

**Izveštaj o doktorskoj disertaciji**  
**TEORIJA MODELA I EGZAKTNOST NAUČNOG PREDSTAVLJANJA**  
**(MODEL THEORY AND EXACTNESS OF SCIENTIFIC**  
**REPRESENTATION)**  
**doktoranda Milutina Stojanovića**

Odlukom Nastavno–naučnog veća Filozofskog fakulteta u Beogradu izabrani smo kao članovi komisije za analizu i ocenu doktorske disertacije *Teorija modela i egzaktnost naučnog predstavljanja* doktoranda Milutina Stojanovića. Na osnovu uvida u rad kandidata, čast nam je da Nastavno–naučnom veću podnesemo sledeći izveštaj.

**Podaci o kandidatu i disertaciji**

Milutin Stojanović, rođen 27. 01. 1987. godine u Beogradu, završio je osnovne studije filozofije na Filozofskom fakultetu u Beogradu i diplomirao sa ocenom 10 (prosek ocena: 9,39). Na istom fakultetu završio je master studije filozofije i masterirao sa ocenom 10 (prosek ocena: 9,75). Bio je stipendista Ministarstva prosvete Republike Srbije, Fonda za razvoj naučnog i umetničkog podmlatka, kao i Ministarstva omladine i sporta, Fonda za mlade talente – Dositeja. Doktorske studije na Filozofskom fakultetu u Beogradu upisao je školske 2011/12. godine. Od 2012. godine stipendista je Ministarstva nauke, prosvete i tehnološkog razvoja i angažovan je na naučno-istraživačkom projektu na Filozofskom fakultetu u Beogradu *Dinamički sistemi u prirodi i društvu: Filozofski i empirijski aspekti*. Doktorand je do sada objavio više naučnih radova u značajnim nacionalnim časopisima, učestvovao je na nekoliko naučnih skupova i imao saopštenja u zemlji i inostranstvu. Rezultati iz doktorske disertacije anticipirani su u njegovim prethodnim radovima:

1. "Exploratory experimentation and taxonomy of experimentation", *Filozofija i Društvo* XXIV (4), 2013, стр. 199-216.
2. "Strukturalni Realizam: Potraga za nosiocem realnosti", *Filozofija i Društvo* (predstojeće)

## **Predmet i cilj disertacije**

Osnovni cilj koji je kandidat postavio u disertaciji je analiza problema idealizacije, aproksimacije i nezavisnosti naučnih modela od naučnih teorija, kao i pokušaj rešenja ovih problema preko zastupanja pragmatičke, neformalne teorije modela. Prvi deo disertacije postavlja naučni okvir i epistemološke osnove spram kojih će se opšta teorija modela procenjivati i tražiti. Drugi deo je centralni deo disertacije gde doktorand ispituje trenutno dominantna stanovišta u filozofiji nauke, koja tretira kao postepeno razvijanje jedne iste grupe ideja organizovane oko semantičkog pristupa modelima na čije mane i potencijalni dalji razvoj doktorand detaljno ukazuje. Treći, završni deo disertacije pokušava da objedini prethodno razmatrane kritike semantičkog pristupa u jednu celovitu filozofsku poziciju gde se rešenja problema idealizacije i aproksimacije traže iz pragmatičkog ugla koji objedinjuje kako formalne, matematičke karakteristike naučnih modela tako i mnogobrojne neformalne faktore poput svrha i ciljeva naučnika ili naučnih grupa, odnosno relativizacijom formalnih struktura spram konteksta u kojem se upotrebljavaju.

Rad počinje ispitivanjem rasprostranjenih shvatanja naučnih modela, kako u naučnoj tako i u filozofskoj zajednici, i izlaganjem ključnih izazova na koje opšta teorija naučnih modela mora da odgovori. Tema ove doktorske disertacije je postepeno konstituisanje teorije modela tokom poslednjih pola veka, počevši sa napuštanjem programa logičkog pozitivizma i pionirskim radovima Supesa (Suppes) i drugih autora. Doktorand je skoncentrisan na semantički pristup, koji je već nekoliko decenija dominantna pozicija u savremenom razumevanju nauke, i čiji je najveći doprinos oštro isticanje modela prisutnih u nauci. Problem na koji ova disertacija ukazuje je da je rekonstrukcija naučnih konstrukata i naučnog rezonovanja pomoću matematike, koja je uobičajena alatka semantičkog pristupa, proizvodi mnoge poteškoće, posebno one vezane za razumevanje naučne prakse i primenu naučnih teorija.

