da bismo trebali istraživati određeni fenomen dok god ne dođemo do dijela kojeg nije moguće drugačije objasniti nego fundamentalnim zakonom.

S druge strane zahtjev da se svi zakoni koji nisu fundamentalni moraju objasniti kroz teoriju mehanizama jest jednostavno prevelik. Mi možemo reći da su oni svedivi na mehanizme, ali problem je u slučaju da to nije moguće? Takva ideja može čak naštetiti i znanostima poput biologije koje trenutno nemaju neke zakone. Naime, čak i ako se pronađe zakon u biologiji, moguće je da takav zakon ne bude fundamentalan i da ga se ne može objasniti kroz teoriju mehanizama. U tom slučaju mi bismo morali odbaciti taj zakon.

⁵³Glennan, Stuart, „Rethinking mechanistic explanation“ str. 348.

⁵⁴Glennan, Stuart, „Rethinking mechanistic explanation“, str. 348.

Jednostavno ideja da se svaki ne-fundamentalni zakon mora objasniti kroz teoriju mehanizama je prerigidna.

3. Objašnjenje u evolucijskoj biologiji

Pitanje koje možemo dalje postaviti jest može li se teorija mehanizama na uspješan način primijeniti u evolucijskoj biologiji? Je li moguće da je prirodna selekcija sama po sebi nekakav mehanizam? To pitanje je trenutno vrlo popularno u filozofiji biologije. Rasprava se vodi između dviju strana, *skeptika* i *optimista*. Skeptici su zagovornici ideje da se prirodna selekcija jednostavno ne može nazvati mehanizmom jer ne zadovoljava uvjete koje trenutna teorija mehanizama zahtjeva. Optimisti predlažu ideju da teorija mehanizama daje vrlo dobre razloge zašto bismo trebali vjerovati da je prirodna selekcija u biti mehanizam. U daljnjem radu predstaviti će se obje strane, te ćemo pokušati vidjeti je li moguće opravdati tezu da je prirodna selekcija zapravo mehanizam. U radu ćemo detaljno rekonstruirati argumente koji se nalaze u članku, te ćemo pokušati vidjeti govori li njihova teza da trebamo odustati od ideje mehanizma kao objašnjenja za prirodnu selekciju ili je možemo zadržati?

3.1 Skeptici

Skeptici su ona struja u evolucijskoj biologiji koji zagovaraju tezu da nije moguće tvrditi da je prirodna selekcija mehanizam. Ta pozicija će biti predstavljena najviše kroz argumente prikazane u članku „Thinking about Evolutionary Mechanisms: Natural Selection“ u članku Roberte A. Skipper Jr. i Roberte L. Millstein .

Skipper i Millesteinu svome radu pokušavaju pokazati da se prirodna selekcija ne može nazvati mehanizmom u smislu u kojem Stuart Glennan i Machamer, Darden i Carver (dalje u radu: MDC⁵⁵) shvaćaju kako mehanizmi funkcioniraju.

Oni nude tri argumenta zašto se prirodna selekcija ne može shvatiti kao mehanizam: problem organizacije, problem produktivnog kontinuiteta te problem pravilnosti.

Organizacija je problematična iz razloga što se ne može reći da je prirodna selekcija organizirana na način kakav predstavljaju Glennan i MDC. Problem produktivnog kontinuiteta je što on sam nije dobro opisan kada se gleda odnos među fazama prirodne

⁵⁵Kratice MDC je uvriježena kratica koju mnogi autori koriste kada se referiraju na rad Machamera, Dardena i Carvera

selekcije. Problem pravilnosti je u tome što sama prirodna selekcija nema pravilnost u onome smislu kako su ga opisali MDC.

Daljnja se teškoća ogleda u tome što se prirodna selekcija ne može shvatiti ni u širem smislu kako ga je opisao Glennan, odnosno ne može se opisati koristeći sistemske mehanizame i proces-mehanizme.

3.1.1 Standardni argument prirodne selekcije

U daljnjem ćemodijelu rada dati prikaz prirodne selekcije kako su ga shvatili Skipper i Millstein. Važno je za napomenuti da ovo nije jedini prikaz prirodne selekcije, već je samo prikaz kako su prirodnu selekciju shvatili autori ovog članka.

„Struktura:

I. Početni uvjeti

1. Populacija O postoji.
2. O-vi variraju sukladno oblicima od T, koji su nasljedni.
3. O-vi su u okružju E s kritičnim čimbenikom F.

II. Interakcija

1. O-vi na temelju varirajućih oblika T uzajamno različito djeluju s okolišem E.
2. Kritični čimbenik F utječe na tu interakciju.
3. To može dovesti do

III. Učinci (1)

1. diferencijalne stope preživljavanja O-va preko oblika T u E.
2. To može dovesti do

IV. Učinci (2)

1. diferencijalne reproduktivne stope O-va preko oblika T u E.
2. To može dovesti do

V. Učinci (3)

1. diferencijalnog zastupanja u populaciji O-va preko oblika T u E.
2. To može dovesti do

VI. Učinci (4)

1. prevlasti O-va s određenim oblikom T nad drugim oblicima T u E.
2. To može dovesti do

VII. Učinci (5)

1. prilagodbe soja s obzirom na T u E.

Naputci o korištenju:

‘O’ treba zamijeniti s imenom nekog organizma

‘T’ treba zamijeniti nekom odredivom organizmičkom osobinom

‘E’ treba zamijeniti opisom okoliša ‘O’

‘F’ treba zamijeniti opisom kritičnog čimbenika u ‘E’⁵⁶

Pimjer se može objasniti i na sljedeći način:

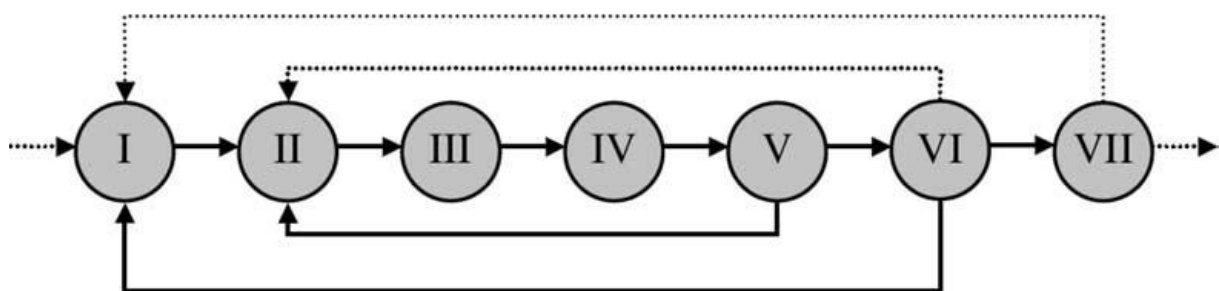
U određenoj populaciji imamo organizme koji variraju ovisno o njihovim svojstvima (faza I). Organizmi imaju interakciju sa svojim okolišem, i na tu interakciju mogu utjecati svojstva koje ti organizmi posjeduju (faza II).

Svojstva koje organizam posjeduje utječu na njihove šanse za preživljavanje i razmnožavanje na velik broj načina, i te šanse za preživljavanje i razmnožavanje su relativne u odnosu na svojstva koje posjeduju drugi organizmi. Ako pretpostavimo da su ta svojstva koja organizam posjeduje nasljedna, onda možemo vidjeti da organizmi čija su svojstva povećala šanse za preživljavanje i razmnožavanje kroz njihov odnos s okolišem imaju tendenciju rasta broja potomaka koji imaju ista ili slična svojstva (faze III – IV).

⁵⁶Millstein, Roberta L. i Skipper Jr., Robert A. „Thinking about Evolutionary Mechanism: Natural Selection“ str. 330

Tijekom vremena svojstva koja su povećala šanse za preživljavanje i razmnožavanje organizma koji posjeduje ta svojstva, se povećavaju u učestalosti kroz populaciju (faza V). Nakon velikog broja generacija, veliki broj populacije će imati ta svojstva (faza VI). To vodi do adaptacije u određenoj lozi (faza VII).

Slijedi prikaz dijagrama koji pokazuje dinamiku prirodne selekcije. Važno je napomenuti da bi se taj dijagram trebao promatrati u kombinaciji sa prikazom prirodne selekcije koji smo upravo dali.



