

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
FILOZOFSKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU

Odlukom Nastavno-naučnog veća Filozofskog fakulteta Univerziteta u Beogradu od 11.04.2024. godine izabrani smo u komisiju za analizu i ocenu disertacije „Filozofski aspekti biološke kompleksnosti“ doktoranta Jovana Tadića. Na osnovu uvida u rad kandidata, podnosimo Nastavno-naučnom veću sledeći izveštaj:

**IZVEŠTAJ O ZAVRŠENOJ DOKTORSKOJ DISERTACIJI
„FILOZOFSKI ASPEKTI BIOLOŠKE KOMPLEKSNOŠTI“
KANDIDATA JOVANA TADIĆA**

1. Osnovni podaci o kandidatu i doktorskoj disertaciji

Osnovne studije hemije upisao je 1993. godine na Univerzitetu u Beogradu, Hemijskom fakultetu, gde je 1998. godine diplomirao sa prosečnom ocenom 9,17. Nakon dvogodišnjeg boravka na Institut Maks Plank za proučavanje hemije atmosfere u Majncu, Nemačka, gde je radio kao istraživač u grupi prof. dr. Pola Kruzena (Nobelova nagrada za Hemiju, 1995), magistarske studije hemije je upisao 1998. godine na Hemijskom fakultetu u Beogradu, a završio 2001. godine sa prosečnom ocenom 10, odbranivši magistarski rad na temu „Fotofizika *n*-butanala i *n*-pentanala u veštačkoj atmosferi“ pod mentorstvom prof. dr Ivana Juranića. Iste godine upisuje doktorske studije na Univerzitetu u Beogradu, Hemijskom fakultetu, gde je, u julu 2003, odbranio doktorsku disertaciju pod naslovom „Fotohemijski i fotofizički procesi odabranih aldehida na različitim parcijalnim pritiscima kiseonika“.

U oktobru 2010. godine odlazi u Američku svemirsku agenciju (NASA), u istraživački centar Ejms, SAD, na post-doktorske studije koje završava 2012. godine, istovremeno

prihvatajući poziv da ih nastavi na Institutu Karnegi za proučavanje globalne ekologije pri Stanford univerzitetu, SAD. U Julu 2016. prihvata status naučnog saradnika u Lorens Berkli nacionalnoj laboratoriji (engl. *Lawrence Berkeley National Lab*) gde ostaje stalno zaposlen do 2018. godine, kada preuzima poziciju višeg savetnika za implementaciju i razvoj veštačke inteligencije u kompaniji Epl (engl. *Apple*).

U oktobru 2014. polaže diferencijalni ispit iz filozofije na Filozofskom fakultetu u Beogradu, pred komisijom u sastavu prof. dr Slobodan Perović i doc. dr Mašan Bogdanovski. Godine 2021. upisuje doktorske studije filozofije na Filozofskom fakultetu Beogradu, gde u periodu 2021–2023. polaže neophodne ispite sa prosečnom ocenom 10.

Tokom doktorskih studija, a i ranije, kandidat Jovan Tadić razvio je izraženo interesovanje za probleme filozofije nauke. Njegova interesovanja su posebno usmerena na filozofiju teorije evolucije, obuhvatajući predbiološku (hemijsku) evoluciju i biološku evoluciju, sa posebnim akcentom na problem kompleksnosti. U septembru 2023. uspešno brani predlog teme doktorske disertacije pod nazivom „Filozofski aspekti biološke kompleksnosti“ pod mentorstvom prof. dr Slobodana Perovića. Osnovne filozofske oblasti interesovanja i istraživanja Jovana Tadića su filozofija nauke, pre svega filozofija hemije, matematike, i biologije.

Jovan Tadić je autor preko 50 naučnih radova iz oblasti hemije, biologije, ekološkog inženjerstva, primenjene matematike, mašinskog učenja i filozofije, do sada citiranih preko 800 puta, i učesnik više (preko 20) naučnih konferencija u zemlji i inostranstvu. Kao saradnik ili nosilac projekta učestvovao je u brojnim istraživačkim projektima u Evropi i SAD, uključujući projekte finansirane od strane EU (RADICAL), Američkog ministarstva energetike, Američkog ministarstva odbrane, Kalifornijskog ministarstva za vodne resurse, itd.