Izlažući probleme autonomnosti naučnih modela, odnosno njihove nezavisnosti i od teorija kako u izgradnji tako i pri epistemičkoj upotrebi, kandidat ima dvostruki cilj. Prvo, njegov cilj je da ukaže na neodrživost trenutno dominantnih pozicija u pogledu naučnih konstrukata i naučnog rezonovanja iz jedne spram ovih stanovišta unutrašnje perspektive, odnosno da pokaže da semantički pristup filozofiji nauke ne obezbeđuje objasnjenja koja njegove teze o matematičkoj prirodi naučnog modelovanja zahtevaju. Ovom cilju je posvećen najekstenzivniji

deo disertacije. Drugi, širi cilj doktoranda je da iste ove navodno fatalne mane semantičkog pristupa predstavi kao uvide u prirodu naučnog modelovanja i da ih zajedno sa osnovnim uvidima semantičkog pristupa inkorporira u jedan pragmatički pristup naučnom modelovanju gde će biti zastupljene i formalne i neformalne strane ove centralne aktivnosti u savremenoj nauci. Objedinjenje teorije modela zasnivaće se putem razvijanja Girovog (Gire) pristupa zasnovanog na pojmu sličnosti, istovremeno čuvajući s modelima povezane uvide semantičkog pristupa i primenjujući funkcionalističku analizu modela koja modele relativizuje spram svrha i ciljeva za koje se modeli korsite, ali i spram nučnika i naučnih grupa koji koriste modele. Ovaj pristup može obezbediti sagledavanje *naučne kognitivne realnosti* iz jednog šireg ugla jer inkorporiranje 'ljudskog aspekta' u prethodne formalističke pristupa postavlja filozofske temelje za sliku nauke u kojoj je *metodološka otvorenost* osnovna vrednost.

### **Osnovne hipoteze od kojih se polazi u radu**

Ispitujući rasprostanjena shvatanja istaknutih naučnika i filozofa doktorand polazi od teze da su modeli glavna orudja savremene nauke za *predstavljanje i objasnjenje* ciljanih fizičkih sistema. Karakteristika kako reprezentativnih tako i eksplanatornih modela jeste posedovanje idealnih i/ili aproksimativnih elemenata, odnosno nepotpuno ili samo delimično potpuno predstavljanje stvarnosti.

Glavna hipoteza koja se ispituje u disertaciji jeste *deduktivna veza modela sa naučnim teorijama*. Ova hipoteza javlja se u obliku slabije teze da se modeli konstruisu na osnovu izvodjenja iz naučnih teorija i u nesto jacem obliku u formi teze da su modeli formalne posledice naučnih teorija.

Ove pretpostavke zajedno čine *jezgro semantičkog pristupa* i za posledicu imaju tezu da formalizam teorije služi za generisanje modela koji predstavljaju i objasnjavaju stvarne fizičke sisteme. Time one stvaraju *problem predstavljanja neformalnih aspekata naučne prakse*, koji je jedan odglavnih izazova savremene filozofije nauke.

## Prikaz sadržaja disertacije po poglavljima

Prvo poglavlje upoznaje čitaoca sa obiljem modela koji se koriste u naučnoj praksi. Takodje se analizira prateće obilje filozofskih analiza koje klasifikuju modele u tipove prema semantičkim, ontološkim, epistemološkim ili drugim kriterijumima centralnim za filozofiju nauke. Razvija se teza da ove mnogobrojne, često preklapajuće klasifikacije, upravo zato što su zasnovane na različitim kriterijumima, nisu nužno prepreka za jednu opštu teoriju modela koja bi sve modele tumačila po jedinstvenom obrascu. Kao osnova za taj jedinstveni pristup analiziraju se pojmovi 'predstavljanje' (reprezentacija) i 'idealizacija' koji opisuju procese sadržane u naizgled svim naučnim modelima. Takodje, u cilju ovog opšteg zasnivanja, razmatra se matematički karakter modela zbog osobine da se matematički modeli primenjuju na tipove, a ne na pojedinačne sisteme. Na kraju, uvodi se razlika u konstrukcionom poreklu modela koje ove dela na teorijske modele koji su direktni (deduktivni ili strukturalni) proizvodi naučnih teorija i na fenomenološke modele koji su konstruisani na heterogeni, manje organizovan način. Analogne distinkcije uvode se i u pogledu prirodnih zakona i naučnih teorija, koje se suštinski dela na osnovu kapaciteta za opisivanje, nasuprot objašnjavanju pojava.