57

Puna strjelica koja vodi od faze (V) do faze (II) predstavlja da se faze (II-V) mogu ponavljati više puta prije nego se dogodi prijelaz na fazu (VI). Populacija će imati mnoštvo organizama sa određenim svojstvom (VI) samo nakon mnogih ponavljanja prirodne selekcije i njezinih posljedica koje utječu na preživljavanje i reprodukciju organizama (II-V). Da se dođe do faze (VII) od faze (VI) prirodna selekcija treba ponavljanje kroz sve faze zahtjeva, promjenu u fazi (I), na pr. neku promjenu u okolišu ili mutaciju. Strjelica koja ide od faze (VI) do faze (I) predstavlja ponavljanje. Iscrtkana strjelica koja ide iz faze (VI) natrag do faze (II) predstavlja to da populacija koja je u fazi (VI) može biti u nekakvom zastoju sa jednim tipom koji je predominantan, ali nastavlja prolaziti kroz faze (II-V). Iscrtkana strjelica koja prolazi od faze (VII) do faze (I) predstavlja mogućnost da neka određena loza koja se adaptirala ponovno prolazi kroz proces prirodne selekcije zbog promjena uvjeta koje se dogodile u fazi (I). Iscrtkana strjelica koja ide od faze (VII) predstavlja mogućnost da neki drugi mehanizmi nastave radnju. Iscrtkana strjelica koja dolazi do faze (I) predstavlja postojanje mehanizama koji dovode do početnih uvjeta t.j. faze (I).

⁵⁷Slika preuzeta iz: Millstein, Roberta L i Skipper Jr., Robert A. „Thinking about Evolutionary Mechanism: Natural Selection, str. 331.

3.1.2 Problem sistemskih i process mehanizama

Prije nego započnemo s navođenjem što je točno problem kod organizacije kad se govori o tome je li prirodna selekcija mehanizam, moramo vidjeti postoji li neka vrsta mehanizma koju možemo odmah odbaciti jer je ona po samoj svojoj prirodi nekompatibilna s idejom prirodne selekcije. Skipper i Millestein smatraju da mehanizmi koje odmah možemo odbaciti jesu proces – mehanizmi.

Proces-mehanizmi

Proces-mehanizmi se definiraju kao jedinstveni kauzalni lanac događaja poput onih koji su doveli do početka Prvog svjetskog rata.⁵⁸

Problem za definiciju prirodne selekcije kao dio proces-mehanizama je u tome što mi ne možemo reći da je evolucija određene vrste ili određenih obilježja koje ta vrsta ima jedinstveni kauzalni lanac događaja.

Zašto to možemo tvrditi? Ono što je bitno za proces-mehanizme jest da oni jednostavno ne služe razumijevanju evolucije svake vrste pojedinačno, već ono pruža šira objašnjenja. Kada sagledamo shemu koju smo predstavili ranije u tekstu vidimo kada popunimo shemu na način da se shema odnosi samo na određenu vrstu koju proučavamo, t.j. određenu vrstu koju smo unijeli u shemu. Proces-mehanizmi bi se trebali odnositi na veće događaje bez uzimanja određenih vrsta i dokazivanja principa na njima. Stoga jednostavno ne možemo reći da se prirodna selekcija temelji na proces-mehanizmima.⁵⁹

⁵⁸Millstein, Roberta L i Skipper Jr., Robert A. „Thinking about Evolutionary Mechanism: Natural Selection“ str. 335

⁵⁹Millstein, Roberta L i Skipper Jr., Robert A. „Thinking about Evolutionary Mechanism: Natural Selection“ str. 335

Sistemske mehanizmi

Sistemske mehanizmi su druga vrsta promatranja putem čega se objašnjava ideja je li prirodna selekcija zapravo mehanizam. U nastavku ćemo vidjeti argumente koje iznose Skipper i Millsteinte koji tvrde da se prirodna selekcija ne može objasniti ni putem sistemskih mehanizama.

Problem organizacije

Ovaj argument počinje od toga da možemo ustvrditi kako su mehanizmi organizirani na način da su sastavljeni od raznih elemenata i to da su ti elementi strukturirani na određen način.

Prvo pitanje koje možemo postaviti jest možemo li uopće smatrati prirodnu selekciju nekakvim sistemom? Ukoliko zadržimo Glennanovo objašnjenje, možemo tvrditi da su mehanizmi kompleksni sistemi koji se mogu odrediti prema dijelovima tog mehanizma, a ti dijelovi imaju međusobnu interakciju na stabilan način kako bi proizveli određeno ponašanje.⁶⁰

No, pitanje je možemo li okarakterizirati prirodnu selekciju na takav način? Ima li uopće nekoga smisla prirodnu selekciju rastaviti na određene dijelove?

Iako bi odgovor bio potvrđan, ostaje nam pitanje koji bi to dijelovi bili? Je li okoliš jedan dio ili ga možemo smatrati kao više manjih dijelova? Jesu li dijelovi određene osobine, određeni organizmi ili nešto treće? Čini se da je vrlo teško odrediti što bi bili dijelovi mehanizma kada dođe do prirodne selekcije.

Čak i kada bismo uspjeli odrediti što su dijelovi, pitanje je bi li nam to pomoglo u definiranju prirodne selekcije kao mehanizma.

Uzmimo primjer da je okoliš jedan od dijelova. Pretpostavimo da okoliš ima stabilna svojstva koja su ključni dio Glennanove definicije. Pitanje ostaje je li okoliš kao cjelina jedan dio ili je on zapravo puno manjih dijelova. Možemo uzeti da je samo vrijeme jedan dio, voda

⁶⁰Millstein, Roberta L i Skipper Jr., Robert A. „Thinking about Evolutionary Mechanism: Natural Selection“ str. 336

da je drugi dio. Nekako se čini da nam ostaje previše problema kada pokušamo definirati što su dijelovi u okolišu. To je ogroman problem, pogotovo kada sagledamo ideju da je okoliš jedan golem i raznolik entitet.

Druga mogućnost je uzeti populaciju kao dio mehanizma prirodne selekcije. No, problem je što populacije same po sebi nemaju stabilna svojstva. Čak i ponašanje za prirodnu selekciju znači da mijenja određena svojstva u populaciji. No, ovdje nailazimo na još jedan problem, a to je da ukoliko koristimo populaciju za objašnjenje mehanizma prirodne selekcije, imamo problem što nam populacija služi kako bismo objasnili promjene u populaciji. Naime, prema Glennanu prvo moramo objasniti što mehanizam radi kako bismo mogli objasniti unutrašnje komponente mehanizma.⁶¹ Tu nailazimo na poteškoće jer se čini problematičnim tvrditi da je populacija istovremeno unutrašnja komponenta mehanizma, kao i produkt mehanizma.

Kao što se vidi iz priloženog, vrlo je teško reći što su dijelovi mehanizma prirodne selekcije kada se uzme Glennanova definicija. Drugi način je prijedlog MDC-a. Oni su jasniji u definiranju elemenata mehanizma. Za njih su elementi mehanizma određeni entiteti i aktivnosti koje ti entiteti obavljaju. Drugim riječima, entiteti obavljaju aktivnosti koje uzrokuju neku promjenu.⁶²

Kako bi se to objasnilo u praksi? Uzmimo kao primjer Zebe. Zebe bi bile entiteti koji obavljaju neku aktivnost (hranjenje, razmnožavanje). Njihove aktivnosti također proizvode neku promjenu. Naime, može se reći da to što se hrane povećava njihovu sposobnost razmnožavanja.

Problem dolazi kada vidimo da MDC također pretpostavlja da su aktivnosti organizirane na takav način da one proizvode stalne promjene.⁶³ To nam daje ideju da su elementi mehanizma strukturirani na određen način.

Ono što se također vidi u MDC prijedlogu jest da entiteti moraju biti locirani, strukturirani i orijentirani, dok aktivnosti kojima se bave moraju imati vremenski redosljed, određenu brzinu i određeno trajanje.⁶⁴

⁶¹Glennan, Stuart „Mechanism And The Nature Of Causation“ str 61.

⁶²Millstein, Roberta L i Skipper Jr., Robert A. „Thinking about Evolutionary Mechanism: Natural Selection“ str. 337

⁶³Millstein, Roberta L i Skipper Jr., Robert A. „Thinking about Evolutionary Mechanism: Natural Selection“ str. 337

Glennan nam daje sličnu tvrdnju, iako nešto slabiju. Prema Glennanu, mehanizmi se sastoje od relativno stabilne konfiguracije dijelova koji omogućuju robusna ponašanja koja se mogu izraziti u nepromjenjivim generalizacijama⁶⁵

Čini se da nijedna od ovih definicija koje objašnjavaju organizaciju mehanizama ne zahvaća prirodnu selekciju. Uzmimo primjer kaktusne zebe (*Geospiza conirostris*). U geografskoj regiji gdje one žive jedne godine je bio dominantan mužjak koji je pjevao pjesmu A, dok je sljedeće godine isto mjesto bilo zauzeto od mužjaka koji je pjevao pjesmu B. To znači da organizmi ne moraju biti nađeni ni na jednoj specifičnoj lokaciji.