Iz opusa radova, izdvajamo tri pretežno filozofskom tematikom (kompletna bibliografija je dostupna na <https://www.researchgate.net/profile/Jovan-Tadic/research>):

1. Tadić, Jovan M. "On Mathematical and Logical Realism and Contingency", *Mathematics* 11.7 (2023): 1747. (M21a)

2. Tadić, Jovan M. "On (non) universality of color experience." *Theoria, Beograd* 59.3 (2016): 34-48. (M24)
3. Tadić, Jovan M. "The refutation of counterfactual and conditional approaches to causation." *Theoria, Beograd* 58.1 (2015): 39-50.(M24)

Doktorska disertacija Jovana Tadića ima ukupno 184 strane (prored 1.53) kojima su obuhvaćeni i naslovna strana, apstrakt i ključne reči na srpskom i na engleskom jeziku, podaci o mentoru i komisiji, izjave zahvalnosti, sadržaj, spisak korišćene literature, biografija kandidata i izjave o autorstvu. Glavni tekst disertacije sa bibliografijom zauzima 168 strana i sadrži blizu 60 hiljada reči. Tekst je podeljen na šest poglavlja, uključujući i uvodno i zaključno poglavlje. Svako poglavlje, izuzev zaključnog, podeljeno je na odgovarajuća potpoglavlja.

2. Predmet i cilj doktorske disertacije

U disertaciji Jovana Tadića centralno mesto zauzima tema biološke kompleksnosti — njeno poreklo, istorijski i evolucionni pravac razvoja, mehanizmi nastanka, kao i razmatranje statističkih i drugih osobina tokova ili krivih njenog evolutivnog razvoja. Poseban akcenat je na odnosu kompleksnosti prema dominantnim i alternativnim teorijama evolucije, uključujući adaptacionističke interpretacije moderne sinteze, te konstruktivno-neutralne evolucije kao primera ne-adaptacionističkih stanovišta.

Doktorska disertacija Jovana Tadića postavlja dva glavna cilja istraživanja. Prvi cilj je filozofsko-istorijska analiza semantičkog sadržaja pojma kompleksnosti iz ugla više savremenih mislilaca: Džonsona, Adamija, Gelmana, Vebera i Emeša. Ovaj cilj služi tome da vodi čitaoca kroz razumevanje izazova i specifičnosti koji se odnose na definisanje pojma kompleksnosti. To uključuje razlikovanje između sirove kompleksnosti i efektivne kompleksnosti (poznate i kao algoritamska kompleksnost u informatičkoj teoriji). Ova razlika je posebno važna za tumačenje genetičke kompleksnosti u odnosu na fenotipsku kompleksnost. Kao sekundarni ciljevi ovog dela rada postavljeni su: 1) uvod u izazove identifikacije i interpretacije trendova fizičke i biološke kompleksnosti, 2) analiza termodinamičkih aspekata kompleksnosti uz ugla odnosa entropija sistema i sredine, 3) analiza problema uspostavljanja „vremenske strele kompleksnosti“ po ugledu na strele vremena, entropije, i slobodne energije i u fizičkoj i u biološkoj realnosti — kao i pokušaj kvantifikacije kompleksnosti kroz direktno

dovođenje u vezu sa termodinamičkim pojmovima, 4) upoznavanje čitalaca sa osnovnim pojmovima, naučnim zakonima i hipotezama, kojima se barata u drugom delu rada — uključujući Ešbijeve zakon, Ajgenove hipercikluse, odnos simetrija–kompleksnost, kao i osnovnih teorijskih pogleda koji se tiču odnosa prirodna selekcija–kompleksnost — uz analizu prigovora darvinizmu iz ugla problema kompleksnosti, oličenih u konstruktivnoj neutralnoj evoluciji (KNE) i Kimurinoj neutralnoj teoriji evolucije, 5) analiza šarolikih aspekata biološke kompleksnosti iz pravca termodinamike, fizičke-hemije i biologije, informatičkog i kibernetičkog pravca, pa i teologije.

Drugi cilj disertacije Jovana Tadića bio je dvojak. Prvi korak tog cilja uključivao je razvoj originalnih evolucionih simulatora kompleksnosti, čija je svrha bila stvaranje alata koji bi omogućili dublje razumevanje dinamike biološke kompleksnosti. Drugi korak se odnosio na korišćenje ovih simulatora za filozofsko osvetljavanje različitih tema, posebno za arbitražu između zagovornika hipoteza aktivnog naspram pasivnog trenda kompleksnosti. Ovo je takođe uključivalo istraživanje odnosa kompleksnosti prema simetriji, kao i potvrđivanje ili opovrgavanje ideje o monotoniji trenda biološke kompleksnosti. U okviru ovog cilja preispitane su eksperimentalne i teorijske osnove Guldovih zaključaka koji su promenili klimu u ovoj naučnoj oblasti i pokrenuli debate koje i danas traju.