Drugi deo je centralni deo disertacije i u njemu se kritički ispituju danas dominantna stanovišta u teoriji modela, posebno semantički pristup modelima i njegove najpoznatije verzije. Ovaj deo sačinjen je iz pet poglavlja. U prvom poglavlju analiziraju se pozicije logičkog empirizma, stanovišta koje je preovladjivalo do šezdesetih godina dvadesetog veka i čiji su mnogi stavovi ostali zadržani nakon modelske revolucije koja je zasnovala savremenu filozofiju nauke. Na prvom mestu, pozitivistička tradicija je ostavila nasleđe u pogledu razumevanja fizičkih zakona kao egzaktnih (odnosno empirijski adekvatnih) predstava stvarnosti, a teorije kao da direktno predstavlja stvarnost. Pored toga, njihovo sintaksičko razumevanje naučnih teorija, koje iste predstavlja kao formalne račune, značajno je uticalo na razumevanje empirijske baze nauke i doktorand će isto koristiti kasnije u ključnom argumentu svodjenja filozofskih teorija o modelima na jedinstvenu razvojnu liniju.

U drugom poglavlju drugog dela razmatra se jezgro danas dominantnog semantičkog pristupa modelima. Ovde se teorije ne predstavljaju kao lingvističke formulacije, već kao ono na šta ove formulacije referiraju – kao familije semantičkih modela. Ključni argument u prilog ovog zaokreta je da, pošto prema Lovenhajm-Skolemovoj teoremi logika prvog reda ne može da

izdvoji relevantnu klasu modela sintaksički, sintaksički metodi nisu dovoljni i mora se koristiti bogatiji jezik. Ovo se postiže neformalnom upotrebom teorije skupova, čiji modeli predstavljaju naučne modele date teorije.

Treći deo ispituje ključnu pretpostavku semantičkog pristupa modelima da su reprezentativni modeli deduktivne ili strukturalne posledice naučne teorije. Analiziraju se argumenti Kertvrajtove (Cartwright) i Morisonove (Morrison) koji ukazuju na slučajeve iz naučne prakse gde matematička veza modela sa teorijama ne može jednosmilseno da se uspostavi. Detaljno se analiziraju improvizirajuće mogućnosti koje su na raspolaganju naučnicima i ispituje stepen u kome matematika određuje opseg fizičkih interpretacija koje teoriji mogu da se daju.

U četvrtom poglavlju ispituje se najrazvijenija varijanta semantičkog pristupa, pristup parcijalnih struktura Frenča i da Koste (French i da Costa). Pragmatičke osnove ovog pristupa pokušavaju se razgraničiti od strukturalističkih rešenja koja oni nude. Takođe, ispituju se mnogi formalni problemi semantičkog pristupa, posebno Milerov (Muller) argument nemogućnosti referiranja na stvarne fizičke sisteme na osnovu matematičkih sredstava semantičkog pristupa i argument Morisonove o nemogućnosti upoređivanja konkurentnih modela i teorija na osnovu strukturalnih karakteristika.

U zaključnom poglavlju drugog dela doktorand utvrđuje koji deo modelske revolucije je ostao neoštećen iznetim kritikama i koje sve uvide u prirodu modela jedno novo stanovište mora da inkorporira da bi pretendovalo na mesto opšte teorije modela. Posebno se stavlja akcenat na metodološku otvorenost i na neformalni, improvizirajući pristup koji naučnici često moraju da preduzmu u interpretaciji modela, odnosno na potrebu da filozofska slika nauke odražava ove karakteristike nauke.