Također, bilo je opaženo da su jedne godine mužjaci pjesme A većinom se hranili na cvjetovima kaktusa, dok su se mužjaci pjesme B hranili na listovima kaktusa, sljedeće godine opaženo je da se jednak broj mužjaka A i B hranio na cvjetovima. Iz toga možemo zaključiti da se dogodila promjena u strukturi i orijentaciji.

Osim toga, ženke zebe mogu odjednom ili ležati na jajima i vršiti inkubaciju ili mogu hraniti mlade ptice, ali ne mogu to raditi istovremeno. Ono što se opazilo jest da se rješenje tog konflikta razlikovalo od godine do godine. To nam pokazuje da aktivnosti organizma nemaju nikakav vremenski redoslijed.

Kod ženki je još otkriveno da je brzina kojom se gnijezdo napravi i jaja izlegnu jako varirala iz godine u godinu. Nekad je bila brža, a nekad sporija. Ovdje možemo vidjeti da je brzina kojom organizmi obavljaju aktivnosti nije određena.

Što se tiče trajanja aktivnosti, ni to nije bilo određeno nekim pravilom već jako ovisi o tome koliko je dug život određene ptice.

Iz ovoga prikaza može se vidjeti da ni Glennanov, ni MDC-ov prikaz ne daju dobro objašnjenje organizacije mehanizma. Problem je u tome da čak i ako se nekako može naći razlog zašto njihovi prikazi funkcioniraju na ovom primjeru, nemamo razloga za vjerovanje da će oni tako funkcionirati i na drugim primjerima. Neki organizmi se hrane drugačije, neki se drukčije razmnožavaju, neki se gnijezde na drugačiji način. Jednostavno se čini da mi koristeći Glennanov i MDC-ov primjer ne možemo napraviti neku generalnu teoriju o organizaciji prirodne selekcije.

⁶⁴Millstein, Roberta L i Skipper Jr., Robert A. „Thinking about Evolutionary Mechanism: Natural Selection“ str. 337-338

⁶⁵Millstein, Roberta L i Skipper Jr., Robert A. „Thinking about Evolutionary Mechanism: Natural Selection“ str. 338

Problem produktivni kontinuiteta

U ovome ćemo dijelu razmotrit pitanje objašnjava li teorija mehanizama kako su je prikazali Glennan i MDC produktivni kontinuitet ili produktivnu promjenu između faza prirodne selekcije.

Glennan objašnjava produktivni kontinuitet u mehanizmima koristeći interakcije. Skipper i Millstein smatraju da ovakvo objašnjenje ne zahvaća produktivni kontinuitet u prirodnoj selekciji. Za Glennana je interakcija određena prilika u kojoj promjena svojstva u jednom dijelu dovodi do promjene svojstva u drugom dijelu.⁶⁶

Na prvi pogled, ovo odgovara slici prirodne selekcije kakva je predstavljena od strane Skippera i Millsteina. Problem nastaje kada uzmemo interakciju s okolišem. Naime, mi na taj način ne možemo objasniti utjecaj okoliša na određenu vrstu. Drugim riječima, ako pretpostavimo da promjene u okolišu direktno utječu na promjenu unutar određene vrste zbog neke interakcije, zašto se onda događaju promjene u organizmu ukoliko nema promjena u okolišu?⁶⁷ Ovakvo pitanje je od velikog značaja jer kad promatramo kakve su se adaptacije dogodile nekoj vrsti, promatramo to u sklopu promjena u okolišu.

Glennanovo objašnjenje ne zahvaća problem prirodne selekcije jer on jednostavno ne uzima u obzir dinamiku koja se javlja u prirodnoj selekciji pogotovo kada mi uzmemo utjecaj okoliša kao jedan od važnih dijelova.

Na ovaj problem možemo pokušati odgovoriti koristeći definiciju mehanizama koju su dali Machamer, Darden i Carver.⁶⁸ Oni pretpostavljaju da su aktivnosti u mehanizmu oni koji uzrokuju promjenu. To bi značilo da možemo promatrati svaku populaciju zasebno kako bismo otkrili koji mehanizam omogućava njezinu promjenu, što bi značilo da čak i ako postoji razlika unutar vrste, to ne predstavlja problem za mehanizme.

No, je li takva tvrdnja opravdana? Uzmimo primjer moljaca i primijenimo ga na shemu koju smo predstavili gore:

⁶⁶Millstein, Roberta L i Skipper Jr., Robert A. „Thinking about Evolutionary Mechanism: Natural Selection“ str. 339

⁶⁷Millstein, Roberta L i Skipper Jr., Robert A. „Thinking about Evolutionary Mechanism: Natural Selection“ str. 340

⁶⁸Mehanizmi su entiteti i aktivnosti organizirane na način da su produktivne za redovite promjene od početka ili uspostavljene prema uvjetima završetka ili prekida.

„Na Slici 1 sheme prirodne selekcije, početni uvjeti sastoje se od populacije moljaca O, koji variraju bojom (tamnom ili svijetlom) T, u okolišu E, gdje je veća prevaga tamnih pozadina u odnosu na svijetle, gdje je kritični čimbenik F predator koji ima poteškoće u zapažanju moljaca kada se nalaze nasuprot slično obojanih pozadina. Kritični čimbenik i obojanost moljaca utječu na način uzajamnog djelovanja moljaca s njihovim okolišem jer su tamniji moljci kamuflirani naspram prevladavajućih tamnih pozadina, čime je moljcima olakšano izbjegavanje grabljivih ptica u letu te povećanje njihovih šansi za preživljavanjem. Međutim, dok možemo odrediti relevantne organizme, moljce, kao entitete, ne možemo odrediti relevantno djelovanje. Kamufliranost na način koji iskazuju moljci nije djelovanje. Ustvari, mnogi obrambeni mehanizmi odabira pasivni su na taj način. Bivanje otrovnim, ili posjedovanje zaštitne koloracije, drugi su primjeri pasivnih svojstava koja unatoč svemu ključno utječu na selektivnu interakciju. Stoga, ne možemo odrediti djelovanje u slučaju brezove grbice (engl.: *peppered moth*; op.aut.), kao što bismo mogli u slučaju zeba (engl.: *finch*; op.aut.).“⁶⁹

Kao što vidimo, problem nastaje jer mi ne možemo identificirati aktivnosti. Možemo li reći da je nešto aktivnost čak i kada je aktivnost zapravo pasivna? Također, vidimo ovdje i problem s pasivnim organizmima. Je li njihova pasivnost mogući uzrok za prirodnu selekciju?

S druge strane, možemo tvrditi da su u ovome slučaju organizmi koji su vršili aktivnost zapravo bili grabežljivci, dok su moljci bili pasivni. Problem je u tome što se ovo čini previše arbitrarnim. Možemo li sa sigurnošću reći koji je organizam ovdje pasivan? Jako je puno defenzivnih mehanizama pasivno, ali to ne vrijedi za sve. Prema ovoj teoriji, ne možemo reći koji je aktivni organizam u okolišu.

Problem regularnosti

Kako objasniti problem regularnosti u sklopu prirodne selekcije koristeći Glennanovo i MDC-ovo objašnjenje? Glennan daje objašnjenje da su za njega pravilnosti direktne, nepromjenjive generalizacije koje se odnose na promjene. Drugim riječima, kad on govori o robusnosti mehanizma, on govori o nepromjenjivim generalizacijama.

⁶⁹Millenstein, Roberta L i Skipper Jr., Robert A. „Thinking about Evolutionary Mechanism: Natural Selection“ str. 340-341

Zanimljivo je da Skipper i Millstein smatraju ovo dobrim smjerom za daljnje istraživanje regularnosti u mehanizmima jer ono može otvoriti put prema nekakvoj generalizaciji koja može obuhvatiti kauzalne pravilnosti među fazama prirodne selekcije. U biti, smatraju da se ovim smjerom otvara put prema stohastičkim mehanizmima koji prema njima mogu objasniti prirodnu selekciju.

Preostaje, što s MDC-om? Uzmimo sljedeći primjer kako bismo pokušali dati odgovor na to pitanje:

„Zamislimo skup od stotinu populacija zeba, svaka sa istom veličinom populacije, sa istom raspodjelom dužina kljuna, te sve smještene u istom okolišu. Zebe puštamo u obavljanju njihovih reproduktivnih djelatnosti i svih onih vezanih uz opstanak. U ovom misaonom pokusu ne bismo očekivali istu raspodjelu dužina kljuna kod svake od stotinu populacija. Kod nekih populacija dulji kljunovi mogu prevladavati, kod drugih, kraći kljunovi mogu prevladavati, dok kod nekih populacija raspodjela može biti približno jednaka. Iz toga proizlazi da, zebe koje su najsposobnije ne moraju imati najveću zastupljenost u narednim generacijama, što zbog hirovitih pojava bolesti, predatora, nedostataka uspjeha u pronalaženju hrane, ili jednostavno zbog bivanja na krivom mjestu u krivo vrijeme.“⁷⁰

No problem za MDC je u tome što to ipak nije onakva pravilnost kakvu oni žele. Naime, za njih je regularnost u mehanizmima slučaj kad mehanizmi uvijek rade ili u većini slučajeva na isti način pod istim uvjetima. Teško je zamisliti da su ovako nešto oni imali na umu kada su definirali mehanizme.