3. Osnovne hipoteze istraživanja u doktorskoj disertaciji

Disertacija razvija nekoliko hipoteza koje su razmatrane u zasebnim poglavljima:

Prva hipoteza u disertaciji Jovana Tadića proizlazi iz Ešbijeve definicije kompleksnosti koja glasi: „kompleksnost je broj različitih stanja u kojima se sistem *može* naći, odnosno koje *može* zauzeti.“ Na osnovu ove definicije, hipoteza tvrdi da kompleksnost nije aktuelno, već dispozicionalno svojstvo kompleksnog sistema. Dispozicionalna svojstva su, po svojoj prirodi, neočigledna i uslovno manifestna, što na određeni način protivreči uobičajenom razmišljanju o kompleksnim sistemima kao o entitetima koji su permanentno i inherentno kompleksni. Kandidat je analizirao slabosti Ešbijeve definicije, kao i filozofske implikacije pokušaja redefinisanja.

U *drugoj hipotezi* kandidat se bavio slabostima kriterijuma za razlikovanje kompleksnih fizičkih i kompleksnih bioloških sistema na osnovu invarijantnosti reakcija na

izazove spoljašnje sredine. Druga hipoteza iznosi tvrdnju da je interpretacija fizičkih sistema kao apsolutno invarijantnih u odnosu na tip reakcije ili odgovora pogrešna. Ova pogrešna interpretacija zasniva se na jednostranom i pojednostavljenom tumačenju fizičkih sistema kao isključivo klasično-mehaničkih i čisto determinističkih. Međutim, stvarni fizički sistemi često su kvantni ili prožeti kvantno-mehaničkim efektima, gde stohastičnost igra, ili može igrati, značajnu ulogu u promenljivosti sistema.

Treća hipoteza sugerise da su ključni odgovori na mnoga pitanja već pronađeni u postojećoj, posebno skorijoj, literaturi, koja može adekvatno rešiti pitanja vezana za poreklo, implikacije, karakteristike i filozofske aspekte biološke kompleksnosti. Međutim, istraživanje ovih odgovora zahteva sveobuhvatne sintetičke i interpretativne napore, što je jedan od ciljeva ove teze. Iako se radi o prilično apstraktnoj tezi, kandidat je obogatio literaturu vlastitim simulacijama, iz čega su proizašli zaključci relevantni za pitanja koja su dugo bila predmet rasprava.

Na kraju, *četvrta hipoteza* koju je kandidat istraživao pretpostavlja da proučavanjem ponašanja simuliranih, digitalnih organizama, koji pokazuju relevantne sličnosti sa živim organizmima, možemo doći do važnih odgovora na ključna pitanja i izazove koji se tiču porekla, posledica i filozofskih aspekata biološke kompleksnosti. Ova hipoteza ne samo da služi kao teorijski okvir, već je takođe i temelj za razvoj simulacionih platformi. Kroz ove platforme, kandidat je pokušao razjasniti neka značajna pitanja i probleme koji se odnose na karakterizaciju biološke kompleksnosti.

4. Kratak opis sadržaja doktorske disertacije

Kandidat je organizovao disertaciju u četiri, semantički, logički i epistemološki zasebna poglavlja, uz neizbežna preplitanja. U prvom poglavlju analiziran je sam pojam kompleksnosti iz nekoliko pravaca, s obzirom da je kompleksnost kao tema predmet proučavanja u više naučnih i van-naučnih disciplina, uključujući kibernetiku, informatičke teorije, fiziku, biologiju, društvene nauke, filozofiju, itd. pa i teologiju. U radu je takođe analizirano kontroverzno pitanje trenda kompleksnosti, i u biologiji („biološke kompleksnosti“) i u kosmologiji („fizičke kompleksnosti“). Posebna pažnja posvećena je demarkacionoj liniji između fizičke i biološke kompleksnosti. Pri kraju prvog poglavlja predstavljen je Ešbijev zakon koji se odnosi na interakcije organizam–sredina iz perspektive kompleksnosti, kao i opšti

odnos pojma kompleksnosti prema pojmu simetrije. U poslednjem delu poglavlja predstavljeni su Ajgenovi hiperciklusi, kao jedna od teorija koja pretenduje da objasni predbiološku (hemijsku) genezu kompleksnosti do nivoa neophodnog za paljenje iskre samo-održivog života.