Treći, zaključni deo disertacije sastoji se iz tre delu. U njemu kandidat ocrtava okvir jednog novog pragmatičkog pristupa u filozofiji nauke, pristupa koji je usmeren prvenstveno na naučnu praksu, a tek onda na konstrukte koji su proizvod ove prakse. Prvo poglavlje analizira Tverskijevu (Tversky) psihološku teoriju sudjenja i prilagođava je za zasnivanje Girove relacije sličnosti. Fleksibilnost ovog pristupa razlikuje se spram predjasnijih semantičkih rešenja time što je relacija model-svet sada relativizovana spram nekoliko faktora, od kojih su najvažniji uključivanje naučnih subjekata i njihovih preferencija u strukturalnu relaciju.

U drugom poglavlju analizira se pojam naučnog predstavljanja i analizira njegovo pragmatičko značenje. Nezavisnom argumentativnom linijom dolazi se do zaključka da je sam pojam naučnog predstavljanja neodvojiv od analize subjekata koji koriste dati sistem u cilju predstavljanja, kao i da su ciljevi u koje oni koriste modele ključni za razlikovanje šta sve može biti model.

U posljednjem poglavlju disertacije, spajaju se rezultati analize ‘sličnosti’ i zaključci teorije predstavljanja u cilju davanja opšte, minimalističke definicije modelovanja. Ispituju se potencijali ove definicije i posledice po sliku nauke izloženu u ovoj disertaciji, posebno po shvatanje izgradnje modela i predstavljanje naučnih metodologija.

### **Ostvareni rezultati i naučni doprinos disertacije**

Doprinos doktorske teze Milutina Stojanovića ogleda se u iscrpnom i temeljnom ispitivanju naučnih modela i problema vezanih za njihovo predstavljanje. Predstavljene su značajne izmene savremenih teorija naučnih konstrukata i naučnog rezonovanja i ponuđena neka nova rešenja. Takođe, vredni zaključci se iznose na osnovu analize i kritike postojećih stanovišta u okviru semantičkog pristupa teorijama i modelima. Baveći se problemima idealizacije, aproksimacije i autonomije naučnih modela autor ispituje improvizirajući karakter modela i nauke uopšte. Kandidat zastupa tezu da analiza naučne prakse otkriva da se, čak i u najegzaktnijim naukama, matematika upotrebljava na ograničen i aproksimativan način, pogodno prilagodjen specifičnim naučnim potrebama datog slučaja.

Oslanjajući se na analize koje otkrivaju improvizirajuće elemente u konstrukciji naučnih modela, ova disertacija zapravo ojačava shvatanje modela kao glavnih saznanjnih i predstavljajćkih instrumenata moderne nauke. Rešenja koja predlaže ovaj rad prvenstveno su fokusirana na osobenosti naučne prakse, a tek u okviru nje na konstrukte koji su njen proizvod. Modeli se pokušavaju shvatiti iz ove sire, dinamičke perspektive koja obuhvata i faktore poput sredstava njihove konstrukcije ili ciljeve radi kojih su konstruisani, nasuprot statičkih pristupa modelima gde se oni shvataju samo kroz formalne relacije u kojima stoje sa ciljanim fizičkim sistemima.

Milutin Stojanović predlaže, u skladu sa nekim savremenim autorima, da se opšta teorija modela može koherentno zasnovati samo iz jedne neformalne, pragmatičke perspektive. U savremenoj literaturi ovakve ideje su formulisane najčešće u vidu kritika dominantnog semantičkog stanovišta i kandidat u svojoj tezi pokušava da objedini ove raznorodne kritike u jednu jedinstvenu sliku naučnog modelovanja.

Kandidat je u disertaciji ukazao na manjkavosti najrazvijenijih rešenja u okviru semantičkog pristupa, pristupa na osnovu parcijalnih struktura Frenča i da Koste, ali i ponudio originalna rešenja koja inkorporiraju važne elemente ovog pristupa u jednu neformalnu sliku nauke. Razvijajući postojeće pristupe modelima kroz konfrontaciju sa kontra-primerima iz naučne prakse rešenja ove disertacije u velikoj meri čuvaju značajne uvide u modele sadržane u odbačenim rešenjima, posebno one prisutne u danas dominantnom semantičkom pristupu modelima.

Doprinos teze doktoranda Milutina Stojanovića sastoji se i u tome što u radu prevazilazi specifične okvire strukturalističke filozofije nauke. Kandidat traži temeljnije razumevanje naučne prakse i naučnih konstrukata i na polju dinamičkog shvatanja naučnog predstavljanja pronalazi nova rešenja. Značaj ove teze nije samo u promeni filozofskog fokusa, koji je tradicionalno usmeren na naučne teorije, tako da sada ističe centralne saznanje i predstavljачke uloge naučnih modela. Značaj ove teze je i u razmatranjima specifičnih načina na koji modeli postižu ove ciljeve i specifičnih odnosa u kojima oni stoje spram naučnih teorija i fizičkog sveta, a posebno na isticanje načina na koji se matematika koristi u nauci. Autor se nadovezuje na najsavremenije analize naučnog modelovanja i u tim okvirima dolazi do originalnih rešenja problema naučnog predstavljanja i odnosa modela i ciljanih sistema. Ovakvim pristupom stvara okvir za razumevanje naučne prakse koji je istovremeno dovoljno deskriptivan da odgovori na ključne prigovore i, sa druge strane, dovoljno fleksibilan da ne ograničava metodološku otvorenost neophodnu za dalji napredak nauke.

Kandidat zastupa tezu da strukturalistička shvatanja naučnih modela blokiraju shvatanje matematičke nesavršenosti njihovog odnosa sa fizičkim sistemima, te da plauzibilnije neformalne relacije, poput Girove relacije sličnosti, treba tražiti u empiristički zasnovanim rešenjima, posebno Tverskijevoj psihološkoj teoriji sudjenja. Ipak, akcenat je ne na samoj relaciji model-svet, već na širem socijalnom i vrednosnom okviru u kojem se sudovi o poklapanju ovih sistema donose. Teza doktoranda je da su ovi pragmatički faktori ključni zato što prosto ne

postoje formalni faktori na osnovu kojih se može odlučiti da li, s obzirom na nesavršenu prirodu naših naučnih predstava, dati model dovoljno slično predstavlja neki fizički sistem ili ne. Improvizirajući karakter nauke koji se ovom argumentacijom osvetljava ne odnosi se na nekakve iracionalne faktore, već nasuprot, upravo na racionalne faktore koji postoje u naučnom modelovanju, ali koji ipak prevazilaze formalistička, matematička izvodjenja koja su nauci na raspolaganju. Utoliko, ključni doprinos ove disertacije je redefinisanje odnosa nauke i matematike, odnosno opovrgavanje teze da je matematika jezik egzaktnih nauka, u prilog teze da je matematika samo jedno od sredstava kojima se naučnici, na njima pogodan način, služe.

## **Zaključak**

Na osnovu uvida u doktorsku disertaciju Milutina Stojanovića pod naslovom *Teorija modela i egzaktnost naučnog predstavljanja* može se konstatovati da disertacija ispunjava sve neophodne formalne zahteve. Uz to ona zadovoljava i sadržinske zahteve koji se odnose na temeljnu i celovitu obradu postavljene teme, na primerenost metodološkog pristupa razmatranoj problematici i na poznavanje i korišćenje relevantne literature. U disertaciji se argumentacija izvodi postupno i dosledno, a prisutan je i osoben kritički pristup relevantnim pitanjima koja se u radu razmatraju. Na osnovu svih karakteristika doktorske disertacije Milutina Stojanovića možemo da zaključimo da rad predstavlja originalno naučno delo i zato predlažemo Nastavno–naučnom veću Filozofskog fakulteta u Beogradu da donese odluku kojom se kandidatu odobrava usmena odbrana disertacije.

## **Mentor i članovi komisije:**

dr Slobodan Perović \_\_\_\_\_

dr Eva Kamberer \_\_\_\_\_

dr Milan Ćirković \_\_\_\_\_

dr Aristidis Arageorgis \_\_\_\_\_