Iz primjera možemo vidjeti da, iako se čini da prirodna selekcija ima određenu pravilnost, ona nije toliko čvrsta. Naime, mi možemo pretpostaviti da čak i ukoliko se događa razlika u kljunu među zebama, zebe koje imaju najbolji *fitness*, t.j. one koje imaju kljun koji omogućava najlakši i najbolji dolazak do sjemena kojim se hrane. To bi značilo da ipak postoji nekakva regularnost kod prirodne selekcije.

Problem u ovom slučaju jest to što čak i ustvrdivši da prirodna selekcija ima nekakvu pravilnost, ne možemo tvrditi da je to ikakva obrana mehanizma. Mi ne možemo identificirati kakvi mehanizmi djeluju na prirodnu selekciju, a time ni je li ta pravilnost koja se opaža zapravo produkt mehanizma.

⁷⁰Millenstein, Roberta L i Skipper Jr., Robert A. „Thinking about Evolutionary Mechanism: Natural Selection“ str. 340-341

No, Millenstein i Skipper priznaju mogućnost da se prirodna selekcija može objasniti pomoću mehanizama, ali mehanizama koji se temelje na vjerojatnostima t.j. stohastičkim mehanizmima (*stochastic mechanism*). O njima će biti više riječi u dijelu o optimistima u pogledu prirodne selekcije.

Može se zaključiti da su Skipper i Millstein pokušali pokazati sljedeće: prema Glennanovom i MDC-ovoj se trenutnoj koncepciji mehanizama prirodna selekcija ne može nazvati mehanizmom. Kao što proizlazi, oni nude vrlo jak argument, ali ono što su pokazali nije da prirodna selekcija nije mehanizam, već da trenutne dominantne teorije mehanizama nisu dovoljno dobre kako bi objasnile prirodnu selekciju kao mehanizam. Također, načelno možemo reći da sistemski mehanizmi nisu dobar način za objašnjenje prirodne selekcije.

Njihov prijedlog jest da je prirodna selekcija zapravo probabilistički mehanizam i da se ona može objasniti koristeći stohastičke mehanizme.

3.2 Optimisti

Optimisti su, glede mehanizama u prirodnoj selekciji, oni autori koji vjeruju da prirodna selekcija jest mehanizam ili da se ona može objasniti kroz upotrebu mehanističke teorije. Ta će pozicija biti predstavljena kroz članak D. Benjamin Barrosa „Natural Selection as mechanism“.

Barros je zagovornik ideje da se prirodna selekcija može gledati kao mehanizam, ali ne u smislu Glennana, ni MDC već kao stohašistički mehanizam.

U svome članku Barros argumentira da je prirodna selekcija zapravo dvorazinski, višestupanjskistohatički mehanizam koji objašnjava fenomen adaptacije. Ona je dvorazinska jer se ne može objasniti koristeći populaciju ili individualnu razinu samu po sebi, već se mora koristiti oba.

Barros svoj argument započinje objašnjenjem što su stohatički mehanizmi, te nastavlja objašnjenjem zašto su oni bitni za prirodnu selekciju. On u svome radu također objašnjava zašto je prirodna selekcije mehanizam na više razina.

U nastavku će se rekonstruirati detaljno rekonstruirati argument kojeg Barros daje, sa ciljem da bismo vidjeli da li taj argument može poslužiti kao obrana ideje da je prirodna selekcija mehanizam.

3.2.1 Stohastički mehanizmi

Stohastički mehanizmi su mehanizmi koji u sebi sadrže određenu vjerojatnost da će doći do određenog rezultata, ali to nije sigurno. Naime, stohastički mehanizmi rade prema vjerojatnostima, te stoga njihov krajnji rezultat nije siguran.

„Mnogi mehanizmi, međutim, ponašaju se na načine koji nisu prikladno opisani *ceterisparibus* univerzalnim generalizacijama. Takvi mehanizmi mogu biti bolje opisani statističkim generalizacijama - generalizacijama koje predlažu da se mehanizam ponaša na određeni način samo sa određenom vjerojatnošću. Primjerice, znamo da spolni odnosi među

ljudima ne vode uvijek trudnoći, a kada vode, vjerojatnost dobivanja potomka jednog ili drugog spola otprilike je 50%. Za mehanizme ove vrste možemo reći da su stohastički.⁷¹

Drugim riječima, stohastički mehanizmi jesu oni koji se odvijaju na određeni način u sklopu određenih vjerojatnosti.

Znači li to da ova teorija pretpostavlja slučajnosti kao dio mehanizma? Kako bismo pojasnili kakvi se parametri uzimaju, zamislimo kocku, odnosno mehanizam koji tu kocku baca. Ukoliko je mehanizam ispravan, kocka će imati vjerojatnost 1/6 da padne na bilo koji broj, i s vremenom, kroz daljnje pokušaje, učestalost s kojom kocka pada na neki broj će se u najvećem broju slučajeva približiti 1/6. Iako ishod svakog pokušaja nije isti u svakoj prilici, ili barem u većini njih, možemo opaziti da distribucija ishoda ima svoju pravilnost.

Također možemo vidjeti da postoje dvije vrste stohastičkog mehanizma. Prvi su mehanizmi čija je vjerojatnost ishoda veća od 50% - za predviđanja takvih mehanizma možemo koristiti termine poput „vjerojatno“ ili „izgledno je da...“⁷² Takve stohastičke mehanizme nazivamo *pristrani stohastički mehanizmi* (eng. *Biased stochastic mechanism*)

Drugi su mehanizmi čija je vjerojatnost njihova ishoda manja od 50% - za predviđanja takvih mehanizama koristimo termine poput „moguće je“.⁷³ Takve stohastičke mehanizme nazivamo *nepristrani stohastički mehanizmi* (eng. *unbiased stochastic mechanism*).

U nastavku ćemo pobliže objasniti funkciju svakog od njih.

Nepristrani stohastički mehanizmi

Uzmimo bilo koji mehanizam vezan uz neurotransmitere t.j. slučajve u kojima mehanizam neurotransmitera inicira električnu aktivnost u postsinaptičkim neuronima.

Za svaki od slučajeva u kojima se takva operacija događa vjerojatnost da će se dogoditi pokretanje električne aktivnosti je manja od 50%. Neurotransmitera imamo u dovoljnom broju tako da čak i ako te operacije u većini slučajeva zakažu, one koje su se pokrenule su u dovoljno velikom broju i one omogućuju rad živčanog sustava.

⁷¹Glennan, Stuart, „New Mechanical Philosophy“ str. 133

⁷²Barros, D. Benjamin, „Natural Selection as Mechanism“ str. 311

⁷³Barros, D. Benjamin, „Natural Selection as Mechanism“ str. 311

Čak i ako znamo da će većina neurotransmitera zakazati, jednostavno ne možemo odrediti koji od njih će raditi, a koji ne. Glede prirodne selekcije, problem nastaje kad promatramo određenu adaptaciju, pretpostavljamo da mora postojati neki mehanizam putem kojeg možemo identificirati točno kako se ta adaptacija razvila. Ova vrsta mehanizma nam jednostavno ne daje tu mogućnost.

Pristrani stohastički mehanizmi

Prirodna selekcija se odvija kad određena osobina daje individualnom organizmu prednost nad ostalim individuama koje ne posjeduju tu osobinu. Moguće je promatrati dalje od početnih uvjeta i na temelju toga predvidjeti vjerojatnost da će ta određena osobina koja daje prednost eventualno postati raširena kroz populaciju. Naravno, ovo je samo vjerojatnost i stoga ne mora biti sigurno da će se tako dogoditi.

Ovo je primjer probabilističke teorije i ne mora se uopće dogoditi, pogotovo kad vidimo da postoji mogućnost da se jedinke koje posjeduju tu osobinu jednostavno ne uspiju razmnožiti, i to zbog razloga koji nemaju veze s koristima koje donosi ta osobina.

Deterministički mehanizmi

Ova vrsta mehanizma, iako tehnički ne spada u stohastičke mehanizme, je ovdje navedena iz razloga što se često smatra da, ukoliko ne možemo navesti pojedine determinističke mehanizme, napose glede prirodne selekcije, naša teza jednostavno nije zadovoljavajuća.

Deterministički mehanizmi jesu oni čija predviđanja možemo odrediti sa sigurnošću. Primjer za to je rad srca. Dokle god mehanizam radi ispravno, možemo sa sigurnošću tvrditi što će se dogoditi, t.j. srce će pumpati krv.

Naravno, uvijek postoji mogućnost da dođe do problema u sistemu ili da sistem zakaže. To naravno, nije pogubno za teoriju, nego samo zahtijeva uvjet „ukoliko mehanizam radi ispravno“. U determinističkom mehanizmu nefunkcionalnost (zakazanje) mehanizma ne povlači da teorija nije dobra. Ovdje je slučaj da, ukoliko su svi uvjeti, mehanizam mora raditi.

Razlika između determinističkog mehanizma i stohastičkih mehanizama jest u tome što u determinističkom mehanizmu, ako je on ispravan, ishod je siguran ,dok u stohastičkim mehanizmima ishod nije siguran čak ni uz potpunu ispravnost mehanizma.

Pitanje koje možemo odmah postaviti jest: je li moguće tvrditi da je deterministički mehanizam dobro objašnjenje za teoriju mehanizma?

Čini da nije, jer, prirodnu selekciju ne možemo gledati kao na unificirani proces gdje su ishodi uvijek pouzdani. Kao što smo naveli ranije, kada promatramo primjer zeba vidimo da je čak i pod istim uvjetima moguć različit ishod. Stoga možemo zaključiti da deterministički mehanizmi nisu dobar primjer za objašnjenje prirodne selekcije.

3.2.2 Prirodna selekcija kao mehanizam

Prirodnu selekciju možemo definirati kao mehanizam koji objašnjava adaptaciju. Adaptacija se može odrediti kao fenomen u kojemu organizmi imaju tendenciju posjedovanja određenih osobina koje im omogućavaju adekvatnu prilagodbu njihovom prirodnom staništu.

Mehanizam prirodne selekcije funkcionira na način da nasljedne osobine, koje omogućavaju povećanje vjerojatnosti preživljavanja i razmnožavanja vrste, eventualno prošire među širom populacijom. Jedinka koja ima ovu osobinu ima veću mogućnost za preživljavanje kao i za razmnožavanje nego jedinka koja nema tu osobinu. Rezultat je vjerojatnost da će se takva osobina pojavljivati više u sljedećim generacijama, jer, kao što smo bili rekli, takva jedinka ima veću šansu za razmnožavanje odnosno za prenošenje nasljednih karakteristika svojim potomcima.⁷⁴

Prirodna selekcija na jedinkama

Kako bismo dalje objasnili kakva je poveznica između prirodne selekcije i mehanizma, uzmimo primjer o adaptaciji puževa vrste *Littorina Obtusata*. Naime, ta vrsta živi u vodama sjeverne Nove Engleske, a 1874. je godine imala dominantno visoko-tuljčane kućice (eng. *high spired shell*), dok je do 1984. godine došlo do toga da su dominantni

⁷⁴Barros, D. Benjamin, „Natural Selection as Mechanism“ str. 311.

puževi koji su imali nisko-tuljčane kućice (eng. *low spired shell*). Također je bitno i za napomenuti da se od 1900. godine u tim vodama počeo pojavljivati *Carcinus maenas*, rak čiji su plijen ti puževi.

„Iako školjka niskog tuljca većinski prevladava unutar raspona *L. obtusata*, jedinke sa školjkama visokih tuljaca mogu se još uvijek naći u vodama gdje je *C. maenas* rijetka. Genetska ispitivanja pokazala su da su živući visoko i nisko-tuljčani pužići vrlo slični po učestalosti alela (Nei's D p 0.003), ukazujući da su bili od iste vrste. Dostupnost obiju jedinki, pužića s niskim i visokim tuljcima, omogućila je Seeleyju da se upusti u niz laboratorijskih i terenskih istraživanja koje su pokazale da su školjke visokih tuljaca vrste *L. obtusata* ranjivije na grabežljivost *C. maenas* od onih s niskim tuljcima. U terenskim istraživanjima, parovi visoko i nisko-tuljčanih pužića bili su vezani za alge. U područjima gdje je *C. maenas* bila uobičajena, stopa preživljavanja pužića s niskim tuljcima iznosila je 57%, u usporedbi sa svega 14% za one s visokim tuljcima. U područjima gdje je *C. maenas* bila rijetka, stopa preživljavanja za oba tipa pužića iznosila je 100%. U laboratorijskim ispitivanjima, rakovima je dan pužić niskog i visokog tuljca; "svega 12% pužića s niskim tuljcima ali 100% pužića s visokim tuljcima uspješno je napadnuto od *C. meaeana*. *C. maenas* napadaju *L. obtusata* koristeći svoje kandže kako bi slomili školjku pužića. Razlika u uspješnosti otpora pužića napadima i grabežljivosti rakova objašnjena je strukturom školjke.“⁷⁵

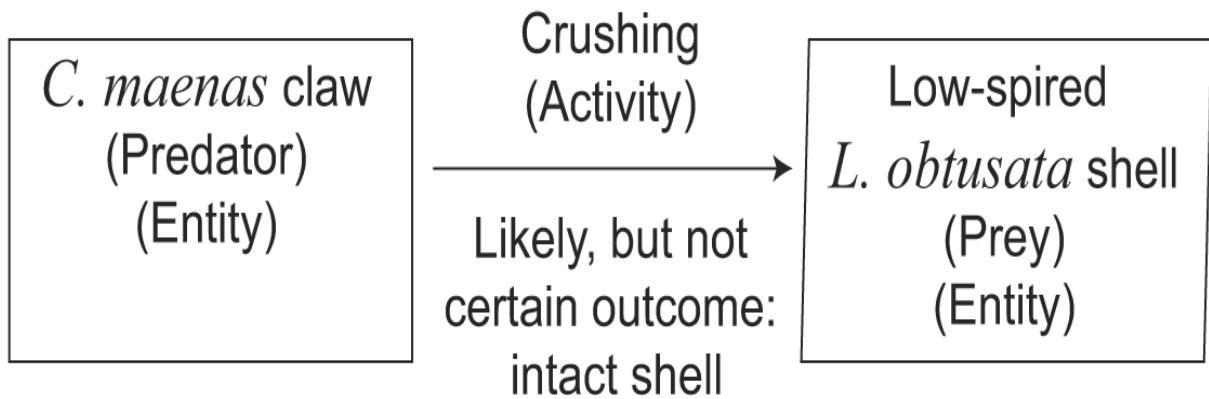
Kao što se vidi iz priloženoga, napade rakova t.j. grabežljivca možemo smatrati mehanizmom. Naime, kada se sagleda stanje, možemo vidjeti da situacija u kojoj rakovi love puževe jest vrsta mehanizma. Rakovi vrše aktivnost koja dovodi do promjene na organiziran način i mi to možemo vidjeti od početka do kraja.⁷⁶

Kako bismo pobliže sagledali situaciju uzmimo slučaj kad rakovi napadaju low-spired kućice:

⁷⁵Barros, D. Benjamin, „Natural Selection as Mechanism“ str. 314.

⁷⁶Ova aktivnost se može povezati s opisom mehanizama kakav su dali Machamer, Dardeni Carver

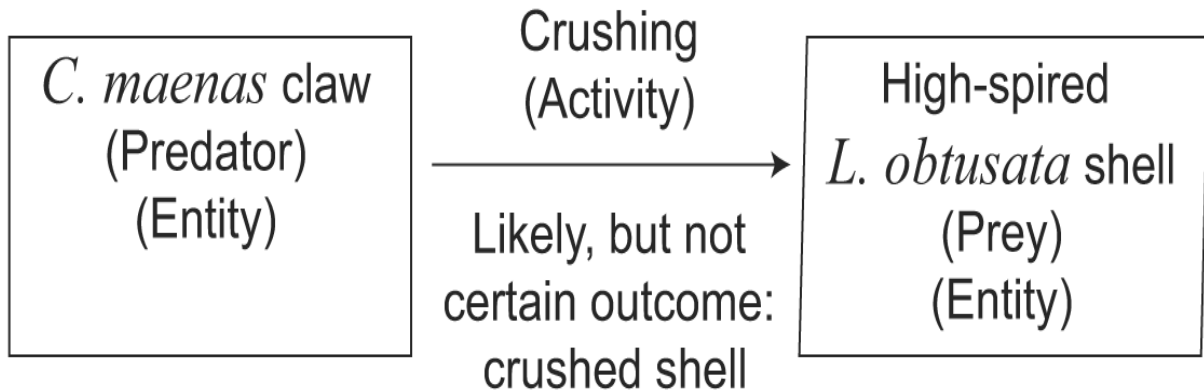
Shema 1.⁷⁷



Ovdje se može vidjeti da imamo slučaj u kojemu mehanizam rakova koji napadaju kućice ne funkcionira, nije uspješan. Kao što smo prije spomenuli, napad rakova možemo sagledavati kao određeni mehanizam, no budući da su nisko-tuljčane kućice relativno otporne na napad rakova, taj mehanizam ne može izvršiti svoju funkciju.

Sagledajmo sada slučaj kada imamo visoko-tuljčane kućice:

Shema 2⁷⁸



U ovom slučaju vidimo da mehanizam kojega smo prije opisali ima veću uspješnost. To ne znači da je ovaj mehanizam uspješan u svakom slučaju jer se često događa to da rakovi ne uspiju uhvatiti plijen. Ono što se može reći jest da je vjerojatno da će mehanizam funkcionirati, ali nije sigurno.

Također je bitno za napomenuti kako se ovaj primjer raka koji lovi puža može okarakterizirati i putem stohastičkih mehanizama. Slučaj kad rak lovi puža koji ima visoko

⁷⁷Slika preuzeta iz: Barros, D. Benjamin, „Natural Selection as Mechanism“ str. 315

⁷⁸Slika preuzeta iz: Barros, D. Benjamin, „Natural Selection as Mechanism“ str. 315

tuljčanu kućicu možemo nazvati pristrani stohastički mehanizam t.j. možemo vidjeti da je šansa da rak ulovi puža veća od 50%.

U slučaju nisko tuljčanih puževa možemo reći da je to nepristrani stohastički mehanizam t.j. šansa da rak ulovi puža je manja od 50%.

Ono što se može zaključiti iz ovog primjera jest to da se populacija puževa koji imaju nisko tuljčanu kućicu povećala jer njihova adaptacija omogućava lakše preživljavanje te razmnožavanje. Kao što smo već rekli, sama prirodna selekcija funkcionira na način da se osobine koje su korisne za preživljavanje vrste prenose na sljedeće generacije.

Iznimno je lako razumjeti zašto se povećala situacija puževa koji imaju nisko tuljčanu kućicu. No, pitanje je kako se to može primijeniti na širu situaciju odnosno kako se cijeli razvoj osobine koja štiti od rakova proširila na cijelu vrstu? Može li se ta ideja primijeniti na teoriju mehanizma ili ona staje kada se dođe do ideje populacije?

Nadalje, koliko je vremena potrebno kako bi se takva pozitivna osobina proširila na cijelu vrstu? Događa li se to uvijek u istom vremenskom razdoblju ili je to vrlo brza adaptacija koja se događa kroz jednu generaciju?

U svakom slučaju, da bismo objasnili kako prirodna selekcija funkcionira moramo se zapitati može li prirodna selekcija kao mehanizam objasniti kad se primijeni na cijelu populaciju.

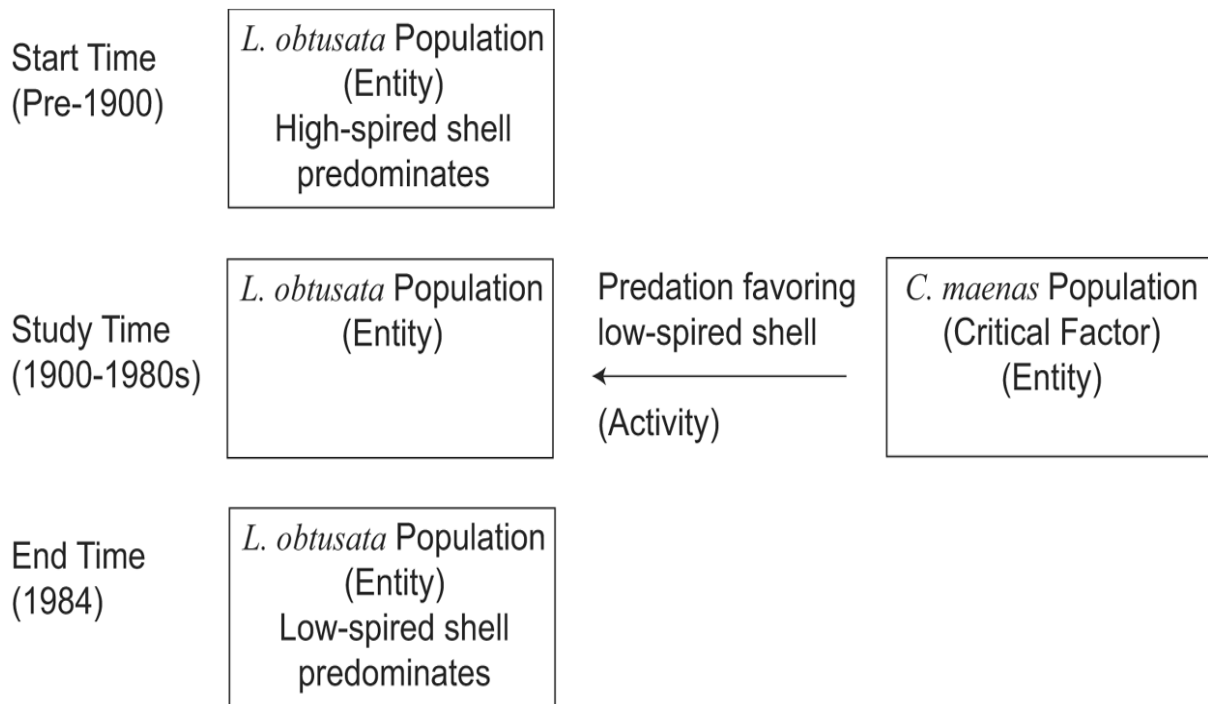
Prirodna selekcija na populaciji

Populaciju možemo definirati kao grupu organizama koji žive u više-manje određenoj regiji i prikazuju reproduktivan kontinuitet iz generacije u generaciju.⁷⁹

Sagledajmo sada prikaz kako se razvika adaptacija u populaciji puževa dogodio tokom vremena:

⁷⁹Barros, D. Benjamin, „Natural Selection as Mechanism“ str. 316

Shema 3.⁸⁰



Ovaj nam primjer prikazuje razvoj nisko tuljčanih kućica u populaciji *L. Obtusate*. Kao što vidimo, tijekom vremena se dogodila promjena u populaciji, naime dok su u početku bile visoko tuljčane kućice dominantne, nakon što smo uveli još grabežljivca kao kritičan faktor, dogodila se promjena u populaciji, i time je omogućena adaptacija.

Ovdje je bitno naglasiti da i skeptici i optimisti u pogledu mehanizama u prirodnoj selekciji imaju ideju da za adaptaciju mora postojati neki kritičan faktor koji je omogućio nastanak i širenje te adaptacije. Ne slažu se glede toga kakve su posljedice kritičnog faktora, odnosno jesu li one dio mehanizma ili ne?

U slučaju populacije je bitno da se uveo i koncept protoka vremena koji utječe na širenje adaptacije kroz populaciju. Shema 3 prikazuje da imamo početak i kraj t.j. početne i krajnje uvjete koji su opisani na početku i kraju studije. Ovdje vidimo da se širenje određene osobine događa tijekom vremena i kroz više generacija, međutim, to se opet može svesti na jedinice koje imaju bolje osobine, tj. one koje su tokom prirodne selekcije dobile osobine koje im omogućuju lakše i bolje preživljavanje, a time i veću sposobnost razmnožavanja.

⁸⁰Slika preuzeta iz: Barros, D. Benjamin, „Natural Selection as Mechanism“ str. 316

Kao prigovor bismo mogli istaknuti mogućnost da jedna generacija zbog nekog razloga zakaže te je lako moguće da se u toj generaciji smanji broj jedinki koje imaju tu određenu korisnu osobinu, stoga nije tako da prirodna selekcija uvijek favorizira one jedinke s određenom osobinom.

Odgovor na tu kritiku bi bio da, iako je točno da je moguće da se u jednoj generaciji smanji broj jedinki koje imaju tu određenu osobinu, prirodnu selekciju uzimamo kao probabilističku. Drugim riječima, čak i ako u jednoj generaciji broj jedinki koje imaju tu određenu osobinu smanji, vrlo je vjerojatno da dokle god postoji relativno dobra raširenost te osobine u populaciji i dokle god je ta osobina od koristi za preživljavanje, vrlo je izgledno da će se tijekom vremena ta osobina opet raširiti toliko da postane dominantna u populaciji.

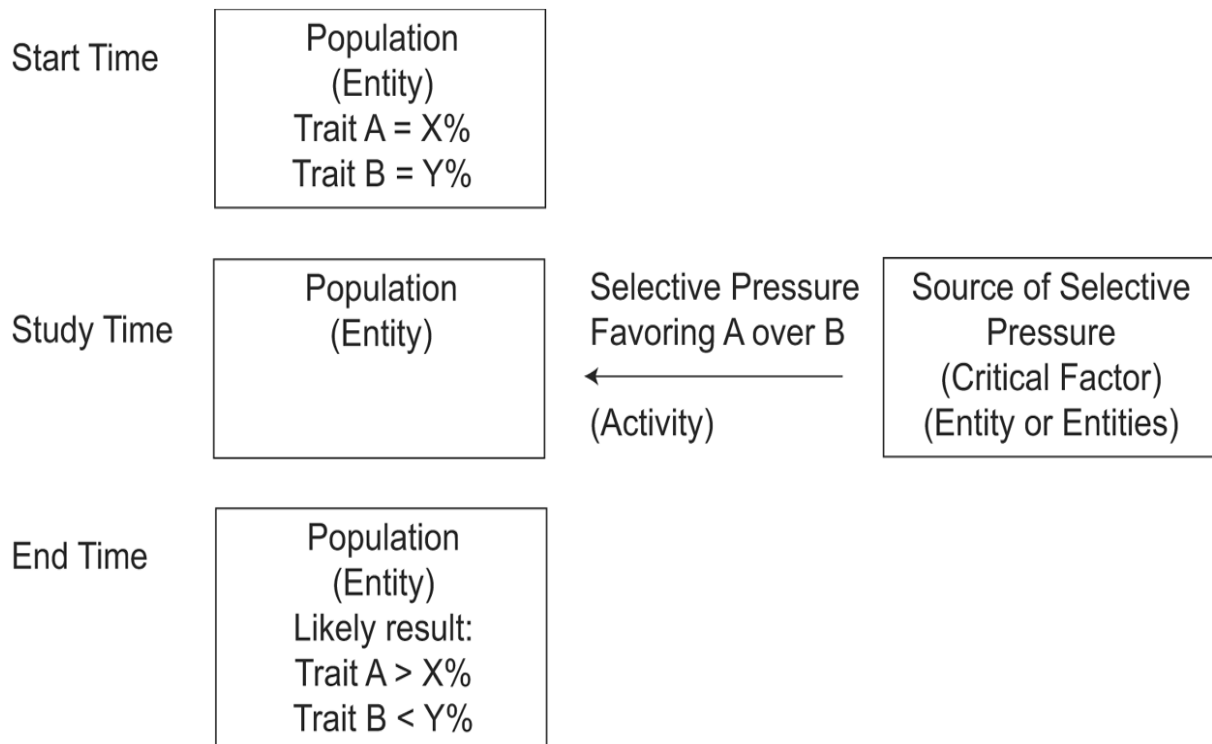
Već smo prije spomenuli problem kritičnog faktora i njegove definicije. U slučaju *L. Obtusatalako* je vidjeti da bi ovdje kritičan faktor zbog kojeg je adaptacija na *low-spined* kućice postala predominantna, bio grabežljivac rak *C. Maenas*. No, ovdje je također vrlo bitno za reći da grabežljivci ne moraju biti jedini kritični faktor za adaptaciju. Zapravo, često oni to i nisu.⁸¹

Kao kritičan faktor možemo uzeti mnogo razloga, čak i više njih odjednom, na primjer jake kiše ili promjenu u temperaturi. Obje stvari donose značajnu promjenu u okolišu, a kada se dogodi značajna promjena u okolišu možemo očekivati i promjene u organizmima koji žive u tom okolišu.

Dosada smo pokazali da se prirodna selekcija kao mehanizam može primijeniti na slučaj adaptacije puža *L. Obtusate*, ali moramo se zapitati može li se ovakva primjena generalizirati?

⁸¹Barros, D. Benjamin, „Natural Selection as Mechanism“ str. 317.

Shema 4.⁸²



Ova shema prikazuje prirodnu selekciju, ali na apstraktniji način. Vidimo da, ukoliko imamo određenu populaciju koja ima dvije osobine A i B, te ukoliko se pojavi kritičan faktor koji zbog određenog razloga daje prednost jedinkama koje imaju osobinu A, tijekom vremena će vjerojatno doći do toga da je u populaciji osobina A dominantna.

Iz navedenoga možemo zaključiti da je prirodna selekcija zapravo pristrani stohastički mehanizam. Kako možemo vidjeti na temelju ove sheme, moguće je na početku operacije zaključiti da je vrlo vjerojatno da će osobina A eventualno postati dominantna nad osobinom B.

U slučaju puževa *L. Obtusata* bilo je moguće predvidjeti na početku operacije da nisko tuljčane kućice predstavljaju prednost nad visoko tuljčane kućicama u slučaju kada je uveden kritičan faktor rak *C. Maenas*. Zato je bilo moguće pretpostaviti da će do kraja operacije biti vjerojatno da će nisko tuljčane kućice biti dominantne u populaciji. Važno je napomenuti da smo ovdje upotrijebili riječ „vjerojatno“ jer ne postoji nikakva sigurnost da će se to zaista dogoditi.

⁸²Slika preuzeta iz: Barros, D. Benjamin, „Natural Selection as Mechanism“ str. 318

Što nam sve to govori o prirodnoj selekciji? To nam govori da mi prirodnu selekciju možemo definirati na ovaj način:

„Prirodna selekcija stoga je dvorazinski, višestupanjski stohastički mehanizam koji objašnjava fenomen prilagodbe. Dvorazinski je stoga što fenomen prilagodbe ne može u potpunosti biti objašnjen korištenjem samo individualnih mehanizama ili mehanizama na razini populacije.”

Zašto se ovdje to tvrdi? Uzmimo kao primjer sheme 1 i 2. Iz njih proizlazi da ovaj mehanizam objašnjava zašto je jedna osobina bila bolja od druge, t.j. zašto su nisko tuljčane kućice bila bolja adaptacija nego što je to bio slučaj za visoko tuljčanim kućicama. Međutim, to ne objašnjava u potpunosti kako se dogodila promjena u dominantnim osobinama tijekom vremena.

S druge strane, objašnjenje u razvitku osobina u populaciji, kako je prikazano na shemama 3. i 4. ne objašnjava zašto je određena osobina dominantnija nad drugom. Kada promatramo populaciju možemo vidjeti da se dogodila promjena u dominantnim osobinama, ali ostaje pitanje zašto. Da bi se to objasnilo, moramo promatrati što se događa s jedinkama koje imaju tu osobinu koja je kasnije postala dominantna.

Kao što smo rekli, prirodna selekcija se može definirati kao stohastički mehanizam koji se izvodi na više razina. Izvodi se na više razina jer se odvija tijekom određenog vremena, a raširenost će se određene korisne osobine najvjerojatnije povećati kroz svaku daljnju generaciju.

Prirodna selekcija je i stohastički mehanizam jer ona radi na probablističkoj bazi, a ne na determinističkoj. Kad promatramo prirodnu selekciju, uvijek postoji mogućnost da se zbog nekog razloga naša predviđanja ne ostvare. To može biti zbog na pr. situacije u kojoj se jedinke koje imaju tu određenu osobinu ne uspiju razmnožiti zbog razloga koji nemaju veze s tom osobinom.

No, važno je za reći da čak i u slučaju da jedna generacija zakaže, ukoliko je ta određena osobina od koristi široj populaciji, ona će se vjerojatno svejedno proširiti kroz populaciju tijekom narednih generacija iz razloga što su organizmi koji posjeduju tu određenu osobinu više i bolje prilagođeni daljnjem preživljavanju u njihovom prirodnom okolišu.

3.2.3 Kritike prirodne selekcije kao mehanizma

Barrosova ideja da je prirodna selekcija stohastički mehanizam koji se izvodi na više razina je nedvojbeno vrlo zanimljiva. Ona objašnjava velike probleme koje su naveli Skipper i Millenstein u svome radu poput njihove zamjerke da se prirodna selekcija kao mehanizam ne može objasniti na individualnoj razini. Također Barros lijepo širi i primjenjuje ideju stohastičkih mehanizma na prirodnu selekciju.

Kad raščlanjujemo njegovu tezu, a time i ideju optimista u prirodnoj selekciji, intuitivno ne razmišljamo o tome kao o ideji koja se temelji na vjerojatnostima nego na nekom determinizmu. Intuitivna ideja mehanizama u prirodnoj selekciji se ne definira kao „postoji šansa da će se nešto dogoditi“, već kao uvjerenje da će se to dogoditi. Takva ideja ne mora biti u skladu s otkrićima koja se tiču biologije i prirodne selekcije, ali jednostavno imamo ideju da su mehanizmi uređen organiziran sustav koji uvijek daje isti rezultat ukoliko sustav radi ispravno. Mehanizam kao takav ima više determinističke karakteristike nego probabilističke.

Nadalje, kad analiziramo teoriju mehanizma, vidimo da je pravilnost potreba za definiciju mehanizama. Naime, kad definiramo mehanizme, uvijek ih definiramo kao određene sustave koji se ponašaju na isti način, i ukoliko rade ispravno, oni bi trebali davati iste ishode. Glennanova ideja mehanizama pretpostavlja kompleksnost sustava, ali ona također pretpostavlja da znamo ishod. Očekujemo da će mehanizam uvijek davati predviđeni ishod. To ne znači da se mehanizam ne može koristiti u biologiji. Primjeri poput fotosinteze koji su preuzeti iz biologije još dobro funkcioniraju u sklopu teorije mehanizama, ali se to ne može reći za prirodnu selekciju.

Treći problem koji se izravno tiče Barrosova prikaza je element kritičnog faktora. Kad se ideja kritičnog faktora sagleda, događaj koji se smatra kritičnim faktorom ima deterministički karakter. Naime, budući da pretpostavljamo da se takav događaj mora dogoditi, smatramo da se adaptacija mora dogoditi, no to nije slučaj. Već smo prije ustvrdili da se adaptacija ne mora dogoditi čak ni kada su svi prethodni uvjeti ispunjeni. Iz ovoga možemo nekako zaključiti da Barros tvrdi sljedeće: u slučaju situaciju kojoj imamo kritičan faktor, onda je ta situacija deterministička, dok su posljedice te situacije probabilističke, što zvuči u najmanju raju čudno.

Iako možemo reći da je Barrosov prijedlog kako objasniti prirodnu selekciju putem teorije mehanizama vrlo zanimljiv, jednostavno ne proizlazi da prirodnu selekciju možemo smatrati mehanizmom.

3.3 Kako objasniti prirodnu selekciju?

Sagledavši sve, ostaje nam pitanje kako objasniti prirodnu selekciju. S jedne strane, imamo ideju da zakoni ne postoje u biologiji stoga se ne možemo osvrnuti na njih. S druge, imamo problem kada analiziramomehanističko objašnjenje.

Kao što smo naveli, Skipper i Millstein daju odlične argumente zašto ne prihvatiti Glennanovu i MDC-ovu teoriju mehanizama zaobjašnjenje prirodne selekcije. Budući su to dominantne teorije, pitanje je što nam ostaje? Uvijek možemo reći da možemo prirodnu selekciju objasniti uz pomoć stohastičkih mehanizama. No, kao što smo vidjeli i ona sama po sebi ima problema.

Iako teorija mehanizama ima manjkavosti, ona je još uvijek najbolja prilika za, ako ništa, djelomično objašnjenje prirodne selekcije. Kao što smo vidjeli, Skipper i Millstein vide mogućnost da se prirodna selekcija objasni koristeći teoriju mehanizama, pogotovo stohastičku. Također možemo vidjeti iz njihova članka da, iako načelno skeptici, u neku su ruku i oni optimisti što se tiče teorije mehanizama kao sredstva za objašnjenje prirodne selekcije. Skipper i Millstein nam govore da trenutno nije moguće objasniti prirodnu selekciju putem mehanizama, ali to ne znači da to nikada neće biti moguće. Oni pozivaju na daljnje istraživanje teorije mehanizama. Drugim riječima, njihova zamjerka je više o tome kako točno definirati teoriju mehanizama nego što je argument protiv mehanizama.⁸³

Sagledavši šire kritike teorije mehanizma kao oruđa za definiranje prirodne selekcije, vidimo da one i nisu napad direktno na teoriju u smislu za odbacivanje iste, već ideja da su koncepti kakve su dali Glennan i Machamer, Darden i Carver jednostavno nedovoljni.⁸⁴

⁸³Matthews, Lucas J. „On closing gap between philosophical concepts and their usage in scientific practice: A lesson from the debate about natural selection as mechanism“ str. 23.

⁸⁴Matthews, Lucas J. „On closing gap between philosophical concepts and their usage in scientific practice: A lesson from the debate about natural selection as mechanism“ str. 25.

Znači li to kraj teorije mehanizama u smislu objašnjavanja prirodne selekcije? Možemo tvrditi da su dominantni koncepti mehanizama trenutno nedovoljni, ali i vidjeti da se stalno razvijaju nove teorije mehanizama kojima je cilj obuhvatiti prirodnu selekciju⁸⁵

Barros, s druge strane, daje jako zanimljiv argument za definiranje prirodne selekcije na njegov način, i to je jedan od koraka kako ići dalje. Stohastički argument, iako se ne čini najboljim na prvi pogled, dopušta nam lakše definiranje prirodne selekcije kao mehanizma.

⁸⁵Matthews, Lucas J. „On closing gap between philosophical concepts and their usage in scientific practice: A lesson from the debate about natural selection as mechanism“ str. 25.

Zaključak

Teorija mehanizama je vrlo zanimljiva teorija i u mnogočemu korisna za istraživanja u biologiji iako ima svoje nedostatke i manjkavosti. Glede prirodne selekcije, smatramo da ona jest mehanizam te se može objasniti korištenjem teorije mehanizama.

Ovakvo je shvaćanje problematično jer trenutne dominantne teorije mehanizama (Glennova teorija i teorija koju su predstavili Machamer, Carver i Darden) ne obuhvaća cijelu širinu koju prirodna selekcija ima. No, to ne znači da je cijela teorija mehanizma sama po sebi nedovoljna ili nedostatna.

Postoje novije teorije mehanizama, poput stohastičkih mehanizama koji uspijevaju objasniti prirodnu selekciju. Njima se mogu uputiti kritike, ali čak i skeptici glede ideje da je prirodna selekcija mehanizam, prihvaćaju ideju da postoji velika mogućnost da prirodna selekcija bude objašnjena putem stohastičkih mehanizama.

Teorija mehanizama je kao takva vrlo korisna i za širu biologiju: kroz nju se može objasniti velik broj stvari, bez nužnog pozivanja na ikakve zakone. Ona, osim toga, može imati i širu primjenu u znanosti gdje može pomoći u objašnjavanju raznih drugih problema, jer zbog svoga inzistiranja da se traže dijelovi mehanizama, ima mogućnost više fenomena objasniti kroz svoje manje dijelove koje imaju.

Naposljetku, smatramo da će teorija mehanizama biti ključna teorija u daljnjem istraživanju prirodne selekcije i da će kroz narednih nekoliko godina ona biti više prihvaćena u znanstvenoj zajednici kao iznimno koristan alat za davanje objašnjenja.

Literatura

1. Andersen, Holly, „Mechanisms, Laws, and Regularities“ Philosophy of Science, Vol. 78, br.2, 2011
2. Barros, D. Benjamin, „Natural Selection as Mechanism“, Philosophy of Science, Vol 75, br.3, University of Chicago Press, 2008
3. Glennan, Stuart, „Mechanism“ Psylos Routlege Companion to Philosophy of Science, Routlege, 2008
4. Glennan, Stuart, „Mechanism And The Nature Of Causation"Erkenntnis Vol. 44, br.1, 1996
5. Glennan, Stuart, „New Mechanical Philosophy“, Oxford University Press, 2017
6. Glennan, Stuart, „Rethinking mechanistic explanation“, Philosophy of Science, Vol. 69, br. 3, University of Chicago Press, 2002
7. Lange, Marc, „Laws of Nature“, Psylos Routlege Companion to Philosophy of Science, Routlege, 2008
8. Leuridan, Bert; „Can Mechanisms Really Replace Laws of Nature?“Philosophy of Science, Vol. 77, br. 3, University of Chicago Press, 2010
9. Machamer Peter, Darden Lindley i Carver Carl "Thinking About Mechanism",Philosophy of Science, Vol. 67, br. 1., University of Chicago Press, 2000
10. Matthews, Lucas J.,“On closing the gap between philosophical concepts and their usage in scientific practice: A lesson from the debate about natural selection as mechanism“Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences, Vol. 55, www.elsevier.com , 2005
11. Millstein, Roberta L i Skipper Jr., Robert A. „Thinking about evolutionary mechanism: natural selection“,Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences, Vol. 55 www.elsevier.com, 2016
12. Penić, Branimira, „Kako radi srce“ , Znanost, 2013
URL = <http://znanost.geek.hr/clanak/kako-radi-srce/>
13. Portides, Demetris, „Models“ Psylos Routlege Companion to Philosophy of Science, Routlege, 2008
14. Rosenberg, Alexander, „Biology“ Psylos Routlege Companion to Philosophy of Science, Routlege, 2008
15. Smith, Peter Godfrey, „Philosophy of Biology“, Princeton University Press, 2014

16. Waters, C.Kenneth, „Causal Regularities in the Biological World of Contingent Distributions“, Biology and philosophy 13, Kluwer Academic Publishers, 1998

17. Woodward, J. „Scientific Explanation“, The Stanford Encyclopedia of Philosophy, Zalta E.N (ed.), 2003

URL = <https://plato.stanford.edu/entries/scientific-explanation/#DNMod>