U drugom poglavlju kandidat se fokusira na pitanja porekla biološke kompleksnosti, kroz prizmu vladajuće neodarvinističke paradigme, ali i alternative koje pretenduju da je zamene, ili bar dopune, u vidu neutralističkih teorija — konstruktivne neutralne evolucije i Kimurine teorije neutralne evolucije. U ovom delu predstavljene su hipoteze, ideje i slabosti vladajuće paradigme, kao sve brojnije eksperimentalne potvrde neutralizma, naročito u domenu mikrobiologije i biohemije. Kroz detaljnu elaboraciju ova dva pravca mišljenja implicitno je odslikan i njihov međusobni odnos. U ovom poglavlju je zaokružen i terminološki okvir evolucionih teorija koji će se javljati i u poglavljima koja slede. U njemu su prikazani i aksiološki aspekti u teorijama evolucionog procesa.

U trećem poglavlju disertacija se bavi kontroverznim pitanjem trenda biološke kompleksnosti, odnosno pitanjem da li je povećanje kompleksnosti pasivna posledica diversifikacije života — kako je to argumentovao Guld — ili je prirodna selekcija uzrok kompleksnosti, što bi impliciralo da je trend povećanja biološke kompleksnosti aktivan. U ovom poglavlju analizirano je sedam Guldovih argumenata protiv progresa u evoluciji, uključujući kompleksnost, kao i njihove slabosti. Dodatno, prikazani su i eksperimentalni argumenti s jedne strane bazirani na analizi fosilnih ostataka, a sa druge na sve popularnijim digitalnim simulacijama. Detaljno su obrađena očekivana statistička svojstva krive trenda biološke kompleksnosti i u slučaju aktivnog, i u slučaju pasivnog trenda, s obzirom da se upravo ova statistička svojstva po svoj prilici koriste u konačnoj arbitraži vezano za prirodu trenda biološke kompleksnosti.

U poslednjem, četvrtom poglavlju, kandidat je predstavio sopstvene kompjuterske simulacije nekoliko važnih aspekata biološke evolucije, fokusirajući se na kompleksnost. U prvoj seriji simulacija, kompleksnost je posmatrana kao samostalan atribut organizma, a ne kao derivat drugih atributa. Evolucija kompleksnosti je modelovana posebno, uzimajući u obzir i aktivne i pasivne trendove u njenom razvoju. U simulacijama je otkriveno da je Guld verovatno napravio važnu interpretativnu grešku kada je postulirao stacionarnost vrednosti modusa u pasivnom scenariju porasta biološke kompleksnosti. U ovom delu je analizirana i Guldova

heuristička metafora „hoda pijanca“ u objašnjavanju načina evolucije kompleksnosti, i ukazano da ona nosi skriveni semantički sadržaj koji se reflektuje i na njegove zaključke. U simulacijama je otkriveno da samo postojanje Guldovog levog zida predstavlja generator aktivnog trenda kompleksnosti, kao i bilo kog svojstva koje se „slučajnim hodom“ menja u blizini granične vrednosti, što implicira da je istovremena tvrdnja i o postojanju zida i o pasivnom trendu evolucije kompleksnosti *contradictio in adjecto*.

U sledećoj seriji simulacija, koristeći drugačiji simulator razvijen specijalno za ovu disertaciju, kandidat se fokusirao na pitanje geneze simetrije u biološkoj evoluciji. Ovo je istraženo kroz poseban simulacioni okvir poznat kao „Igra života“. Simulacije su pokazale da simetrična biološka stanja, odnosno forme, postaju trajni ireverzibilni atraktori u determinističkom okruženju. Takođe, rezultati su ukazali da je stohastičnost neophodna kako bi se narušila striktna simetrija i omogućila geneza narušene simetrije, koja je prepoznata kao jedna od osnovnih karakteristika kompleksnosti. U trećoj seriji simulacija korišćenjem još jednog *ad hoc* simulatora razvijenog za potrebe ove studije, kandidat se bavio simulacijom trenda kompleksnosti, ali ovog puta na indirektan način — kroz simulaciju samog evolucionog procesa, odnosno ekosistema, na nivou pojedinačnih organizama. Simulacijama je otkriveno da postoji nešto posebno u tretmanu reproduktivne moći organizama u odnosu na sve druge njihove attribute, i da svaka osobina, pa i kompleksnost, koja je u funkciji reproduktivne moći, pokazuje aktivan trend. Interesantno je da se u samoj arhitekturi procesa nastajanja novih organizama kroz proces razmnožavanja, koji uočavamo u biološkom svetu (gde postoje jasni parovi predak–potomak, a nastajanje novih organizama rezultuje iz neprekinute sekvence razmnožavanja prethodnih generacija), favorizovanje reproduktivne moći zapravo svodi na gotovo trivijalan zaključak o selekciji samog života, jer se reproduktivna moć identifikuje sa životom upravo kroz postojeću arhitekturu procesa njegovog nastajanja. Na kraju, u četvrtom setu simulacija korišćenjem simulacione platforme AVIDA-ED, ispitivano je sticanje i gubljenje specifičnih osobina organizama u okruženjima koja se menjaju. Pokazano je da stečene osobine, pa i kompleksnost, mogu nastati i nestati u evolutivnom procesu, već prema uslovima sredine, samo ako je to u funkciji preživljavanja, i da kompleksnost *per se* ne predstavlja evolutivnu prednost u opštem slučaju. Na kraju disertacije kandidat je izneo sopstvene stavove na ključna pitanja u vezi biološke kompleksnosti.

5. Ostvareni rezultati i naučni doprinos doktorske disertacije

Kroz četiri glavna poglavlja, kandidat ostvaruje glavni cilj svog istraživanja. On predstavlja i detaljno analizira pristup problemu biološke kompleksnosti iz pravca više naučnih i filozofskih disciplina, da bi kulminacija rada bila ostvarena kroz ponuđene odgovore na ključna pitanja dobijene sintetički — iz rezultata sopstvenih simulacija — i pregleda savremene literature. Od nekoliko ključnih rezultata izdvajamo teorijsko-eksperimentalnu potvrdu: 1) da je postojanje minimalne kompleksnosti neophodne da podrži život dovoljan uslov za aktivan trend povećanja kompleksnosti, čak i u odsustvu prirodne selekcije, 2) da je pasivan trend nemoguć uz postojanje Guldovog zida i da je ideja pasivnog trenda u prisustvu zida u suštini oksimoronska, 3) da je za pojavu disimetrije u biološkoj evoluciji neophodno prisustvo neke vrste stohastičnosti u pravilima evolucije, 4) da je sama arhitektura evolucionog procesa u kom se generacije smenjuju, postoje preci i potomci, vrši se nasleđivanje, itd. zapravo uzrok povećanja one kompleksnosti koja je u pozivnoj korelaciji sa verovatnoćom razmnožavanja.

Disertacija Jovana Tadića predstavlja veoma značajan i originalan naučni doprinos u oblasti filozofije nauke, biologije i evolucionih teorija. Imajući u vidu aktuelnost pitanja o poreklu, evoluciji i trendu kompleksifikacije u univerzumu, može se reći da se naučni doprinos ovakvog istraživanja ogleda u sintetičkom objedinjavanju često oprečnih hipoteza, ali i arbitražnom naporu oličenom u izvođenju filozofskih implikacija iz sopstvenih simulacija.

6. Zaključak

Na osnovu uvida u disertaciju pod naslovom „Filozofski aspekti biološke kompleksnosti“ doktoranta Jovana Tadića, Komisija zaključuje da ovaj rad ispunjava sve formalne i sadržinske uslove koji se postavljaju pred kandidata pri izradi doktorske disertacije. Rad je samostalno i originalno naučno delo u kojem je kandidat pokazao izuzetno razumevanje odabrane teme, obuhvatno poznavanje relevantne literature kao i izrazitu sposobnost samostalne analize i kritičke procene kako istorijskih tako i savremenih tekstova iz oblasti filozofije biologije i teorije evolucije. Imajući u vidu sve što je prethodno navedeno, komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Filozofskog fakulteta u Beogradu da donese odluku kojom se kandidatu Jovanu Tadiću odobrava usmena odbrana disertacije.

U Beogradu, 26.04.2024.

Komisija

dr Miloš Adžić, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Filozofski fakultet

dr Eva Kamerer, docent
Univerzitet u Beogradu, Filozofski fakultet

dr Andrej Korenić, naučni saradnik
Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet