

# Od Gigovog prstena do globalnih klimatskih modela

---

Čabrijan, Heda

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:186:806496>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-08**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FILOZOFSKI FAKULTET U RIJECI

Heda Čabrijan

**OD GIGOVOG PRSTENA DO GLOBALNIH KLIMATSKIH MODELA**  
**Misaoni eksperimenti u suvremenim znanstvenim praksama**

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2024.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FILOZOFSKI FAKULTET U RIJECI  
ODSJEK ZA FILOZOFIJU

Heda Čabrijan  
(00090342069)

OD GIGOVOG PRSTENA DO GLOBALNIH KLIMATSKIH MODELA  
Misaoni eksperimenti u suvremenim znanstvenim praksama

DIPLOMSKI RAD

Diplomski sveučilišni studij: Filozofija i Povijest umjetnosti

Mentor: prof. dr. sc. Predrag Šustar

Komentor: Doc. dr. sc. Zdenka Brzović

Rijeka, rujan, 2024.

## **IZJAVA O AUTORSTVU DIPLOMSKOG RADA**

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad naslova Od Gigovog prstena do globalnih klimatskih modela - misaoni eksperimenti u suvremenim praksama izradila samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Predraga Šustara i komentorstvom Doc. dr. sc. Zdenke Brzović.

U radu sam primijenila metodologiju znanstveno-istraživačkoga rada i koristila literaturu koja je navedena na kraju diplomskoga rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke i teorije koje sam izravno ili parafrazirajući navela u diplomskom radu, na uobičajen način, citirala sam i povezala s korištenim bibliografskim jedinicama.

Ime i prezime studentice: Heda Čabrijan

Vlastoručni potpis: Heda Čabrijan

# SADRŽAJ

<b>UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>1 KOMPLEMENTARNE METODE - EKSPERIMENT NA MODELU.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Modeli.....</b>	<b>5</b>
1.1.1 Analogija kao osnovna shema uočavanja.....	6
<b>1.2 Eksperiment kao manipulacija varijablama.....</b>	<b>11</b>
1.2.1 Nezavisna i vanjska varijabla.....	12
<b>2 IN SILICO EKSPERIMENT – PROJEKCIJE BUDUĆE KLIME.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Numerički model.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Radiative forcing - nezavisna varijabla.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Zajedničke socioekonomske putanje - vanjska varijabla.....</b>	<b>16</b>
<b>2.4 Zaključno o projekcijama buduće klime.....</b>	<b>18</b>
<b>3 MISAONI EKSPERIMENT.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Teorija mentalnog modela.....</b>	<b>27</b>
<b>3.2 Misaoni eksperiment na mentalnom modelu - Gigov prsten.....</b>	<b>28</b>
3.2.1 Epistemička generativnost konstruktivnih misaonih eksperimenata.....	33
<b>4 PRIJE ZAKLJUČKA - PROTIV „ZAMJENSKE TEZE“.....</b>	<b>38</b>
<b>5 ZAKLJUČAK.....</b>	<b>43</b>
<b>6 LITERATURA.....</b>	<b>44</b>

**SAŽETAK:** Neki filozofi, koji na svo protu-činjenično razmišljanje gledaju kao na oblik misaonog eksperimentiranja, smatraju kako misaoni eksperimenti, sveprisutni od predsokratovaca u obliku obrazaca konceptualnih matematičkih dokaza, daleko prethode svojem modernom nazivlju i stari su koliko i sama filozofija. Kao proto-znanstvena metoda njihova je glavna odlika da pomažu savladavanju prirode, čistim razmišljanjem.

No, ubrzani razvoj digitalnih tehnologija druge polovice prošloga stoljeća, omogućio je prebacivanje fokusa suvremene znanosti istraživanjima o prirodi kompleksnih fenomena uz pomoć računalnih simulacija. Pa kako smo danas, u post-digitalnoj eri, putem ekrana „pametnih“ naprava bombardirani proklamacijama o epistemičkoj superiornosti umjetne inteligencije, pitaju se neki: bliži li se kraj antropocena i sumrak ljudskoga autonomnog mišljenja i djelovanja?

U ovome radu istražiti ću imamo li zaista osnove, u turingovskoj tradiciji, vjerovati u ostvarenje scenarija Rokova baziliska, ili smo samo u eri preuveličavanja heurističke adekvatnosti benevolentnih automata. Epistemološko–metodološkim pristupom, nastojati ću ukazati kako je misaono eksperimentiranje trajno i nezamjenjivo epistemičko oruđe suvremenih znanstvenih praksi, dok računalne simulacije, simulirajući osnovne obrasce kognitivnih kompetencija racionalnih djelatnika, ne mogu, u nekim slučajevima, ponuditi konkluzivna razrješenja kompleksnih pitanja suvremenih socio-znanstvenih fenomena, razrješenja prema kojima posjedujemo epistemičku i/ili moralnu obavezu.

**Ključne riječi:** zamjenska teza, metoda eksperimenta, model, računalni model, simulacija, mentalni model, misaoni eksperiment, intuicija, reflektivni ekvilibrij

**SUMMARY:** Some philosophers, who view all counterfactual thinking as a form of thought experimentation, believe that thought experiments, ubiquitous since the pre-Socratics as conceptual mathematical proofs, far predate their modern denominator and are as old as philosophy itself. As a proto-scientific method, their main feature is helping us understand nature's phenomena, purely by thinking.

Rapid technological development in the latter half of the 20<sup>th</sup> century contributed to computer simulations playing a pivotal role in contemporary scientific research of nature's complex phenomena. In the post-digital era, blasted with proclamations about the epistemic superiority of artificial intelligence through the screens of our "smart" devices, some are starting to wonder: is this the twilight of autonomous human agency, the end of Anthropocene?

But do we really have a firm ground to stand on, when, in the Turingian tradition, we believe the realization of Roko's basilisk or are we experiencing an era where the heuristic adequacy of benevolent automata is overexaggerated. Approaching the subject matter methodically and epistemologically, this paper aims to showcase thought experiments as a permanent and irreplaceable epistemic tool in contemporary scientific practices, as computer simulations, simulating the basic patterns of rational agents' cognitive competencies, cannot, in some cases, offer conclusive resolutions to complex socio-scientific problems, resolutions towards which we have an epistemic and/or moral obligation.

**Key words:** replacement thesis, experimental method, model, computer-based model, simulation, mental model, thought experiment, intuition, reflective equilibrium

## UVOD

Misaoni su eksperimenti, istražujući o vanjskome svijetu bez, u njega, direktne intervencije, čini se, uz računalne simulacije, posebni članovi, „obitelji“ eksperimentalne metode. Iz jedne, ili kombinacije perspektiva metafizike, semantike, epistemologije i metodologije, teorijska istraživanja o njihovoj prirodi i pripadnosti „obitelji“ sačinjavaju značajan korpus literature iz suvremene ontologije, epistemologije i filozofije znanosti.

Iz metafizičke i semantičke perspektive postavljaju se pitanja poput: stvaraju li misaoni eksperimenti i računalne simulacije, nove, paralelne svjetove<sup>1</sup> odnosno u kojem su odnosu sa vanjskim svijetom<sup>2</sup>. Iz epistemičke perspektive, dio autora postulira prioritarnu potrebu za potpuno novom, ne - antropocentričnom epistemologijom<sup>3</sup> računalnih simulacija, dok autori, skloniji tradicionalnijem pristupu postavljaju pitanja kako i što iz njih možemo spoznati<sup>4</sup>.

Dok metodološka perspektiva postavlja pitanja kakvu aktivnost predstavlja misaono eksperimentiranje i računalno simuliranje, posebice radi li se o eksperimentu<sup>5</sup> posebno je zanimljiva, zbog određenih teorijskih ali i praktičnih posljedica, kombinirana epistemološko - metodološka perspektiva. Da misaoni eksperimenti i računalne simulacije dosita pripadaju istoj obitelji, no ne obitelji eksperimenata, već obitelji argumenata zastupa John D. Norton i, na tragu Nortona, Claus Beisbart. I dok redukcionizam Nortona i Beisbarta postulira teorijske posljedice, jedna skupina autora, na turingovskoj tradiciji računala kao superiornog automata i univerzalnog alata, nudi radikalni zaključak.

Ubrzani razvoj digitalnih tehnologija druge polovice prošloga stoljeća, omogućio je prebacivanje fokusa suvremene znanosti istraživanjima o prirodi kompleksnih fenomena uz pomoć računalnih simulacija, što je rezultirao, sudeći prema određenoj literaturi, novim, „trećim putem“<sup>6</sup> znanstvene metodologije (Keller 2003, 379 - 395). Autori skloni tzv. disciplini računalne simulacije, postulirajući „treći put“ sugeriraju da su simulacije nova kategorija suvremene znanosti. Simulacije nisu tehnike, ni procedure, niti metode. Umjesto toga, one su

---

<sup>1</sup> Margaret C. Morrison, Sanjay Chandrasekharan, Nancy J. Nersessian, Vrishali Subramanian, Axel Gelfert

<sup>2</sup> Keith Campbell, Peter Godfrey-Smith, Stephen Yablo

<sup>3</sup> Roman Frigg, Julian Reiss

<sup>4</sup> Johannes Lhenard, Rawad El Skaf, N.K.Shinod, John D. Norton, Ezequiel A. Di Paolo, Claus Beisbart, James Brown

<sup>5</sup> Kathleen V. Wilkes, Michael T. Stuart, Rawad El Skaf, John D. Norton, Claus Beisbart

<sup>6</sup> Teorijsko razmišljanje i eksperimentalna praksa prva su dva „puta“.



amalgam alata, praksi, metoda i komunikacijskih nastojanja znanstvenog istraživanja. Drugim riječima, simulacije su nove heterogene istraživačke prakse čija koncepcija, konstrukcija i upotreba zahtijevaju golemu mrežu različitih, također heterogenih zajednica, stručnosti i komponenti - one su nova znanost lišena jasnih metodoloških odrednica (Gehring 2017, 9 - 27). Na tragu „trećeg puta“ znanosti, autori Sanjay Chandrasekharan, Nancy J. Nersessian, i Vrishali Subramanian, sveprisutne i utjecajne ličnosti u suvremenim raspravama o metodološkim i epistemološkim obilježjima misaonih eksperimenata i računalnih simulacija, nude tzv. zamjensku tezu metoda te zaključuju:

*„Računalno modeliranje ima značajke koje nadilaze misaono eksperimentiranje; kao što golo oko više nije korisno za proučavanje zvijezda, misaoni eksperimenti nisu prikladni za proučavanje složenih, dinamičnih i nelinearnih fenomena u fokusu suvremene znanosti.“* (Chandrasekharan et al. 2013, 259)

Za ublažavanje posljedica predložene teze dodaju:

*„Misaoni eksperimenti i dalje imaju ulogu u znanosti, ali uglavnom u kontekstu računalnog modeliranja - pomažući u projektiranju, izgradnji i proširenju modela.“* (Chandrasekharan et al. 2013, 259)

Odabir istraživačke teme ovog diplomskoga rada rezultatom je vlastite sumnje u opravdanost široke primjene umjetne inteligencije, pa tako i pripadnost dominantnoj struji autora<sup>7</sup> s krajnje negativnim stavom prema „zamjenskoj tezi“. Ovaj je rad sukus promišljanja o samoj prirodi, metodološkim odrednicama i epistemičkoj generativnosti misaonih eksperimenata naspram računalnih simulacija te najznačajnije - budućoj funkciji misaonih eksperimenata u suvremenim znanstvenim praksama.

Promišljanje započinjem sustavno, kroz sveobuhvatni teorijski okvir komplementarnih metoda - metode modeliranja i metode eksperimenta, ukazujući pritom kako se kompleksni pojmovni instrumentarij „trećeg puta“ znanosti i (problematična) transdisciplinirana priroda nejasno definiranog višega rodnog pojma - računalne simulacije, uredno ugnježđuju u postojeći, nešto tradicionalniji, semantičko - metodološki okvir. Postavljajući modele sa reprezentacijskim svojstvima ciljnih sustava kao „objekte“ eksperimenta, a čin eksperimentiranja (deflatorno) kao kontroliranu ponovljivu manipulaciju varijablama, povlačim „obiteljske“ veze *in vivo* sa *in silico* i misaonim eksperimentima.

---

<sup>7</sup> Rawad El Skaf, Lhenard Johannes, N.K.Shinod, Ezequiel A. Di Paolo, Marco Buzzoni i ostali.

U drugom poglavlju, uz pripadajući kratki uvod centriram, u teorijski okvir, *in silico* eksperiment iz polja klimatskih znanosti. Odabrani primjer *in silico* eksperimenta na modelu opimjerenom algoritmiziranim determinističkim i stohastičkim zakonima fizike ali i teorijama lišenim jakog (matematičkog) formalizma, uspoređujem s nekomputabilnom normativnom vježbom iz etike - misaonog eksperimenta Gigova prstena.

Kroz ponuđene primjere razmatram epistemičku generativnost *in silico* i misaonih eksperimenata kako bih u među-zaključku ponudila svoj doprinos korpusu kritike „zamjenske teze“ i na kraju, zaključila o budućnosti misaono eksperimentalne metode u suvremenim znanstvenim praksama.

# 1 KOMPLEMENTARNE METODE - EKSPERIMENT NA MODELU

Iako je raznolikost metodoloških odrednica eksperimentalne metode proporcionalna raznolikosti fenomena koji se metodom proučavaju, metodu je relativno sigurno prozvati izumom znanstvenih praksi Bacona, Boylea, Galilea, Newtona i drugih. Suprotna od aristotelovskih mentalnih narativa temeljenih na pasivnom promatranju prirode, aktivna intervencija empirijskih eksperimenata spaja znanstvene hipoteze s prirodom, integrirajući ih kao nezavisne svjedoke. Krajnje pojednostavljeno, polazeći od empirijskih podataka o fenomenima u prirodi stvaraju se hipoteze o uzrocima ili posljedicama razmatranog fenomena. Takve hipoteze zatim se eksperimentalno provjeravaju u nastojanju da ih se potvrdi ili opovrgne. Kako se, više no često, eksperimentalnom metodom istražuju određeni fenomeni, koji se, zbog svoje kompleksne prirode ili široke, nejasno definirane klase, ne mogu istraživati na direktan način, metoda se eksperimenta udružuje s metodom modeliranja. Metoda modeliranja je postupak pomoću kojega se generira znakovni sustav (model) koji može zamijeniti fenomen. Korištenje modela kao objekta suvremenih eksperimentalnih praksi stvara obiteljske veze *in vivo* sa *in silico* i misaonim eksperimentima.

Kako bih opisala eksperimentalnu metodu kao praksu istraživanja svih klasa fenomena ponuditi ću sljedeći teorijski okvir: eksperimentalna je metoda ponovljiv postupak namjerne manipulacije (barem) jednog faktora (nezavisne varijable) fenomena ili njegova modela pod određenim uvjetima koji dozvoljavaju da se prate uzroci ili posljedice razmatranog fenomena.

Za razliku od eksperimenata na ciljnim sustavima (npr. testiranje aerodinamičkih svojstava automobila u zračnom tunelu), *in vivo* eksperimenti na materijalnim modelima (npr. Pavlovljevo testiranje uvjetovanog podražaja na omiljenom mu kućnom ljubimcu), misaoni eksperimenti na mentalnim modelima (npr. Kineska soba Johna Searlea usmjerena ka kritici „jake“ teze umjetne inteligencije) i *in silico* eksperimenti na numeričkim modelima (npr. Weisbergovi i Muldoonvi simulacijski eksperimenti institucionalnih epistemičkih pejzaža), istražuju fenomene vanjskoga svijeta bez u njega aktivne intervencije. Polazeći od uočenih svojstava fenomena, stvaranja hipoteza, gradnja adekvatnog modela, manipulacija modelom, te dolaženje do zaključaka o proučavanom modelu, zajednička su obilježja eksperimenata, neovisno o mediju provedbe. Specifičnost je misaonih i *in silico* eksperimenata što se svaki korak - modeliranje, modificiranje modela (simulacija) putem vrijednosne intervencije, i dohvaćane rezultata (mjerenje ili opservacija) dešava u istome mediju (umu ili računalu).

Kao uvod u raspravu o centralnome pitanju rada, u podpoglavljima koja slijede, razmotriti ću osnovni pojmovni instrumentarij prethodno danog okvira eksperimentalne metode.

## 1.1 MODELI

Modeli mogu biti, u najširem obimu pojma, objekti, dijagrami, crteži, sudovi, matematičke formule, ili bilo koji entitet u funkciji predstavljanja nekog fenomena vanjskoga svijeta kojeg djelatnik koristi za neku svrhu; u slučaju relevantnom za ovaj rad - za znanstvene svrhe odnosno sticanje novih i primjenjivih znanja o svijetu. M. Weisberg, predlaže kategorizaciju znanstvenih modela na sljedeći način: a) konkretni modeli (npr. laboratorijske životinje) služe za provedbu eksperimenata, b) matematički modeli (npr. Lotka-Volterra model) služe za predviđanja ili objašnjenja fenomena i 3) računalni modeli (npr. Schellingov model segregacije) za simulacijske studije (Weisberg 2013, 7 - 19). Iz perspektive „modela kao objekta eksperimenta“, neovisno o tome izvodi li se eksperiment u *in vivo*, a umu ili *in silico*, uviđam tri isprepletena problema Weisbergova pristupa - metodološki i teleološki te ontološko - semantički.

Weisbergova je klasifikacija materijalnog, Schellingovog te Lotka-Volterra modela suprotna mojem uvodnom stavu o modelu kao objektu eksperimenta, koji tek putem vrijednosne intervencije istražujemo. Stoga smatram materijalne, matematičke ili računalne modele objektom eksperimentalne metode čija je svrha predviđanje ili (etiološko) objašnjenje opaženog fenomena. Dodajmo k tome da, iako Weisberg matematički i računalni model smatra sličnima u toliko što se oba mogu instancirati bilo gdje i bilo kada, ipak, razlikuje ih, argumentirajući kako je matematički model moguće „izvesti“ pomoću olovke i papira, dok Schellingov zahtijeva računalno izvođenje. No Schelling je prve rezultat na stohastičkom modelu segregacije dobio koristeći upravo papir i olovku.

Stava sam da model jest, kod Schellinga funkcija distribucije tolerancije, kod Lotke i Volterra set ne-linearnih diferencijalnih jednadžbi prvoga reda. Izvođenje vrijednosne intervencije ili simulacija (eng. *run*) modela neovisno o tome bio on ručno ili računalno izveden jest eksperiment na modelu (bio on stabilni stohastički ili deterministički).

Semantički problem Weisbergove klasifikacije koristiti će kao uvod u ključno dio poglavlja o modelima - njihovo svojstvo da predstavljaju fenomene. Dok dio literature materijalne odnosno fizičke modele naziva konkretnima, kao što to čini i Weisberg u (a) konkretni modeli (npr. laboratorijske životinje), u ovom radu „konkretno“ označava ono što je suprotno od apstraktnog<sup>8</sup>, pa tako kada govorim o laboratorijskim životinjama, one su materijalni apstraktni model živog organizma.

---

<sup>8</sup> Campbell 1981, 478

Kada govorim o odnosu modeli i ciljnih sustava, modeli mogu biti partikularni (eng. *token*) ili univerzalni (eng. *type*). Načini na koji pristupam odnosu modela prema ciljnim sustavima limitiran je vlastitom ontičkom obavezom proizašlom iz stava kako ciljni sustavi postoje neovisno o predodžbi, odnosno iz minimalnog oblika znanstvenog realizma (stoga korišteni pojam fenomen razlikujem od ciljnog sustava). Laboratorijske životinje, dakle smatram materijalnim tokenima konkretnog tipa. Prema ontičkoj obavezi P. Godfrey-Smitha<sup>9</sup> i S. Yabloa<sup>10</sup>, zastupnicima znanstvenog anti-realizma, model kosine bez trenja Simona Stevina, konkretni je token, odnosno bilo bi kad bi postojao. S navedenim stajalištem djelomično se slažem utoliko da je kosina bez trenja konkretna, jer, neki modeli<sup>11</sup>, uključujući Stevinov model, ne predstavljaju fenomene, već umjesto toga isporučuju narative koji omogućuju proučavanje svjetova modela. U tom smislu modeli mogu biti (nematerijalni), konkretni jer predstavljaju totalitet, odnosno numerički su identični metafizički nemogućim ciljnim sustavima. Međutim, u tom slučaju modeli nisu tokeni već tipovi.

Prema vlastitoj ontičkoj obavezi modeli mogu biti, prema opisu, materijalni ili nematerijalni ali, uvijek apstraktni (simplifikacija uočenih svojstava ciljnih sustava koncentriranjem pažnje na nešto, ali ne sve, od onoga što je predstavljeno), i nikad konkretni.

### 1.1.1 ANALOGIJA KAO OSNOVNA SHEMA UOČAVANJA

Kada je funkcija modela zamjena, a svrha eksperimenta epistemička - sticanje novih i primjenjivih znanja o ciljnim sustavima, tada, za uspješno obnašanje funkcije, apstraktni model mora, ne samo na neki način reprezentirati (predstavljati) originale i s njima biti konzistentan, već istovremeno biti konzistentan sa značajkama ljudske spoznaje. Stoga, znanstvena reprezentacija podliježe određenom zahtjevu objektivnosti u predstavljanju razmatranog fenomena, objektivnosti koja nužno ne postoji za ostale reprezentacije. Svi ti zahtjevi doprinose kompleksnosti rasprave o modelima. Kako je reprezentativnost modela direktno povezana s internom validnošću samog modela ali, i s eksternom validnošću eksperimentalne metode, filozofska se literatura, tradicionalno, u najvećem dijelu bavila relacijom reprezentacije između modela i originala.

---

<sup>9</sup> Godfrey-Smith 2006, 735

<sup>10</sup> Yablo 2020, 131-132

<sup>11</sup> Npr. modeli u ekonomiji posebni su po tome što ne predstavljaju stvarne fenomene, već umjesto toga isporučuju narative koji omogućuju proučavanje svjetova modela (Morgan 2012, 225).

Korpus literature iz filozofije znanosti, neovisno o ontičkoj poziciji znanstvenog realizma ili anti-realizma, slijedi osnovni postulat po povijesnoj liniji de Saussure, Peirce, Goodman<sup>12</sup>. Pa tako dvije istaknute pozicije o značajkama znanstvene reprezentacije, jedna iz tabora realista, ona R. Hughesa - DDI (eng. *Denotation-Demonstration-Interpretation*)<sup>13</sup> kao i ona iz tabora antirealista - funkcionalista R. Frigga DEKI (eng. *Denotation, Exemplification, Keying-up and Imputation*)<sup>14</sup>, postuliraju, u Goodmanovoj tradiciji<sup>15</sup> denotaciju kao osnovu reprezentacije. Kako je problem delineacije denotacije i konotacije<sup>16</sup> prisutan u svakoj disciplini, tako je i filozofija znanosti, kada raspravu o značajkama znanstvene reprezentacije započinje denotacijom, ranjiva na argument iz cirkularnosti.

Pretpostavljajući da ciljni sustavi postoje neovisno o reprezentaciji, rad nastavljam sagledavanjem onih teorija reprezentacije koje započinju iz pozicije minimalnog realizma, priklanjajući se onim autorima koji postuliraju supstancijalnost relacije reprezentacije.

Dok je za neke autore reprezentativnost modela supstancijalna, pragmatična i konzistentna sa značajkama ljudske spoznaje, Mauricio Suárez dovodi u pitanje prvu značajku. Za Suáreza ne postoje nužni i dovoljni uvjeti uspješne i objektivne relacije reprezentacije. Referirajući na utjecajni Hugesov DDI, smatra kako je dijadu model-fenomen potrebno zamijeniti tromjesnim odnosom model-fenomen-korisnik te predlaže inferencijalni koncept prema kojem uspješan model mora omogućiti „kompetentnim i informiranim djelatnicima da donose specifične zaključke u vezi sa fenomenom“. Uspješna je reprezentacija modela ovisna o korisniku modela, te odnos ne posjeduje eksplanatornu vrijednost izvan trijade. Dakle, za Suáreza, da bi model uspješno i objektivno obnašao svoju reprezentativnu funkciju, on mora predstavljati fenomen na način koji informirane i kompetentne djelatnike navodi na „izvlačenje“ konkretnih zaključaka, odnosno inferencija. Inferencijalni koncept, stoga, relaciju

---

<sup>12</sup> Denotacija jest neophodna za reprezentaciju. Goodman, N. (1976). *Languages of Art*. 2nd ed., Indianapolis and Cambridge: Hackett.

<sup>13</sup> Hughes 1997, 325 - 336

<sup>14</sup> Frigg i Nguyen 2017, 93

<sup>15</sup> Goodman 1976, 9 - 45

<sup>16</sup> Metodološki pristup postavljanja modela u kontekst problematičnim je jer je i sam kon-tekst proizvedeni tekst koji se sastoji od znakova koji zahtijevaju interpretaciju. Kontekst je sam uhvaćen u proces znakovne obrade (semioze) i potpuno je kontinuiran s tekstom, stoga otvoren interpretaciji kao i tekst. Dakle, kontekstualizacija podliježe problemu cirkularnosti.

reprezentacije smatra ne-supstancijalnom izvan konteksta, a svaki će pokušaj traženja nužnih i dovoljnih uvjeta za uspješnu relaciju reprezentacije, koja uključuje i eksplanatornu vrijednost, biti fundamentalno povezana sa poljem znanosti u kojem se dati model koristi (Suárez 2015, 38).

Prema Suárezovom deflatornom stajalištu mogu ponuditi dvije linije mišljenja. Prvo, da je na ovaj način postavljena kritika relacije reprezentacije preoštra i preširoka te se može odnositi i na bilo koji mjerni instrument, uključujući i standardni kućni toplomjer. Druga linija mišljenja jest da se „cirkularne okove konteksta“ može ublažiti. Pa tako, u pragmatičnoj liniji, postulirajući kontekst kao neproblematičan, R. Giere, smatra da je svaki pokušaj razumijevanja relacije reprezentacije postavljen u obliku dvomjesne ili tromjesne relacije pogrešan te predlaže četveromjesnu relaciju „*S koristi X da bi reprezentirao W u svrhu P*“. S je labavo definiran djelatnik (znanstvenik, skup znanstvenika, znanstvena disciplina), X je objekt koji posjeduje svojstvo reprezentacije, W je fenomen, P je razlog zbog kojeg S koristi X. Svrhe korištenja X-a su raznolike i ovisne o kontekstu u kojem se koriste, te se modeli mogu, između ostalih svrha, koristiti za objašnjenja o uzrocima pojave fenomena (heuristički modeli) ili za predviđanje posljedica fenomena (predikcijski modeli)<sup>17</sup> (Giere 2004, 743).

Međutim, za Gierea reprezentativnost modela nije samo pragmatična. Relacija reprezentacije dolazi, ne samo iz sličnosti među strukturama, već i iz općenitijeg informacijskog odnosa modela i fenomena - modeli kao apstraktne strukture stoje u odnosu morfizma s pripadajućim prefiksom, u odnosu na fenomen. Morfizmu, supstancijalnoj perspektivi koja reprezentabilnost modela uviđa u procesu „mapiranja“ relacija između modela i fenomena, uz Gierea priklanja se i niz suvremenih autora (S. French, J. Ladyman, O. Bueno, N. C. A. da Costa, A. Bartels). Varijacije „mapiranja“ derivirane su iz rada Mary B. Hesse, pionirke epistemoloških istraživanja analogija u znanstvenim praksama. U knjizi *Models and Analogies in Science*, baveći se materijalnim modelima u znanstvenim praksama, Hesse istražuje relaciju reprezentacije modela i fenomena kako bi ponudila nužne i dovoljne uvjete za uspješno zaključivanje putem analogije (Hesse, 1970). Neovisno o tome što analogiju smatram osnovnom shemom uočavanja, a ne načinom zaključivanja, smatram kako je kratak osvrt na rad Hesse nužan iz nekoliko razloga. Prvi, *Models and Analogies in Science*, u

---

<sup>17</sup> Određeni autori, uključujući Weisberga, modele koji služe za predviđanja o fenomenu koji se promatra nazivaju simulacijskim modelima. Kako bi izbjegli nejasnoće naspram eksperimentu komplementarne metode računalne simulacije, koristim pojam projekcijski modeli kada govorim o njihovoj svrsi.

suvremenoj je literaturi malo citirana, iako se radi o djelu koji prema razini detalja i motivacije nema mnogo rivala. Drugi, utoliko što sam u radu sklonija tradicionalnijem pristupu modelima, sto godina staroj poziciji modela kao analogija od N. Campbella 20tih godina i Mary Hesse 60tih godina 20. stoljeća, te u varijaciji od Gierea pa sve do danas. Treće, smatram da Hesse u prvom djelu knjige daje (retroaktivan) pozitivni predznak Suárezovoj deflatornoj perspektivi relacije reprezentacije - svaki će pokušaj traženja nužnih i dovoljnih uvjeta za uspješnu relaciju reprezentacije, koja uključuje i eksplanatornu vrijednost, biti fundamentalno povezana sa poljem znanosti u kojem se dati model koristi.

Koji su nužni i dovoljni uvjeti za supstancijalnu relaciju reprezentacije Hesse istražuje kroz nekoliko primjera. Započinjem sa zadnjim primjerom kojeg Hesse nudi, zanimljivom i često upotrebljavanom analogijom odnosa države prema narodu kao oca prema sinu. Upravo je ova analogija primjer kada je relacija reprezentacije ne-supstancijalna.

OTAC	DRŽAVA
sin	narod

Slika 1. Ne-supstancijalna (neuspješna) analogija

U datom primjeru horizontalni su odnosi (otac/država i sin/narod) *prima facie* neutralne analogije. Ukoliko postuliramo paternalistički vertikalni odnos, horizontalni odnosi postaju pozitivne analogije. No paternalistička nastojanja nisu kauzalni, pa tako ni informacijski odnosi, stoga analogija nije supstancijalna.

Za pojašnjenje općenitijeg informacijskog odnosa modela i fenomena Hesse nudi primjer Zemlje kao modela Mjeseca, materijalne analogije<sup>18</sup> u kojoj (1) horizontalni odnosi moraju uključivati uočljive sličnosti, (2) vertikalni odnosi moraju biti uzročni odnosi „u nekom znanstvenom prihvatljivom smislu“ te (3) bitne značajke fenomena (izvorne domene) ne smiju biti negativne analogije (Hesse 1966, 87). Shematizirano analogija poprima sljedeći oblik:

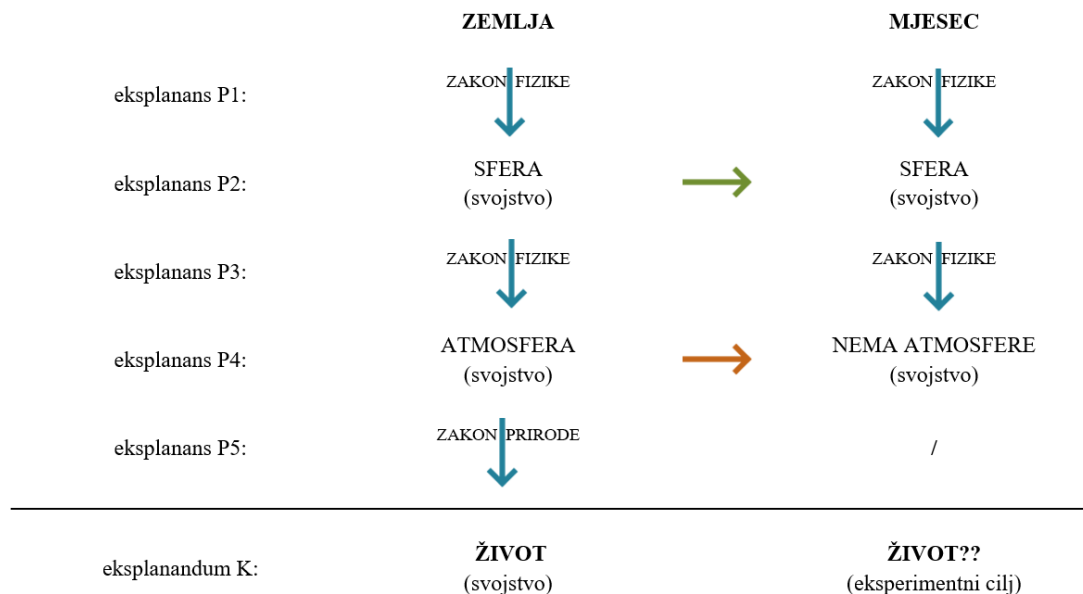
<b>ZEMLJA</b>	<b>MJESEC</b>
SFERA	SFERA
ATMOSFERA	NEMA ATMOSFERE
<hr style="width: 100%;"/>	
<b>ŽIVOT</b>	?

Slika 2. Osnovna shema potencijalno supstancijalne analogije

<sup>18</sup> Konceptualni modeli također mogu zadovoljiti uvjete 1,2 ukoliko su analogije neutralne, i uvjet 3 na temelju uzročne veze u deduktivnoj teoriji.



Horizontalni odnosi među domena su 1:1 sličnosti i razlike odgovarajućih svojstava svakog od analoga, vertikalni odnosi unutar domene uzročni su odnosi svojstava istog analoga. Pozitivna analogija u jednostavnom primjeru je sličnost (sferičnost), neutralna analogija je atmosfera. Neutralna analogija pripada teoriji sve dok eventualno ne postane negativna (ostaje ako postane pozitivna). Pozitivnim i neutralnim analogijama kao premisama, induktivnim, deduktivnim ili zaključivanjem na najbolje objašnjenje zaključujemo o manifestaciji svojstava ciljnog sustava (života). Detaljnije razrađeni shematski prikaz može izgledati ovako:



Slika 3. Razrađena shema supstancijalne analogije

Prema shemi, atmosfera jest nužno svojstvo preko kojeg se nastavlja kauzalni odnos unutar domene, stoga neutralna analogija (atmosfera i odsustvo atmosfere) postaje negativna analogija, a pozitivna analogija (sferičnost) postaje neutralna analogija<sup>19</sup>, te je model uspješan u toliko što deduktivno možemo zaključiti o odsustvu života na Mjesecu.

Hesse u nastavku knjige nudi još dva, nešto kompleksnija primjera uspješnoga modela, primjenjujući istu shemu na modele koji nemaju identične pozitivne analogije (sferičnost) kao u prethodnom primjeru. Putem datih primjera Mary Hesse nudi prijedlog nužnih i dovoljnih uvjeta za supstancijalnu relaciju reprezentacije koja uključuje i eksplanatornu vrijednost modela.

Razrađeni, interno konzistentni model, ne samo da predstavlja „nevidljiva svojstva“ fenomena kao vidljiva i dostupna (pozadinske sile) već omogućava uočavanje kauzalnosti i korelacija svojstava fenomena (npr. izmještanjem svojstva sferičnosti iz pozitivne u neutralnu

<sup>19</sup> Bonus pristupa Mary Hesse, jest taj da je neutralna analogija izvor metafora u znanosti.

analogiju). Struktura modela s određenim objektima i odnosima, kako numeričkih tako i mentalnih, nije proizvoljna već „igra reprezentativnu ulogu budući da je analogna odgovarajućem stanju stvari u svijetu“. (Johnson-Laird, 1983, 157) Model se oprimjeruje i opisuje putem formalnog ili prirodnog jezika, kod numeričkog modela jednadžbama (algoritmima kod računalnih numeričkih modela), kod mentalnih modela propozicijama, u eksplicitno znan kauzalni niz. Generiran konzistentni sustav svojstava i dinamika fenomena sadrži mogućnost objašnjenja „sila koje vladaju fenomenom“ i predviđanja ponašanja fenomena.

## 1.2 EKSPERIMENT KAO MANIPULACIJA VARIJABLAMA

U početku poglavlja ponudila sam teorijski okvir eksperimentalne metode kao ponovljivog postupka namjerne manipulacije (barem) jednog faktora (nezavisne varijable) fenomena ili njegove reprezentacije (modela) pod određenim uvjetima koji dozvoljavaju da se prate uzroci ili posljedice razmatranog fenomena. Započela sam smještanjem labavo definiranog „djelatnika“ u subjekt i model u „objekt“ eksperimenta. S obzirom da literature o modelima i njihovim reprezentacijskim svojstvima svakako ne nedostaje, pogotovo kada govorimo o fenomenima kompleksne prirode ili široke i nejasno definirane klase, pokušala sam, na temeljima istraživanja M. Hesse, ponuditi, ako ne dovoljne, onda barem nužne uvjete uspješne reprezentacije fenomena zauzimanjem stava homomorfizma. Kako je, za razliku od eksperimenata na ciljnim sustavima, ispravno „mapiranje“ svih uzročnih i odnosa korelacija među svojstvima modela esencijalno za uspješni eksperiment (izvode li se oni u umu ili *in silico*), naglašena je važnost vertikalnih donosa u modelu.

Poglavlje o komplementarnim metodama zaključujem, u nastavku, smještanjem „vrijednosne intervencije“ u predikat eksperimenta, ukazujući tako na postupak manipulacije nezavisnom i vanjskom varijablom kao zajedničkom metodičkom osnovom eksperimenata *in vivo*, umu i *in silico*.

### 1.2.1 NEZAVISNA I VANJSKA VARIJABLA

Manipulacija u najširem smislu podrazumijeva varijaciju bilo kojeg od svojstava bilo ciljnog sustava ili modela. Izmijenjeno svojstvo koji će dovesti do promjene početnih uvjeta<sup>20</sup> jest nezavisna varijabla. Varijabla je sve što se može promijeniti ili biti promijenjeno. Drugim riječima, to je svaki faktor kojim se može manipulirati, kontrolirati, promatrati ili mjeriti u eksperimentu.

U ovisnosti od kompleksnosti prirode proučavanoga fenomena, manipulacija nezavisne varijable koja rezultira promjenom početnih uvjeta može biti jednostavno izmještanje kućne biljke bliže (ili dalje) od izvora svjetlosti u osnovnoškolskom eksperimentu, do pridavanja numeričkih vrijednosti svojstvima modela npr. numeričku vrijednost, kod Schellinga, inicijalnoj distribuciji agenata, u vremenu  $t$ . Razlika između eksperimenta *in vivo* i *in silico* jest da se promjena početnih uvjeta dešava u prvom slučaju zbog materijalne manipulacije u drugim slučajevima zbog manipulacije teorijskim ili numeričkim vrijednostima nezavisne varijable. U slučaju identičnih početnih uvjeta ciljnog sustava ili modela ponavljanjem intervencije na nezavisnoj varijabli, rezultati će se eksperimenta, idealno, biti jednaki. No, vraćajući se na osnovnoškolski eksperiment, što ako je oblačno? U uvjetima istoga opisa materijalnog modela (kućna biljka), na stanje nezavisne varijable (svjetlost) utjecati će stanje smanjene svjetlosti. Indirektni utjecaj na stanje nezavisne varijable, nazvati ću, za heurističke modele vanjska varijabla, za predikcijske - scenarij<sup>21</sup>.

Relevantna literatura o scenarijima navodi različite i ponekad suprotstavljene definicije što scenariji jesu. Pojmovi poput vinjeta, studija slučaja, simulacija slučaja, hipotetski scenarij, scenarij zadatka i scenarij situacije, koriste se za opisivanje „kratkih, konkretnih opisa situacija“.

U istraživanju ili predviđanju mogućih ponašanja modela, scenarij su utjecaj na stanje nezavisne varijable, u uvjetima istoga opisa modela. Ukratko, scenariji su vanjske varijable eksperimenta. Scenarij jest opis hipotetske situacije i njezine dinamike, te uključuju više ili manje informacija o uvjetima koje opisuju, dovoljnih da dosegnu i promijene stanje nezavisne

---

<sup>20</sup> Početni uvjet označava početno stanje svojstava i dinamike. U određenim modelima, početni uvjeti nazivaju se rubnima ukoliko se opisuju u određenim rasponima stanja.

<sup>21</sup> Uporaba pojma postala je uobičajena praksa u različitim poljima znanosti, od 1950. godine kada Herman Kahn, fizičar i vojni strateg aplicira scenarijski pristup strateškom planiranju u okolnostima Hladnoga rata.

varijable. Tako kod Schellingova modela društveni kontekst igra ulogu pri kvantifikaciji inicijalne distribucije agenata u vremenu  $t$ .

Scenariji su, za razliku od uočenih početnih uvjeta modela, procjene hipotetskih no-mološki (ujedno i metafizički) mogućih stanja nezavisne varijable modela. Druga, no-povezana razlika između modela i scenarija jest da modeli uključuju samo jedan opis početnih i rubnih uvjeta (uvjeti istoga opisa modela), scenariji se razmatraju na cjelovit način u smislu da se njihova funkcija može razumjeti samo u usporedbi s drugim scenarijima unutar grupe scenarija, koja se često naziva „obitelj“ scenarija. Vrijednosti vjerojatnost pojavljivanja određenog scenarija stoga se ne dodjeljuje.

Idealno, uvjeti koje scenarij ili „obitelj“ scenarija mora zadovoljiti su: plauzibilnost, dosljednost te orijentiranost ka kognitivnom ishodu. Svaki iz „obitelji“ scenarija mora biti unutar granica onoga što bi se zamislivo moglo dogoditi. Scenarij mora proći interni test konzistencije i test konzistentnosti unutar „obitelji“ scenarija. Kognitivni ishod podrazumijeva da svaki od scenarija, i „obitelj“ scenarija doprinosi specifičnim uvidima u prostor ponašanja modela.

U nastavku rada, poglavlje 2. i 3. studije su slučaja kroz predloženi teorijski okvir eksperimentalne metode i pripadajući joj pojmovni instrumentarij kroz primjere *in slico* i misaonog eksperimenta.

## 2 IN SILICO EKSPERIMENT – PROJEKCIJE BUDUĆE KLIME

### 2.1 NUMERIČKI MODEL

Prošlo je stoljeće i četvrt od kada je Svante Arrhenius objavio „*On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground*“<sup>22</sup>, i nešto više od pola stoljeća otkako su Syukuro Manabe<sup>23</sup> i Richard Wetherald objavili možda najutjecajniji znanstveni rad u području klime i klimatskih promjena: „*Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity*“<sup>24</sup>. U jeku Hladnoga rata i bojazni od nuklearne zime, Manabe i Wetherald razmatrali su mogućnost ubrizgavanja vodene pare u slojeve stratosfere pomoću flote nadzvučnih mlažnjaka. Razmatrajući utjecaj vodene pare i stakleničkih plinova u Zemljinj atmosferi na srednjak globalne temperature, Manabe i Wetherald procijenili su, ukoliko bi se tadašnje koncentracije ugljičnog dioksida u atmosferi udvostručile, povećanje srednje globalne temperature zraka od 2,3 °C (što nije daleko od današnjih procjena, od 3 °C). Syukuro Manabe papirom je i olovkom, te nešto kasnije limitiranim računalnim programima postavio temelje za današnje klimatske modele.

U razvojnim fazama kompleksnih klimatskih modela slijedili su modeli opće cirkulacije (eng. *Global Circulation Models*), koji se nazivaju i globalni klimatski modeli. Rani pojedinačni GCM-ovi „mapirali“ su po jedan od mehanizama Zemljinog klimatskog sustava, npr. model atmosfere i modeli oceana. Nešto sofisticiraniji „ansambli“ modela spajali su pojedinačne mehanizme kako bi pružili sveobuhvatan prikaz klimatskog sustava. Tako npr. modeli opće cirkulacije atmosfera-oceana (eng. *Atmosphere - Ocean GCM*) „mapiraju“ procese izmjene topline kopna, mora i atmosfere. Recentni GCMovi ansambli, modeli Zemljinog sustava (eng. *Earth System Models*), s (relativno) visokim stupanjem ispravnog „mapiranja“ u mogućnosti su iskazati stanje početnih uvjeta putem uzročnih i odnosa korelacija biokemijskih ugljičnih i dušičnih ciklusa, kemije atmosfere, ekologije oceana i kopnene vegetacije.

---

<sup>22</sup> Arrhenius 1896, 237 - 276

<sup>23</sup> Manabeove studije globalnog zagrijavanja nadogradnja su pionirskih otkrića Arrheniusa i Guya Stewarta Callendara. Arrhenius, koji 1903. dobiva Nobelovu nagradu u polju kemije za svoj rad o vodljivim elektrolitima, u kojem otkriva „stakleničko“ svojstvo ugljikovog dioksida (koristio je izraz "ugljična kiselina"). Važna značajka razlikovanja Manabeova modela bila je da uključuje snažne učinke konvekcije, koji su izostavljeni u izračunima Arrheniusa i Callendara.

<sup>24</sup> Manabe i Wetherald 1967, 241 – 259

## 2.2 RADIATIVE FORCING - NEZAVISNA VARIJABLA

IPCC<sup>25</sup> definira klimatsku promjenu kao svaku promjenu u klimi tijekom vremena, bilo zbog prirodnih promjena ili promjena koje su rezultat ljudskih aktivnosti (Strategija prilagodbe klimatskim promjenama, Narodne novine br. 46/2000). U definiranju klimatskih promjena, prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime, (UNFCCC) poseban se naglasak stavlja na antropogeno djelovanje:

*„Promjena klime koja se pripisuje izravno ili neizravno ljudskim aktivnostima koje mijenjaju sastav globalne atmosfere i koja je, pored prirodnih klimatskih varijabilnosti, promatrana tijekom usporedivih razdoblja.“* (Strategija prilagodbe klimatskim promjenama, Narodne novine br. 46/2000)

U kontekstu klimatskih modeliranja, simulacijama se nazivaju rezultati modeliranja trenutne i klime bliže budućnosti temeljeni na opservacijama i korekcijama, dok se "projekcijama" smatraju rezultati modeliranja buduće klime kroz numeričke promjene na nezavisnim varijablama u budućim vremenskim odsjecima  $t$  i određenoj poziciji  $x$  (prostorno-vremenska diskretizacija).

Niz je čimbenika koji utječu na promjenu klime, od kojih je temperatura prepoznata kao najutjecajnija i najosjetljivija nezavisna varijabla. Promjene u temperaturi atmosfere (one dugotrajne, izražene kao srednje godišnje i globalne) rezultat su utjecaja čimbenika na učinak zračenja (eng. *radiative forcing* - RF) u promjenama ravnoteže ulaznih i izlaznih energija u Zemljinom atmosferskom sustavu (izražena u vatima po četvornom metru  $W/m^2$ ). Porastom RF povećava se apsorpcija energije u klimatski sustav, što za posljedicu ima promjenu ravnoteže ulaznih i izlaznih energija te grijanje nižih slojeva atmosfere i hlađenje stratosfere, efekt kojega su već 1957. predvidjeli Manabe i Wetherald. Povijesni porast RF-a, u donosu na predindustrijski prosjek (1750. godina) zabilježen 1950. godine iznosio je  $0,57 W/m^2$ ,  $1,25 W/m^2$  1980. godine i  $2,29 W/m^2$  2011. godine. Porast RF-a od  $2,6 W/m^2$  u donosu na

---

<sup>25</sup> Međuvladin panel o klimatskim promjenama (Intergovernmental Panel on Climate Change) međuvladino je tijelo Ujedinjenih naroda, osnovano 1988. godine od strane Svjetske meteorološke organizacija (WMO) i Programa Ujedinjenih naroda za okoliš (UNEP). Tijelo broji 195 država članica koje upravljaju IPCC-om. Države članice biraju stručne predstavnike čija je zadaća obavještavanje o stanju znanja o klimatskim promjenama. IPCC ne provodi vlastita istraživanja. Stručnjaci, članovi panela, recenziraju dostupne publikacije o temama povezanim uz klimatske promjene, te objedinjuju ključne nalaze u tzv. Izvješćima o procjeni stanja klimatskih promjena za donositelje odluka (vlade) i širu javnost. Uvjetno rad IPCC moguće je okarakterizirati kao najveći sustavni proces recenzije u znanstvenoj zajednici.

predindustrijski prosjek okvirno korespondira povećanju srednjaka globalne temperature od 1,5 °C, porast na 4,5 W/m<sup>2</sup> oko 2,5 °C te porast na 8,5 W/m<sup>2</sup> 4 °C.

Procjena je IPCC-a da bi globalno zagrijavanje od 1,5 °C iznad predindustrijskog prosjeka, tijekom dužeg razdoblja, dovelo do velikih rizika za "neke regije i osjetljive ekosustave". Preporuka je bila postaviti granicu od 1,5 °C kao *Ultima Thule* — ako se svijet može držati ispod te granice, potencijalno bi mogao izbjeći ekstremne i nepovratne učinke klimatskih promjena (IPCC 2022).<sup>26</sup>

Porast RF-a na predindustrijski prosjek najizraženiji je u periodu od sredine prošlog stoljeća i dominantno je uzorkovan s porastom koncentracije stakleničkih plinova u atmosferi.<sup>27</sup> Prema procjeni IPCC porast koncentracije ugljičnog dioksida i porast RF-a i globalne temperature s velikom pouzdanošću mogu se pripisati ljudskom djelovanju. Rezultati klimatskih modela odnosno simulacije smatraju se "projekcijama" kada za cilj imaju procijeniti klimu budućnosti na temelju skupa pretpostavki društvenog ponašanja i njime povezanih antropogenih utjecaja.

### 2.3 ZAJEDNIČKE SOCIOEKONOMSKE PUTANJE - VANJSKA VARIJABLA

Od 2021. godine, kao vanjska varijabla odnosno scenarij predikcijskog GCM-a u upotrebi je pet ilustrativnih scenarija (odabranih od oko njih 40tak)<sup>28</sup>. Scenariji zajedničkih socioekonomskih putanja (eng. *Shared Socioeconomic Pathways*) narativi su koji opisuju alternativne putove za buduće društvo. Oni predstavljaju moguća buduća stanja stvari, od onih u kojima je odsutna klimatska politika do onih sa strogim mjerama smanjenja emisija stakleničkih plinova. SSP-ovi omogućuju znanstvenicima da ispituju prepreke i donositeljima odluka da odaberu politike za ublažavanje klimatskih promjena i prilagodbu u svakom mogućem budućem stanju stvari.

---

<sup>26</sup> Cilj Pariškoga sporazuma, potpisanog 2015. godine od strane 195 zemalja.

<sup>27</sup> Kako atmosfera ograničava prolaz infracrvenog (IR) zračenja sa Zemljine površine u svemir, koncentracije vodene pare, ugljičnog dioksida, metana, didušikovitog oksida i troposferskog ozona, doprinose infracrvenoj apsorpciji. Koncentracija vodene pare dugoročno su relativno stabilne, no koncentracije ugljikovog dioksida porasla je za više od 50% od predindustrijske ere, koncentracija metana se više nego udvostručila i u stalnom, didušikov oksid porastao je za 15%, a troposferski ozon također je porastu. Ovaj porast koncentracije stakleničkih plinova uzrokuje neravnotežu koja dovodi do hlađenja stratosfere i zagrijavanja troposfere.

<sup>28</sup> IPCC je neutralan u pogledu pretpostavki na kojima se temelje SSP-ovi; ne zatvara se mogućnost uporabe i alternativnih scenarija.

SSP su fleksibilniji i pretpostavljaju mogućnost da unutar jedne "obitelji" SSP-a može postojati više sličnih scenarija koji dovode do različitih razina RF-a, ili među „obiteljima“ scenarija različiti scenariji mogu rezultirati istim RF-om. Razlog tome je što različite pretpostavke o ambicijama za ublažavanje klimatskih promjena mogu rezultirati različitim koncentracijama emisijama unutar istog općeg društveno-ekonomskog narativa ili konteksta. SSP-ovi navode u obliku SSP „y - z“, pri čemu se „y - z“ odnosi na raspon RF koji bi bio dosegnut 2100. godine.

Tako na primjer, SSP1-1.9 i SSP1-2.6 proizlaze iz iste socio-ekonomske obitelji scenarija, SSP1 (održivost). Međutim, zbog pretpostavljenih različito „strogih“ mjera ublažavanja scenariji iste „obitelji“ imaju različite koncentracije emisija stakleničkih plinova što rezultira različitim RF-ovima (1,9 naspram 2,6).

S druge strane SSP5 scenariji imaju raspon RF-a od 3,4 do 8,5 W/m<sup>2</sup>. Pretpostavka SSP5 je nastavak ulaznog trenda korištenja fosilnih goriva do 2100. godine. No, ovisno o „strogosti“ mjera ublažavanja posljedica korištenja fosilnih goriva projekcije scenarija su različite. „Business as usual“ projekcija dostiže RF do 8,5 W/m<sup>2</sup> u SSP5-8,5. No, SSP5-3,4 pretpostavlja značajne napore i funkcionalne institucije sposobne za implementaciju vrlo strogih mjera ublažavanja posljedica korištenja fosilnih goriva (do 2030. godine) uz znatna ulaganja u obrazovanje i zdravstvo i brzi gospodarski rast. Stoga su oba SSP1 (održivost) i jedan od SSP5 (ovisnost o fosilnim gorivima) relativno optimistične projekcije s obzirom na povećanje srednje globalne temperature, no pretpostavljaju ubrzani razvoj društva. Razlikuju se po tome što SSP5 pretpostavlja da će društveni razvoj biti potaknut energetske intenzivnim gospodarstvom temeljenim na fosilnim gorivima, dok u SSP1 postoji sve veći pomak prema održivim praksama.

Socio-ekonomska obitelj scenarija SSP2 (SSP2,4 - 4,5) predstavlja scenarij "na sredini puta" gdje se povijesni obrasci razvoja nastavljaju kroz 21. stoljeće. Socio-ekonomska obitelj scenarija SSP3 (SSP3-7) nazvan regionalno rivalstvo i SSP4 (SSP4-3,4 i SSP 4-6) nazvan nejednakost, pesimističniji su u svom budućem gospodarskom i društvenom razvoju, s malo ulaganja u obrazovanje ili zdravstvo u siromašnijim zemljama, zajedno s brzorastućim stanovništvom i povećanjem nejednakosti.

Rezultati projekcija pet ilustrativnih kvalitativnih scenarija, kad je riječ o kratkoročnom razdoblju (2021. - 2040.) su sljedeći: stopa globalnog zagrijavanja od 1,5 °C vrlo vjerojatno će biti prekoračena prema scenariju vrlo visoke razine emisija stakleničkih plinova (SSP5 - 8.5), vjerojatno će biti prekoračena prema scenarijima srednje i visoke razine emisija stakleničkih plinova (SSP2 - 4.5 i SSP3 - 7.0), vjerojatnije je da će biti prekoračena nego da neće prema



scenariju niske razine emisija stakleničkih plinova (SSP1 - 2.6) i vjerojatnije je da će biti doseguta nego da neće prema scenariju vrlo niske razine emisija stakleničkih plinova (SSP1 - 1.9). Osim toga, kad je riječ o scenariju vrlo niske razine emisija stakleničkih plinova (SSP1 - 1.9), vjerojatnije je da će se globalna površinska temperatura vratiti na razine manje od 1,5 °C krajem 21. stoljeća nego da se to neće dogoditi, uz privremeno prekoračenje koje neće biti veće od 0,1 °C iznad stope globalnog zagrijavanja od 1,5 °C.

IPCC ne dodjeljuje kvalitativnu ni kvantitativnu vrijednost vjerojatnosti pojavljivanja određene obitelji scenarija.

## **2.4 ZAKLJUČNO O PROJEKCIJAMA BUDUĆE KLIME**

U slučaju računalne simulacije buduće klime, ispravno „mapiranje“ početnih i rubnih uvjeta klimatskoga modela, međuovisna je, ne nužno na aditivan ili multiplikativan način, kompleksnosti modeliranoga fenomena. Uspoređujući modelirani fenomen globalne klime sa shemom Mary B. Hesse, u modelu globalne klime, vertikalni odnosi svojstava (atmosfera, hidrosfera, kriosfera, tlo i biosfera) preko kojih se nastavlja poznati stabilni kauzalni niz unutar domene, oprimjeruju se (algoritmiziranim) temeljnim jednadžbama. Stabilni deterministički procesi oprimjereni temeljnim jednadžbama, ako su kompatibilni s veličinom mreže (rezolucija limitirana komputabilnom moći računala) dijelom su dinamike modela.

Međutim, zbog stohastične prirode globalnog klimatskog sustava, mnoštvo je svojstava fenomena, koji, iako imaju značajne učinke u danoj rezoluciji, ne mogu se oprimjeriti temeljnim jednadžbama, bilo zato što njihovi opis uključuju i opise rubnih uvjeta parcijalnih diferencijalnih jednadžbi bez jednoznačnog rješenja (npr. Navier–Stokesove jednadžbe), bilo zato što se instanciraju na rezoluciji koja je previše fina za proračunsku mrežu (npr. pojedinačni oblaci). Kako bi model bio adekvatna reprezentacija fenomena, međuodnosi svojstava fenomena koji nisu dijelom dinamike modela, u model moraju biti uključeni, kroz proces parametrizacije. I dok se rubni uvjeti ne-linearnih vertikalnih odnosa diskretnih činjenica zatvaraju pojednostavljenjima, iterativno, konkretnim numeričkim parametriziranim vrijednostima (npr. izmjena tokova topline, turbulencija, radijacija, kinematički efekti terena i konvekcije), vertikalni odnosi svojstava čija je rezolucija pre-fina za dani model, paramteriziraju se uspostavom statističkih veza temeljem prošlih klimatoloških podataka.

Modeli i na njima dobiveni rezultati simulacija, konkretne aproksimacije promijenjenih stanja početnih uvjeta modela, podliježu verifikaciji i validaciji. Dok se pod verifikacijom

podrazumijeva provjera pogrešaka u finalizaciji i kodiranju, validacija jest proces usporedbe rezultata simulacija s opažanjima pod istim uvjetima. Kako, zbog nelinearnosti procesa koji se odvijaju u datom sustavu, nije moguće za buduće projekcije klime ekstrapolirati trendove promjena klimatskih parametara koji su uočeni u prošlosti, validacija se provodi pridavanjem raspona vrijednosti „silama“ klime uočenih na terenu, te simulacijom sadašnje klime i usporedbom dobivenih rezultata s promatranim fenomenom. Odstupanja rezultata od promatranog fenomena korigiraju se nekom od prihvaćenih metoda ispravljanja pogrešaka (eng. *bias*).

Neovisno od korekcija, parametrizacije i pojednostavljenja razlikuju se od modela do modela, te simulacije daju različite procjene budućega stanja početnih uvjeta modela na kojem su izvedene. Ponavljanje simulacija i usporedba rezultata simulacija približava nas razumijevanju dinamike modela te fenomena kojeg predstavlja. Pridodajući kompleksnosti međuodnosa nezavisnih varijabli modela utjecaj vanjskih varijabli, bilo one prirodne (Sunčevo zračenje, erupcije vulkana) ili antropogene (opisane SSP-ovima), klimatski su modeli pojednostavljenije stvarnosti a rezultati simulacija reprezentacija trenutnog razumijevanja dijela dinamike, (epistemički) stohastičkog klimatskog sustava i limitirane komputabilne moći suvremenih računala.

### 3 MISAONI EKSPERIMENT

Iako je, stoljeće ranije, složenicu „Gedankenexperiment“ koristio Hans Christian Ørsted, prvi pokušaj sistematizacije pojma zabilježen je se s početkom 20. stoljeća, kada Ernst Mach, u iteraciji originalnog eseja „Über Gedankenexperimente“ analizira niz misaonih eksperimenata iz povijesti moderne znanosti uočavajući različitosti misaonih i „pravih“ ili „fizičkih“ eksperimenata.<sup>29</sup> Kako je esej izazvao veliki interes među fizičarima i filozofima te potakno raspravu o osnovnim metodološkim problemima znanosti, postalo je rašireno i gotovo općeprihvaćeno stajalište da je pojam „Gedankenexperiment“ u znanstveni pojmovni instrumentarij uveo Mach.

Za neke autore, sveprisutni od predsokratovaca u obliku obrazaca konceptualnih matematičkih dokaza do recentnog „problema poravnanja“, misaoni su eksperimenti stari koliko i sama filozofija. Za Jamesa Roberta Browna misaoni su eksperimenti uvidi u platonistički svijet vječnih ideja; izvode se u „laboratoriju uma“ i dalje od toga, napominje, teško je reći što su oni. (Brown, 1991, 1) Idealizaciji misaonih eksperimenata skloni su Albert Einstein i Leopold Infeld. Misaoni su eksperimenti fantastični, „idealizirani eksperimenti“; ne mogu se derivirati niti biti izvedeni u stvarnosti, već se izvode samo mišljenjem, pa čak i spekulativnim mišljenjem. Međutim, i gotovo je nevjerojatno da onaj, čiji misaoni eksperiment započinje sa: „... *Zamišljam, da brzinom  $c$ , pratim zraku svjetlosti...*“ naglašava kako su misaoni eksperimenti dosljedni iskustvu i vode do dubokog razumijevanja (Einstein i Infeld, 1938, 214). Dok su na idealističkoj strani spektra već spomenuti Einstein, Infeld, Brown, za Johna D. Nortona, uz krajnji skepticizam prema njihovoj fantastičnoj prirodi, misaoni su eksperimenti reducirani na pitoreskne argumente.

Za Macha, na tragu rudimentarne klasifikacije, pošto misaone eksperimente nalazimo u umjetnosti, znanosti, religiji, njihova je uloga raznovrsna. Mogu biti usmjereni ka kontemplaciji, hipotetiziranju, mogu nas zabavljati ili pak potaknuti na meditativna razmišljanja, educirati ili motivirati. Za Nenada Mišćevića, Machova je inkluzivna teleološka klasifikacija preširoka. Mišćević nudi novu kategoriju, kojom obuhvaća raznolike svrhe i naziva ju imaginativnim misaonim vježbama (eng. *Imaginative exercises in thought* - IET). I dok ostali IET-ovi mogu kao nusprodukt proizvesti spoznaju i razumijevanje, samo su misaoni eksperimenti usko fokusirani na jedinstveni kognitivni ishod. Utopije i distopije orijentirane su ka motivaciji, religijske i terapijske IET ka meditaciji, dok samo su misaoni eksperimenti IET

---

<sup>29</sup> Engleski termin „thought experiment“ skovan je pri prijevodu Machovih spisa.

orijentirane na spoznaju i razumijevanje. Za Miščevića, misaoni je eksperiment podvrsta IET koji se odvija u visoko kontroliranim uvjetima uz svjesnu minimalizaciju emocionalnih stanja i visokog stupnja racionalnosti, u potrazi za jedinstvenim odgovorom na precizno pitanje usmjereno ka spoznaji i razumijevanju, a ne izgradnji karaktera ili izazivanju emocija (Miščević, 2022, 11 - 15). Miščevićeva kategorizacija, sa strogim metodičkim zahtjevima i jedinstvenim ciljem, smješta postupak misaonog eksperimentiranja, kao podvrstu IET-a u znanstvenu domenu.

No, za neke je autore, eksperimentalna znanost 17. st. kao i Machova rudimentarna klasifikacija nametnula stav da su istinski informativni misaoni eksperimenti samo iz domene matematike i ostalih prirodnih znanosti. I danas je prisutna, kao tendencija a ne kao pravilo, da se misaone eksperimente, dijeli na one iz filozofije i one iz polja (prirodnih) znanosti. Dok se misaoni eksperimenti u metafizici, epistemologiji i filozofiji jezika, bave<sup>30</sup> tipično analizom ili karakterizacijom koncepta, u etici tvrdnjama o normativnom načelu ili teoriji, potonji se bave empirijskim tvrdnjama i teorijama.

Kako bih razmotrila utemeljenost podjele sagledati ću četiri poznata, kronološki poredana, primjera: Platonovog Gigu, Stevinovu kosinu bez trenja, Galileov slobodni pad i Maxwellovog demona.

### *Gigov prsten*

U Platonovoj Državi, igrajući đavoljeg odvjetnika Sokratovoj tezi da je “pravičnost“ i moralno dobar život najviše dobro, Glaukon staje u obranu teorije društvenog ugovora i instrumentalizacije „pravičnosti“. U mitu o Gigu, doznajemo priču o lidijskom pastiru koji, nakon što pronade prsten nevidljivosti, prije no što ubije kralja zavede kraljicu, te sebi prisvoji vlast. Pod pretpostavkom da se u istoj situaciji - djelovanja nesputanog strahom od posljedica, nađu dva čovjeka - pravednik i nepravednik, rezultat bi, zaključuje Glaukon, bio isti - oba bi ispunjavala vlastite želje bez obzira činili li pritom nepravde. Za Glaukona, moralnost jest kompromis kojim racionalni djelatnici pristaju ne nauditi jedni drugima ograničavajući vlastito sebično ponašanje.

---

<sup>30</sup> Specifično koristim širi pojam „bave se“ li „razmatraju“ umjesto pojma „testiraju“, s obzirom da šira rasprava o misaonim eksperimentima uključuje stavove prema kojima oni ne pripadaju široj obitelji eksperimenata.

### *Stevinova kosina*

Simon Stevin promišlja o pravokutnom trokutu ACB čija je stranica AC dvostruko dulja od stranice BC. Zamišljajući neprekinuti niz četrnaest karika koje se mogu slobodno rotirati (pretpostavka ravne bez trenja) oko točaka x, y, z. Na duljoj AC strani nalaze se četiri karike, na upola kraćoj BC strani nalaze se samo dvije karike. Ispod trokuta raspoređeno je osam karika na simetričan način, četiri pod točkom x i četiri pod točkom y. Ukoliko četiri karike na dužoj strani trokuta ne bi bile uravnotežene sa dvije na kraćoj, jedna strana bi bila teža od druge. Ako se dodaju i po četiri karike odozdo tada bi osam karika na lijevoj strani bilo teže od šest na desnoj. Neravnoteža bi trebala dovesti do pokretanja lanca. Ali neravnoteža bi, naravno, ostala, koliko god dugo se lanac kretao, stvarajući *perpetuum mobile* prve vrste. Nazovimo ovo ponovno međuzaključkom. Kako je *perpetuum mobile* prve vrste nemoguć (krši prvi zakon termodinamike), Stevin konačno zaključuje o odsutnosti bilo kakvog gibanja, bilo u situaciji prvobitne ravnoteže ili u situaciji neravnoteže lanca nad ravnima bez trenja.

### *Galileov slobodni pad*

Još jedan u literaturi često ponavljani primjer jest pola stoljetni<sup>31</sup> misaoni eksperiment Galilea, usmjeren ka kritici aristotelovskog mišljenja kako teži objekti padaju brže od lakših objekata, odnosno da je brzina kretanja (pada) proporcionalna relativnoj težini tijela. Pretpostavimo, kaže Galileo (Salviati) da je Aristotel u pravu. „Spojimo li dva tijela čije su prirodne brzine različite, jasno je da će pri spajanju to dvoje brže tijelo biti usporeno sporijim, dok će sporije tijelo biti ubrzano bržim. Čini se tada, kako će spojeni sustav biti sporiji od prirodno teškog tijela. Čini se istovremeno, kako će spojeni sustav biti brži od prirodno lakšeg tijela. Pretpostavka da je brzina proporcionalna relativnoj težini tijela dovodi do apsurd.“ Nazovimo ovo ponovno međuzaključkom na kontradikciji. Galileo (Salviati) konačno zaključuje kako će sva tijela, u vakuumu<sup>32</sup>, padati istom brzinom. Eksperimentima (na Mjesecu i) u vakuumskim komorama Galileov je zaključak potvrđen.

---

<sup>31</sup> *De motu antiquiora* (1590.) i *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* (1638.)

<sup>32</sup> Za potrebe ovoga rada izložena je nešto jednostavnija verzija misaonog eksperimenta, za razliku od originalnog prijedloga s eksplicitno definiranim materijalom konstitucijom i dimenzijama dvaju tijela, te analizom otpora medija.

### *Maxwellov demon*

Zadržimo se u fizici, na drugom zakonu termodinamike Rudolfa Clausiusa, koje nam u suštini govori da entropija svemira uvijek raste, odnosno nemoguće je da u izoliranom sustavu, toplina prijeđe s hladnijeg na toplije tijelo osim ako neka druga promjena ne prati proces. Opravdan zakonima mehanike, Clausius smatra da je drugi zakon termodinamike primjenjiv na sve toplinske pojave, neovisno dešavaju li se na mikro i makro razini. Krajem 19. stoljeća James Clerk Maxwell svojim „demonom“ (*perpetuum mobile* druge vrste) ukazuje na mogućnost statističke, a ne univerzalne prirode drugog zakona termodinamike. Rasprava je još uvijek otvorena<sup>33</sup>.

Raniji primjeri, izgleda da, ne podržavaju rudimentarne tendencije delineacije misaonih eksperimenata. Iako usmjeren ka opovrgavanju Sokratove teze o „pravičnosti“ kao dobru po sebi, Gigov je prsten prema teorijskim posljedicama neutralan, drugačija perspektiva analizi normativnog načela, ne razmatra empirijsku tvrdnju ili teoriju već normativno načelo, ipak, temelji se na opažajnoj eksternoj referentnoj domeni. Prsten nevidljivosti pozitivna je analogija, pomak nomološki mogućeg stanja stvari u kojem djelatnik za svoja nemoralna postupanja, ne biva sankcioniran.

Stevinova je kosina bez trenja, pozitivan prijedlog potvrde etablirane teorije, razmatra empirijsku tvrdnju, pozivanjem na stanje nomološki nemoguće eksterne referentne domene

---

<sup>33</sup> Jedan od utjecajnijih odgovora na Maxwellov misaoni eksperiment ponudio je 1929. Leó Szilárd (Szilard 1929, 840 – 856), istaknuvši da bi stvarni Maxwellov demon morao imati neko sredstvo za mjerenje brzine molekula plina u komorama. Sam čin pribavljanja informacija o brzini molekula plina u komorama zahtijeva utrošak energije, stoga se u obzir mora uzeti ukupna entropija plina i demona. Rolf Landauer 1961. godine ponudio je iznimku od Szilárdovog argumenta, postulirajući termodinamički reverzibilne procese mjerenja, čime bi drugi zakon termodinamike mogao biti narušen. (Landauer 1961, 183 – 191) Međutim, demon, kako bi odlučio da li da propusti molekulu ili ne, o njoj mora pribaviti određenu informaciju. Dobivenu informaciju potom skladišti ili odbacuje, no zbog uzajamne veze između termodinamičke entropije i informacijske entropije, odbacivanje informacije dovodi do povećanja entropije, dok s druge strane demon nema beskonačni informacijski skladišni prostor. Landauerovo načelo postulira minimalnu energiju potrebnu za brisanje jednog bita informacije proporcionalnu radnoj temperaturi sustava. I dok su Raoul Dillenschneider i Eric Lutz 2009. godine u izvedenim simulacijama pokazali da Landauerovo načelo ne vrijedi za sustave na nanoskali, John Earman i John Norton ukazali su na cirkularnost Szilárdovog i Landauerovog objašnjenja demona (Earman i Norton 1998, 435), ostavljajući vrata otvorena za sljedećih 170 godina rasprave.

(ranije smo spomenuli Stevinov tip model, konkretan jer predstavlja totalitet, odnosno numerički je identičan s nomološki i metafizički nemogućim ciljnim sustavom).

Prema teorijskim posljedicama, Galileov je misaoni eksperiment negativan odnosno usmjeren opovrgavanju etablirane Aristotelove teorije, no istovremeno i pozitivan jer je usmjeren ka uspostavi nove teorije ciljajući empirijsku tvrdnju (tada) suprotnu opažajnoj eksternoj referentnoj domeni (vakuum).

Maxwellov je misaoni eksperiment neutralan s tendencijom da bude negativan, jer ne opovrgava drugi zakon termodinamike, već njegovu univerzalnu valjanost, te prijedlog konceptualne analize suprotnu opažajnoj eksternoj referentnoj domeni.

Raznolikost prethodnih primjera misaonih eksperimenata, njihovih teorijskih posljedica i kognitivnih ishoda te ontičkih ravni referentnih domena govori u prilog potrebe za nešto drugačijom delineacijom.

S fokusom na teorijske posljedice, široko je prihvaćeni stav među teoretičarima misaonih eksperimenata da posebnu epistemičku snagu posjeduju tzv. negativni (destruktivni) misaoni eksperimenti. Bilo da ukazuju na kontradikcije u postojećem korpusu znanja/vjerovanja, u etabliranim teorijama ili u postojećim misaonim eksperimentima, destruktivni misaoni eksperimenti dokazuju da nešto nije slučaj.

No što je s epistemičkom generativnošću pozitivnih odnosno konstruktivnih misaonih eksperimenata? Mogu li konstruktivni misaoni eksperimenti biti metodološki adekvatni u potrazi za jedinstvenim odgovorom na precizno pitanje usmjereno ka spoznaji i razumijevanju?

Dok su na strani pozitivnog odgovara već spomenuti Einstein, Infeld, Brown, za Johna D. Nortona, uz krajnji skepticizam prema njihovoj fantastičnoj prirodi, pozitivni su misaoni eksperimenti pitoreskni argumenti; induktivni misaoni eksperimenti podložni su problemu indukcije, deduktivni reorganiziraju postojeća znanja ne dajući novo opravdanje (Norton, 1991, 1996, 2004). Na tragu Nortona, za neke je autore osnovna epistemička funkcija konstruktivnih misaonih eksperimenata u „cementiranju“ znanja, a ne u njegovu stvaranju.

Srednji put predstavlja eksperimentalizam kojeg je prvi predložio Mach (1897. i 1905.).<sup>34</sup> Eksperimentalizam obuhvaća niz različitih pristupa koji promiču stajalište da su misaoni eksperimenti "granični slučajevi" običnih eksperimenata.

---

<sup>34</sup> <https://plato.stanford.edu/entries/thought-experiment/#Expe>

Iako Mach uviđa epistemičku koristi u sposobnostima misaonih eksperimenata da unište predrasude o prirodi (što bi prema mojem promišljanju bili negativni odnosno destruktivni misaoni eksperimenti).

Centriranje misaonih eksperimenata u znanstvenu domenu, kao metode, zahtjeva da eksperimentni moment hipotetskog često (formom) protu-činjeničnog (eng. *counterfactual*) dolaženja do istine uključuje neki konkretni element iskustva<sup>35</sup>. No uvjet elementa iskustva, iz stajališta minimalnog realizma, isključiti će (uvjetno) iz obitelji misaonih eksperimenata one (konstruktivne ili destruktivne) ciljne ka prosudbi o ispravnosti hipoteza isključivo unutar teorijskih okvira, sa naglaskom na one misaone eksperimente čiji (tip) modeli reprezentiraju nomološki nemoguće eksterne referentne domene (zemljinu blizanku, kosinu bez trenja, putovanje brzinom svjetlosti, itd.). Fokusrajući se na različite ontičke ravni referentnih domena misaonih eksperimenata, za Kathleen V. Wilkes, iz perspektive eksperimentalizma, epistemička generativnost istoznačna je s intuicijama koje misaoni eksperimenti proizvode. Na primjeru Maxwellovog demona, Einsteinovog putovanja brzinom svjetlosti i Stevinove kosine bez trenja iz polja prirodnih znanosti, te Platonovog Gige i Putnamove zemlje blizanke Wilkes ukazuje na razloge zbog kojih možemo vjerovati intuicijama koje proizvode „fantastični“ znanstveni misaoni eksperimenti, za razliku od intuicija koje proizvode „fantastični“ misaoni eksperimenti iz polja filozofije. Wilkes zaključuje kako „fantastični“ znanstveni misaoni eksperimenti istražuju prirodne vrste, adekvatno opisujući svoju pozadinu, a nemoguće pretpostavke na koje se oslanjaju nisu relevantne za zaključak, dok „fantastični“ filozofski misaoni eksperimenti istražuju neodređene pojmove, neadekvatno opisujući svoju pozadinu, dok su nemoguće pretpostavke na koje se oslanjaju relevantne za zaključak (Wilkes 1998, 1 - 48).

Pozicija koju zauzima Wilkes otvara dvije relevantne teme unutar rasprave o epistemičkoj generativnosti pozitivnih misaonih eksperimenata, onu o pozadini i onu o intuiciji, čije je razrješenje neophodno u formiranju odgovora na centralno pitanje ovoga rada. Stoga ću u nastavku detaljnije razmotriti opravdanosti argumenata kojima Wilkes dodjeljuje primat epistemičke funkcije znanstvenim misaonim eksperimentima.

Slično stavu kojeg branim, Wilkes smatra metodu eksperimenta ponovljivim postupkom namjerne manipulacije određenog faktora fenomena pod određenim uvjetima koji dozvoljavaju da se prate uzroci ili posljedice razmatranog fenomena. Na tragu Machove rudimentarne klasifikacije prema polju, za Wilkes, misaoni eksperimenti u prirodnim

---

<sup>35</sup> Brown, J.R. i Fehige, Y. 2014. "Thought Experiments". U: Stanford Encyclopedia of Philosophy. (<http://plato.stanford.edu/archives/fall2014/entries/thought-experiment/>)



znanostima istražuju prirodne vrste<sup>36</sup>, dok u polju filozofije istražuju „neodređene pojmove“. Različito od filozofskih, znanstveni misaoni eksperimenti adekvatno opisuju svoju pozadinu, odnosno eksperimentator (ili interlokutor) ima sve informacije neophodne za donošenje intuitivnog zaključka. I na kraju, različito od filozofskih, znanstveni misaoni eksperimenti, kada se oslanjaju na neku nemoguću pretpostavku, ona nije relevantna za zaključak. Razmotrimo navedeno ponovno na Platonovu i Stevinovu misaonom eksperimentu.

Stevin nas poziva da zamislimo trokut oko kojega je neprekinuti niz karika. Dakle zamišljamo svijet (pozadinu) sa svim važećim zakonima fizike uz izuzetak trenja. Prema Wilkes, iako je pozadina nomološki i metafizički nemoguća, zamišljanje svijeta u kojem je jedina razlika od onog stvarnog odsustvo trenja eksperimentatoru (ili interlokutoru) ne predstavlja problem, te će on intuitivno postići ispravan zaključak. Fantastična pretpostavka - odsustvo trenja irelevantna je za zaključak (ne slažem se s Wilkes, smatram da je, trenje nužno svojstvo preko kojeg se nastavlja kauzalni odnos unutar domene).

Nasuprot zamišljanja svijeta u kojem postoji kosina bez trenja, zamišljanje svijeta (pozadine) u kojem je eksperimentator nevidljiv, prema Wilkes, za eksperimentatora je izuzetno zahtjevno. Osim toga, nevidljivost je relevantna za proizvodnju intuicije i relevantna za zaključak (svojstvo domene preko kojega se nastavlja kauzalni niz). Stoga, donošenje relevantnih zaključaka putem „fantastičnih“ filozofskih misaonih eksperimenata nije moguće jer eksperimentatori moraju odabrati između: a) zamišljanja pozadina i pretpostavki misaonog eksperimenta u suprotnosti sa vanjskim svijetom kojeg poznaju ili b) zamišljanja pozadina i pretpostavki misaonog eksperimenta u potpuno arbitrarnome i nepoznatome fiktivnom vanjskom svijetu. U slučaju a) postignuta je intuicija kontradiktorna zakonima prirode i zakonima fizike, u slučaju b) doneseni je zaključak fantastičan i ne govori ništa o vanjskome svijetu (Wilkes 1998, 46).

Iz stava eksperimentalizma, uz uvjet elementa iz iskustva, centrirajući misaone eksperimente u znanstvenu metodu, složiti ću se Wilkes da, kako bi intuicija bila ispravna (ili uopće izazvana), pozadina mora biti adekvatno opisana te pretpostavke, ukoliko su relevantne

---

<sup>36</sup> Da je vrsta prirodna znači minimalno, da ona pripada kategoriji koja odražava neke relevantne aspekte prirodnoga svijeta, a ne interese i djelovanje ljudskih bića. Prirodne vrste dopuštaju formiranje istinitih induktivnih generalizacija (i/ili znanstvenih zakona) o entitetima grupiranim unutar njih. Suprotstavljanjem „prirodnih vrsta“ i „neodređenih pojmova“, Wilkes odvaja misaone eksperimente iz prirodnih znanosti koje testiraju univerzalno važeće tvrdnje o prirodi naspram misaonih eksperimenata u filozofiji koji testiraju artificijelne i arbitrarne tvrdnje o interesima i djelovanju ljudskih bića.

za zaključak, moraju biti moguće. Ukoliko pozadina odnosno ontička ravan referentne domene uvjetuje stvaranje ispravne intuicije o eksperimentnom cilju, u usporedbi Stevinove kosine bez trenja i Platonovog prstena nevidljivosti, različito od Wilkes, primat epistemičke generativnosti dodjeljujem filozofskom misaonom eksperimentu. Gigov prsten (iako ne testira prirodne vrste), adekvatno opisuje (ono što Wilkes naziva pozadinom) model nomološki moguće, empirijski provjerljive eksterne referentne domene. „Fantastična“ pretpostavka nevidljivosti, relevantna je za zaključak, no eksperimentator (ili interlokutor) s lakoćom prevodi pozitivu analogiju u nomološki moguće stanje svijeta u kojem djelatnik za svoja nemoralna postupanja, ne biva sankcioniran.

Stevinova kosina (i Einsteinovo putovanje brzinom svjetlosti, i Putnamova zemlja blizanka), također ne testira prirodne vrste već postojeće induktivne generalizacije (u slučaju zemlje blizanke normativnu teoriju). Različito Gigovu prstenu, Stevinov tip (eng. *type*) model opisuje nomološki nemoguće stanje referentne domene, u kojoj je svojstvo – nosila kauzalnog odnosa negirano, i time prekinut kauzalni niz. Donošenje zaključaka, stoga, zahtjeva - b) zamišljanje pozadina i pretpostavki misaonog eksperimenta u potpuno arbitrarnome i fiktivnom vanjskom svijetu s nepoznatim kauzalnim odnosima među svojstvima. Doneseni zaključak o Stevinovom kosini fantastičan je i ne govori ništa o vanjskome svijetu.

Iz verzije teorije eksperimentalizma s komplementarnom teorijom - teorijom mentalnog modela, koju u nešto izmijenjenom obliku, uz Ernana McMullina, Miščevića, Nersessian i Tamar Szabo Gendler, u nastavku rada pokušati ću, detaljnije na primjeru Gigova prstena, opravdati pridavanje primata epistemičkoj generativnosti konstruktivnim (filozofskim) misaonom eksperimentima.<sup>37</sup>

### 3.1 TEORIJA MENTALNOG MODELA

Prema Gendler, misaono eksperimentiranje uključuje rezoniranje o određenom skupu scenarija, opisanih detaljnije od onog zaključnog. Rezonatorov način pristupa scenariju je putem mašte s određenom svrhom - potvrdom ili opovrgavanjem neke hipoteze ili teorije. (Gendler, 2004, 1155) Prema Nersessian, misaono eksperimentiranje uključuje konstrukciju mentalnog modela kojim se potom manipulira putem simulacije. Govoreći o znanstvenim misaonim eksperimentima, Nersessian pretpostavlja da, poput fizičkih modela, mentalni

---

<sup>37</sup> Uvjetno, kako obrazlažem u poglavlju o epistemičkoj generativnosti konstruktivnih misaonih eksperimenata.

modeli nisu propozicijske prirode. Misaono eksperimentni narativ usredotočuje se na konstrukciju modela i manipulaciju modelom kroz simulaciju. Za razliku od manipuliranja propozicijskim reprezentacijama korištenjem logičkih pravila, manipuliranje ne - propozicijskim mentalnim modelima omogućava epistemički pristup određenim značajkama trenutnih reprezentacija (Nersessian 2017, 319 - 320).

Miščević, kao i Gendler, smatra da, u procesu mentalnog modeliranja, centralnu ulogu igra mašta eksperimentatora, a intuicije, kao proizvodi misaonih eksperimenata nisu rezultatom formalnog, logičkog, zaključivanja, već manipulacije scenarijima s vanjskom referentnom domenom. Misaono je eksperimentiranje proces koji započinje s dizajnom modela adekvatnog za testiranje teza/teorija koje treba ispitati, te uključuje konstrukciju scenarija koji treba razmotriti, te prezentacijom tako konstruiranog scenarija subjektu eksperimenta (eksperimentatoru ili interlokutru). Na strani subjekta, eksperiment se nastavlja zamišljanjem i svjesnom razradom. Svjesna razrada kulminira odlukom koja se odnosi na ispitivanu tezu/teoriju. Subjektu se odluka predstavlja kao očigledan i uvjerljivi „poziv da vjeruje“ ili izravno kao uvjerenje. Takva stanja (pozivi na vjerovanje ili neposredno uvjerenje) tradicionalno opisuju kao intuicija. Intuicija se uspoređuje, varira ili poopćava sa sličnim slučajevima te se konačno postiže reflektivni ekvilibrij. (Miščević, 2022, 17 - 23) Misaoni eksperimenti dizajnirani su kako bi proizveli intuicije o tezama/teorijama koje se ispituju. To, po dizajnu, čine na način da aktiviraju kognitivne kompetencije. Uz lingvističke kompetencije po standardnom Chomskyjevom prijedlogu, Miščević generalizira i uključuje snalaženje u prostoru i vremenu te naivnu fiziku kao urođene, evolucijske, kognitivne kompetencije. Rezultati su aktivacije kognitivnih kompetencija intuicije, pozivi na vjerovanje ili neposredno uvjerenje (Miščević 2022, 65).

Dobro konstruirani misaoni eksperiment će, u visoko kontroliranim uvjetima uz svjesnu minimalizaciju emocionalnih stanja, minimalizirati i proizvodnju primitivnih često pogrešnih intuicija, no ipak, jednom kada se intuicije postignu, u daljnjim se fazama eksperimenta iste testiraju, uspoređuju i usklađuju dok se ne postigne reflektivni ekvilibrij (Miščević 2022, 123).

### **3.2 MISAONI EKSPERIMENT NA MENTALNOM MODELU - GIGOV PRSTEN**

S ciljem razmatranja epistemičke generativnosti pozitivnih misaonih eksperimenata, oslanjajući se na Machov eksperimentalizam i Miščevićevu teoriju mentalnog modela, ponuditi ću u nastavku, vlastito viđenje procesa misaono eksperimentne metode. Proces je podijeljen u

faze, dok je pojmovni instrumentarij iz uvodnog razmatranja o modelima i *in silico* eksperimenata na njima istoznačan pojmovnom instrumentariju ovog poglavlja, no nešto izmijenjen u odnosu na Miščevićev.

Misaoni eksperiment započinje dizajnom, koji uključuje postavljanje ciljeva eksperimenta, odnosno tvrdnje koja se testira, gradnju mentalnog modela, odabir nezavisne i prema potrebi očuvanjem vanjske varijable kojom se model manipulira do uočene promjene početnih uvjeta. Zatim se nastavlja s prezentacijom tako konstruiranog modela eksperimentnom subjektu (bilo samom eksperimentatoru, bilo interlokutoru), čiji će um biti, u Brownovoj metafori, laboratorij. Svjesna razrada kulminira odlukom koja se odnosi na rezultat uočene promjene na modelu.

1. faza - Misaono je eksperimentiranje proces koji započinje, izolacijom eksperimentnog cilja, normativne tvrdnje koju treba istražiti:

*„Svako biće po prirodi teži za vlašću, samo ga zakoni sprečavaju i silom primoravaju da zastane kod ravnopravnosti.“*

(Država, 359c)

2. faza - Misaono se eksperimentiranje nastavlja konstrukcijom adekvatnoga mentalnog modela za istraživanje eksperimentnog cilja.

*„..... On (Gigo) je bio pastir u službi tadašnjega kralja lidijskoga; jednog se dana, tako kaže priča, poslije velikog nevremena i potresa raspukla zemlja i nastao ponor baš na mjestu, gdje je pasao. Kad on to opazi, začudi se i sade dolje te pored drugih čudesa pričaju, da je vidio šuplja mjedena konja s vratašcima.*

*Kad je na njih zavirio, vidio je unutra mrtvaca, kako mu se pričinilo, većih razmjera od obična čovjeka; on nije ništa imao nego na ruci zlatan prsten. Pastir ga je skinuo i izišao. Kad su se pastiri po običaju sakupili, da na koncu mjeseca jave kralju o stadima, dođe i on s prstenom.“*

(Država, 359d-e)

Naizgled irelevantni, no pomno odabrani detalji opisa svojstava i dinamike, svojevrsan su ansambl modela vanjskoga svijeta i Gigova karaktera. Kako se model oprimjeruje propozicijama prirodnog jezika, Platonov model po analogiji reprezentira, uz minimalnu apstrakciju, fenomen vanjskog svijeta. Suprotno stavu Wilkes, pozadina (model) je adekvatno opisana, horizontalni odnosi analoga uključuju uočljive sličnosti sa uobičajenim pojavama, dok su vertikalni odnosi zakona fizike dijelom pozadinskog znanja i općeg uvjeta argumentacije

(obrasci formalne logike). Metafora pastira<sup>38</sup> (prisjetimo se lika pastira u Kralju Edipu) snažno evocira određene pozitivne karakteristike ljudskih bića, dok vrlo kratak opis ulaženja, skidanja, uzimanja, odlaženja insinuira iskustveno provjerljivu vanjsku referentnu domenu, njezine prirodne zakonitosti i uzročne odnose. Evokativni model priziva aktivaciju kognitivnih kompetencija.

3. faza - Nakon prezentacije modela nastavlja se odabirom nezavisne varijable, faktora čija će manipulacija dovesti do promjene stanja početnih uvjeta modela:

*„Dok je s ostalima sjedio, slučajno je okrenuo zarez prstena prema nutarnjoj strani ruke, a nato je postao nevidljiv onima, koji su kraj njega bili, i oni su o njemu razgovarali, kao da je otišao. On se čudio, opet se prstena dotaknuo i okrenuo je zarez van, i nato je postao vidljiv.“*

(Država, 359e)

U slučaju Gige, nezavisna jest varijabla nevidljivost, izmjena početnih uvjeta iz stanja gdje (ne)djela imaju posljedice u stanje gdje ih nemaju. Metafora u slučaju prstena, ponovno, nije problematična, jer se pomak po paradigmatškoj osi izvodi s lakoćom i može predstavljati bilo koji nomološki mogući događaj analogan odgovarajućem stanju stvari u svijetu u kojem djelatnik za svoja nemoralna postupanja ne biva sankcioniran. Suprotno stavu Wilkes, pretpostavka relevantna za zaključak (nezavisna varijabla) nomološki je moguća.

4. faza - Sljedeća je faza svjesna razrada odnosno manipulacija nezavisnom varijablom do uočene promjene na modelu.

*„Brzo mu je iza tog otkrića uspjelo, da bude među glasnicima, koji su išli kralju. Kad dođe na dvor, zavede njegovu ženu, navali s njom na kralja, ubije ga i prisvoji sebi vlast.“*

(Država, 360b)

Prema Millovom „kanonu razlike“ induktivnog zaključivanja (Mill 2008, 429), svojstvo koje dovodi do promijenjenih uvjeta modela uzrok je ili neophodni dio uzroka pojave odnosno fenomena. U slučaju Gige, prema modelu Mary Hesse, „prsten nevidljivosti“ jest neophodni dio uzroka pojave, nosilac kauzalnog odnosa unutar domene i djelom je dinamike modela.

Naš Gigo, sada kralj, a ne pastir, djelatnik je s neograničenom moći.

---

<sup>38</sup> Estetski detalji u misaonim eksperimentima, prema određenim autorima, služe kako bi pojačali ključne elemente misaonog eksperimenta. (Arcangeli 2017, 486)

4 a. faza - Samo ukoliko eksperimentni cilj zahtijeva izolaciju čimbenika s potencijalno relevantnim utjecajima na stanje nezavisne varijable, prezentiraju se dodatne vanjske varijable. Npr. što ako je eksperimentalni subjekt, odani vjernik, čija pravednost u ovom životu garantira spokoj u zagrobnom. Hoće li ovako formulirana vanjska varijabla, postojanje sveznajućeg bića, imati doseg na rezultat manipulacije onom nezavisnom. U slučaju Gige, nezavisna jest varijabla nevidljivost, izmjena početnih uvjeta iz stanja gdje (ne)djela imaju posljedice u stanje gdje ih nemaju. Prva će intuicija odanoga vjernika, susprezanje od uporabe prstena, biti pogrešna, budući da je vanjska varijabla negira nezavisnu.

Naš odani vjernik, svjestan pogreške, pristupa manipulaciji početnih uvjeta modela iz stanja gdje (ne)djela imaju posljedice u stanje gdje ih nemaju, neovisno o ontičkim ravnima svjetova (ovog ili zagrobnog). Ponovljena svjesna razrada kulminira u sljedećoj (5.) fazi koja se odnosi na rezultat uočene promjene na modelu manipulacijom nezavisne varijable.

5. faza -Svjesna razrada kulminira (ispravnom) intuicijom o uočenoj promjeni početnih uvjeta modela.

*„Kad bi se dakle našla dva takva prstena, pa bi jedan nataknuo pravednik, a drugi nepravednik, nitko, čini se, ne bi bio tako nesalomljivo čvrst, da bi ostao kod pravednosti i htio uzdržavati se i ne dirati u tuđe, kad bi mogao i s trga bez straha po volji uzimati, i u kuće zalaziti pa ljubiti žene po volji, i ubijati i iz tamnice po volji oslobađati, te ostalo radi ti kao bog među ljudima.“*

(Država, 360b)

Eksperimentator (ili interlokutor) pozvan je, promišljati iz vlastite referentne domene u odnosu 1:1 sličnosti svojstava prema danom opisu dinamike Platonova modela. Pomičući se po paradigmatškoj osi, zamišlja sebe, sebi bliskoga ili nekoga trećega kako u hipotetskoj situaciji postupio, bi li se manifestiralo svojstvo, eksperimentni cilj - zadovoljavanje vlastitih sebičnih želja.

Kako model predstavlja „nevidljiva svojstva“ kao vidljiva i dostupna, tako omogućava uočavanje kauzalnosti i korelacija među svojstvima pojave, te se u osnovnom eksperimentu aktiviraju kognitivne kompetencije, izazivajući stanje „poziva da vjeruje“ ili izravno kao uvjerenje o „silama koje vladaju fenomenom“ koje se, po liniji Chomsky, Goldman i Mišćević, opisuje kao intuicija. Uz pretpostavku principa uniformnosti prirode, da u prirodi postoje paralelni slučajevi, da će budućnost sličiti na prošlost, da će ono što nismo imali u iskustvu nalikovati onome što smo iskusili ili uočili, subjektu eksperimenta, iako hipotetsku situaciju nikada prije nije razmatrao, odluka kako je u „ljudskoj prirodi“ da teži ka ispunjenju vlastitih

želja, pa i onih sebičnih, formira se gotovo odmah u obliku očiglednog „poziva da vjeruje“ ili izravno kao uvjerenje, i tradicionalno se opisuje kao intuicija.

Iz stajališta da je razumijevanje *zašto je slučaj da X* ekvivalentno znanju *zašto je slučaj da X* (što je ekvivalentno znanju *da je X slučaj zbog Y*), epistemička funkcija konstruktivnih misaonih eksperimenata povezana je s mentalnim modelom čija dinamika reprezentira kauzalne strukture „stanja stvari u referentnoj domeni“, omogućavajući (novo, bolje ili dodatno) razumijevanje modalne povezanosti relata, što se prevodi u mogućnost razumijevanja modalne povezanosti relata u stanjima drugačijih opisa svojstava modela.

6. faza - Prvih pet faza mogu se nazvati osnovnim eksperimentom. U proširenom misaonom eksperimentu postignuta intuicija (faza 5.), uz dodatne implicitne pretpostavke, induktivnim, deduktivnim ili zaključivanjem na najbolje objašnjenje koristi se kao premisa koja je dijelom zaključka o cilju eksperimenta. Zaključci proširenog misaonog eksperimenta, u daljnjim se fazama testiraju, uspoređuju i usklađuju dok se ne postigne „široki“ reflektivni ekvilibrij.

U Platonovom modelu, najbolji mogući ishod bio bi onaj u kojem bi pojedinac mogao djelovati bez ikakvog straha da će biti kažnjen, djelujući s neograničenom moći kako bi zadovoljio vlastite želje bez obzira kakve posljedice to imalo na druge.

*„Svako biće po prirodi teži za vlašću, samo ga zakoni sprečavaju i silom primoravaju da zastane kod ravnopravnosti“*

(Država, 359c)

Najgori mogući ishod, nasuprot tome, bio bi onaj u kojem bi pojedinca, lišenog snage da se brani, zlostavljali drugi. Ne znajući kakva nas budućnost čeka, za racionalne djelatnike razuman je kompromis - ograničavanje vlastitog sebičnog ponašanja i ne nauditi drugima.

*„porijeklo i suštastvo pravičnosti: ona drži sredinu između najvećeg dobra, koje se sastoji u tome da se nepravda nekažnjeno čini, i najvećeg zla da se na nepravdu ne može odgovoriti osvetom“*

(Država, 359c)

Zaključke 6. faze možemo usporediti i uskladiti s rezultatima sličnih eksperimenata, npr. Nashovog ekvilibrija, zatvorenikove dileme, lova na jelene, tragedije zajedničkog dok se ne postigne „široki“ reflektivni ekvilibrij (Bukowski, 2023; Jager, 2022; Burns, 2021). „Široki“ reflektivni ekvilibrij može se, u osnovnome, okarakterizirati dvjema ključnim idejama. Prvo, sudovi iz intuicije i načela opravdani su akko su sudovi iz intuicije, načela i pozadinske pretpostavke u ravnoteži. Drugo, stanje širokog reflektivnog ekvilibrija postiže se kroz ne-monotoni proces zaključivanja koji polazi od sudova iz intuicije, predlaganjem općih

načela te međusobnim usklađivanjem sudova iz intuicije, općih načela i pozadinskih teorija. Krajnji cilj ekvilibrija je ravnoteža intuicije i općih načela. Kontrast između općih načela i sudova iz intuicije nije nužno pitanje njihova sadržaja, već kontrast između sudova koji su dijelom postojećeg načela i sudova prema kojima djelatnik ima moralnu i/ili epistemičku obavezu, bila ona slaba ili nepokolebljiva.

### 3.2.1 EPISTEMIČKA GENERATIVNOST KONSTRUKTIVNIH MISAONIH EKSPERIMENATA

Opća epistemološka pretpostavka ovog poglavlja jest da razlikujem tri vrste hipotetskog često (formom) protu-činjeničnog dolaženja do istine:

- a) formalno logičko zaključivanje,
- b) neformalno propozicijsko zaključivanje i
- c) imaginativno „dohvaćanje“ rezultata.

Istine do kojih dolazimo istine su „pod pretpostavkom da“.

#### *Formalno logičko zaključivanje*

Na tragu da su istine do kojih misaonim eksperimentima dolazimo istine su „pod pretpostavkom da“, analiziranje konzistentnosti nekog skupa početnih pretpostavki i njihova zaključka, za Nortona, jest sve što misaoni eksperiment predstavlja, stoga, ne pripada obitelji eksperimenata već argumenata.

Kako je, za razliku od eksperimenata na ciljnim sustavima, ispravno „mapiranje“ svih uzročnih i odnosa korelacija u modelu nužno za uspješni eksperiment (izvode li se oni u umu ili *in silico*), konzistentnosti skupa početnih uvjeta modela (prema Nortonu, početnih pretpostavki) i rezultata eksperimenata modelu (prema Nortonu, zaključka) oprimjerenih formalnim ili prirodnim jezikom (formalnim jednadžbama, algoritmima ili propozicijama prirodnog jezika), odnosno interna konzistencija i hramoniziranost rezultata (u skladu s obrascima formalne logike) neosporni jest uvjet valjanosti za misaone tako i *in silico* eksperimente. U osnovi je svakog dobro konstruiranog misaonog eksperimenta da, u visoko kontroliranim uvjetima, minimalizira primitivne i pogrešne intuicije iz emocionalnih stanja suprotne normama formalne logike (kako je naznačeno u fazi 4.b). No nužni uvjet logičke konzistentnosti misaonih eksperimenata ne prevode se u redukcionizam formalnog logičkog (monotonog) dolaženja do istina „pod pretpostavkom da“.



Na stranu „obiteljskih veza“, uvriježeno je stajalište da bi, različito od trivijalnog protučinjeničnog razmišljanja, eksperimentni moment hipotetskog često (formom) protučinjeničnog dolaženja do istine morao uključivati neki konkretni element iskustva. U primjeru Gige, mentalni model „igra reprezentativnu ulogu“ budući da je analogan odgovarajućem stanju stvari u eksternoj referentnoj domeni“, te dodjeljuje intuicijama vanjsku - iskustveno provjerljivu referentnu domenu.

### *Neformalno propozicijsko zaključivanje*

U klasičnoj logici, kako bi se dokazala postojanost kauzalnoga odnosa (ljudske prirode) i njegovog nosioca (nevidljivost) u reprezentaciji fenomena dinamične eksterne referentne domene (ispunjavanje vlastitih sebičnih želja), potreban je veliki broj aksiomatskih okvira koji potvrđuju dinamiku modela u stanjima određenih drugačijih opisa svojstava modela. Kako monotonija formalne logike ništa ne doprinosi donošenju zaključaka koliko god formula ili aksiomatskih okvira dodavali (lidijski će pastir; korintski će pastir; velebitska će pastirica...visok će čovjek; nizak će čovjek; plavooki će čovjek, kada za svoja nemoralna postupanja ne biva sankcioniran ispuniti vlastite sebične želje), epistemička je generativnost misaonog eksperimenta zavisna o ne-monotonom mehanizmu zaključivanja. Ne-monotono zaključivanje, različito deduktivno valjanim zaključcima klasične logike, uključuju one vrste svakodnevnog zaključivanja u kojima djelatnici provizorno donose zaključke, zadržavajući pravo da ih povuku u „svjetlu novih informacija“. Ne-monotono zaključivanje uključuje, no nije limitirano na induktivne generalizacije i zaključivanje na najbolje objašnjenje. Primjeri ne-monotonog zaključivanja nalaze se i u znanstvenom zaključivanju (npr. medicinske dijagnoze).<sup>39</sup> Takvi su zaključci ne-monotoni jer ne doprinose povećavanju postojeće baze znanja, štoviše mogu je umanjiti (kao što je slučaj s odanim vjernikom).

Neformalno ne-monotono zaključivanje, opisuje se kao neformalni oblik zaključivanja temeljen na emocijama, razlozima ili intuicijama. U osnovi je svakog dobro konstruiranog misaonog eksperimenta, osim što minimalizira emocionalna stanja, eksperimentni subjekt, iako hipotetsku situaciju nikada prije nije razmatrao, gotovo odmah uočava uzrok promjene na modelu, u obliku intuicije - očiglednog „poziva da vjeruje“ ili izravno kao uvjerenje.

---

<sup>39</sup> Strasser, C. i Antonelli G. A. 2024. “ Non-monotonic Logic”. U: Stanford Encyclopedia of Philosophy. (<https://plato.stanford.edu/entries/logic-nonmonotonic/>)

Naspram platonističke intuicije, izravnog uvida u svijet ideja kojeg zastupaju Einstein i Brown, po liniji Chomsky, Goldman i Mišćević zastupam stav o intuiciji kao rezultatom aktivacije kognitivnih kompetencija. Kognitivne su kompetencije, po standardnom Chomskyjevom prijedlogu lingvističke kompetencije, po Mišćevićevoj generalizaciji one uključuju snalaženje u prostoru i vremenu te naivnu fiziku kao urođene, evolucijske, kognitivne kompetencije. Nadograđujući na Mišćevićevu generalizaciju, u listu kognitivnih kompetencija pridodajem i rekognicijsko pamćenje i sposobnost uočavanja i praćenja promjena.<sup>40</sup>

Aktivacijom kompetencija, generiraju se intuicije, brzo i jednostavno zaključivanje na temelju odabranih informacija iz robusnih pozadinskih znanja, u slučaju mentalnog modela, skupu simplifikacija uočenih svojstava ciljnih sustava koncentriranjem pažnje na dinamiku sustava koji je predstavljen, a ne na konkretna svojstva. Intuicije, po sebi, nisu ni racionalne ni iracionalne već je njihova valjanost ovisna o kontekstu u kojem se pojavljuju, stoga se, za misaone eksperimente nameće uvjet generativnosti istih ili sličnih intuicija. Kada kognitivne kompetencije aktivirane određenim misaonim eksperimentom rezultiraju različitim intuicijama kod različitih eksperimentatora (ili interlokutora), misaoni eksperiment je neuspješan, ne zbog neželjenog zaključka već zato što ne funkcionira kao misaoni eksperiment.

Postignuta intuicija (faza 5.) uz dodatne implicitne pretpostavke, koristi se kao premisa koja je dijelom zaključka o eksperimentnom cilju. U proširenom se misaonom eksperimentu, intuicije iz osnovnog eksperimenta uspoređuju sa epistemičkim obavezama eksperimentnog subjekta te se konačno postiže „široki“ refleksivni ekvilibrij. Za razliku od „uskog“ refleksivnog ekvilibrija gdje se zaključci uredno ugnježđuju u koherentnu mrežu postojećih vjerovanja, „široki“ refleksivni ekvilibrij misaonih eksperimenata rezultatom je intuitivnog ne-monotonog zaključivanja, prema zadanim postavkama. Ne-monotona logika dopušta reviziju zaključaka u odnosu na postojeća načela, „aha“ momente prilikom revizije postojećih načela pri uvođenju novih informacija, te omogućuje uključivanje iznimaka i nesigurnosti, čineći proces zaključivanja fleksibilnijim i prilagodljivijim.

### *Imaginativno „dohvaćanje“ rezultata*

Pojmovi poput „mašta“ i „imaginacija“ osim pri citiranju i parafraziranju određenih autora, u ovome su radu izostavljeni. U raspravi o mentalnim modelima (ne nužno ati-realisti),

---

<sup>40</sup> Mišćevićeva generalizacija koja uključuje naivnu fiziku uz sposobnost uočavanja i praćenja mogu, labavo, korespondirati s Humeovskom kompetencijom uočavanja uzoraka, odnosno zdravorazumskim zakonom inercije (eng. *common sense law of inertia*).

Gendler, Mišćević, Nersessian naglašavaju ulogu mašte/imaginacije u misaonom eksperimentu. Tako npr. za Gendler, rezonatorov način pristupa scenariju je putem mašte s određenom svrhom - potvrdom ili nepotvrđivanjem neke hipoteze ili teorije (Gendler 2004, 1155). Mišćević navodi da s obzirom na TE kao podvrstu IET-a (naglasak na I!), on zahtjeva da se temelje na scenarijima, a ne na (formalnom) zaključivanju, da proizvode intuicije kao svoje konačne proizvode u procesu mentalnog modeliranja gdje se različiti visoko pojedini scenariji igraju pred našim očima i u čijem stvaranju središnju ulogu također ima mašta eksperimentatora (govornika/sugovornika) (Mišćević 2022, 65). Nersessianina inačica teorije mentalnoga modela postulira eksperimentiranje kao simulaciju na mentalnome modelu, tzv. mentalnu animaciju, maštovito igranje pred našim očima (Nersessian 2018, 315-316).

Kako ni Gendler i Mišćević ne daju jasno definiciju pojma mašte/imaginacije, bez teorijskih posljedica za svoj rad, koristila sam pojam rezoniranje, razmišljanje ili promišljanje, koji, s obzirom na izostanak definicije nije kontradiktorno teoretičarima mentalnog modela.

O ulozi imaginacije, ne samo u misaonim već i u *in vivo* i *in silico* eksperimentima, ne zauzمام konkluzivan stav već, naprotiv, ostavljam kao prirodan nastavak istraživanja o misaonim eksperimentima u suvremenim znanstvenim praksama. U filozofiji znanosti, o imaginaciji i reprezentativnim svojstvima modela dva su dominantna gledišta, ono o protučinjeničnoj imaginaciji (Godfrey-Smith 2020) i Waltonovom tipu imaginacije (Weisberg, 2013, Salis i Frigg 2020). U kontekstu ovoga rada, smatram nužno napomenuti, već je Waltonov tip imaginacije u klimatskim modelima aplicirao Poznic, postulirajući SSP-ove upravo kao rekvizite u igri „izmišljanja“. (Poznic 2017, 111 - 131)

Imaginacija izvan okvira rasprave o reprezentativnosti modela, to što ona jest i koja je, ako ju posjeduje, njezina epistemička generativnost, kao tema do nedavno, bila je tabu. Časni izuzetci bili su, kako napominje Michael T. Stuart, Vico (Vico, 1730), Hadamard (Hadamard, 1945) i Holton (Holton, 1978; Holton, 1996). Na mala su vrata, u filozofiju znanosti, temu imaginacije uveli autori u knjizi *The Scientific Imagination - Philosophical and Psychological Perspectives*. U knjizi, kako napominje Michael T. Stuart, jedno je od najvažnijih otvorenih pitanja - da li mašti najbolje pristupiti kao mentalnom stanju (stajalište koje zastupaju Salis i Frigg), kognitivnoj kompetenciji (stajalište koje zastupaju Camp, Skolnick, Weisberg, Godfrey-Smith) ili kognitivnom činu/procesu (stajalište koje zastupaju Thomson-Jones, Sheredos i Bechtel) (Stuart 2012, 493 - 499).

U ovome radu, istražujući epistemičku generativnost misaonih eksperimenata zauzela sam relativno neproblematican stav o intuiciji kao izvoru znanja. Intuicija, čija je istinitosna vrijednost usko povezana s referentnom domenom, iz perspektive eksperimentalizma i uvjeta

iz iskustva isključila je iz obitelji misaonih eksperimenata one (sada) IET-ove ciljane ka prosudbi o ispravnosti hipoteza isključivo unutar teorijskih okvira, sa naglaskom na one IET-ove čiji tip (eng. *type*) modeli reprezentiraju nomološki nemoguće eksterne referentne domene (Zemljinu blizanku, kosinu bez trenja, putovanje brzinom svjetlosti, itd.). Stoga smatram neophodnim, u budućnosti, kao nastavak istraživanja o misaonim eksperimentima u suvremenim znanstvenim praksama, razmotriti epistemičku generativnost i istinosnu vrijednost sudova iz imaginacije, i potencijalnu „obiteljsku medijaciju“, prema delineaciji Wilkes „fantastičnih“ i „ne-fantastičnih“ misaonih eksperimenata.

## 4 PRIJE ZAKLJUČKA - PROTIV „ZAMJENSKE TEZE“

Kao uvod u zaključak o centralnome pitanju ovoga rada - funkciji i budućnosti aplikacije misaonih eksperimenata u suvremenim znanstvenim praksama, osvrnuti ću se na svojevrsan sporedni cilj - vlastiti doprinos postojećoj kritici „zamjenske teze“. Kako je literatura o epistemičkom statusu *in silico* eksperimenata kontinuirano u uzlaznoj putanji, tako kritika na zamjensku tezu Chandrasekharan *et al.* koju sam iznijela u uvodnom dijelu ovoga rada i poziva na obranu primata misaonih eksperimenata ne nedostaje. Prije vlastite, neke ću spomenuti u nastavku.

E.A. Di Paolo, J. Noble i S. Bullock opisuju *in silico* računalne simulacije kao „neprozirne misaone eksperimente“. (Di Paolo *et al.* 2000, 497 - 506) J. Lehnard, nadovezujući se na Di Paola *et al.* smatra da su misaoni i *in silico* eksperimenti slični su po tome što oba koriste iteracije. Međutim, bitno se razlikuju po vrstama iteracija koje koriste (atlas i konvergentne iteracije) ali, i po funkcijama koje te iteracije ispunjavaju. Konvergentne iteracije misaonih eksperimenata više no često dovode do „aha-efekta“. Nasuprot tome, *in silico* eksperimenti rezultiraju zbirkom pojedinačnih instrumentalnih izračuna. Takvoj zbirci nedostaje intimnost intuicije i stoga stvara određeni kognitivni jaz, kojega ni vizualizacije ne premošćuju. Lehnard zaključuje o epistemičkoj superiornosti intuitivnih iteracija misaonih eksperimenata naspram strukturalno neophodnim iteracijama *in silico* eksperimenata (Lehnard 2018, 484 - 497).

Za M. Buzzonija, svezremani pobornik eksperimentalističkog pristupa misaonim eksperimentima, izvođenje *in silico* eksperimenta stvarni je postupak. Nasuprot misaonog eksperimenta u kojem subjekt djeluje konkretno koristeći mentalne koncepte u prvom licu, kompjuterska simulacija uključuje 'vanjsku' realizaciju, koja je u početku praktično-eksperimentalna i vezana uz subjekt, a nakon toga se razvija neovisno o subjektu. No ipak, kompjuterska simulacija u prvom je koraku sličnija misaonom eksperimentu, u drugome stvarnom eksperimentu. Metodološka kompleksnost drugog koraka ne prevodi se u argument za „zamjensku tezu“ (Buzzoni 2016, 79 - 101).

Poziv na pomirenje jest onaj R. El Skafa i C. Imberta. Kao i Buzzoni u jednadžbu dodaju i stvarne, empirijske eksperimente, no njihova je strategija nešto drugačija. Iako na različite načine, misaoni i *in silico* eksperimenti istražuju hipotetske svjetove, te je opća strategija u raspravama smještanje računalnih simulacija u postojeći koordinatni sustav uočavanjem sličnosti i razlika sa *in vivo* ali, i misaonim eksperimentima. Česta posljedica ovakvog pristupa jest razilaženje u epistemologiji stvarnih, misaonih i *in silico* eksperimenata. No El Skaf i Imbert, analizom i danas aktualnoga Maxwelllovog demona uočavaju zajedničko obilježje triju

metoda - proces otkrivenja (eng. *unfolding*) sadržaja dobro opisanog scenarija. U početku eksperimenta ishod, potvrda ili negacija hipoteze, nije poznata. Umjesto toga, otkrivanje je dio eksperimentalnog procesa koji iznosi na vidjelo ono što je zapravo već uključeno u hipotezi. Na različite načine, misaoni, simulacijski i stvarni eksperiment doprinose razumijevanju fenomena ili ciljnog sustava, stoga „zamjenska teza“ nije održiva (El Skaf, R., Imbert, C. 2013, 3451-3474).

Među oštrijim kritikama jest ona recentna N.K. Shinoda. Analizirajući socio-povijesne, epistemičke i kognitivne aspekte misaonih eksperimenata i računalnih modela ukazuje na neodrživost svakog od argumenata koje Chandrasekharan *et al.* nude. Konačna pad „zamjenske teze“ Shinod vidi u whigovskoj povijesnoj interpretaciji misaonih eksperimenata (Shinod 2021, 439).

U nastavku nudim vlastiti doprinos kritici „zamjenske teze“ iz perspektive šire kritike turingovske tradicije. U turingovskoj tradiciji računala kao univerzalnog alata, svaka je pojava - komputabilna. No, na primjeru računalne simulacije buduće klime, moguće je razlučiti barem dvije od limitacija računalnih simulacija koje govore suprotno. Prva jest da rezultati računalne simulacije nisu (uvijek) „tvrde istine“ već aproksimacije, ne o mogućim stanjima stvari već o modelu. Druga jest da se ne mogu se sve pojave formalizirati i algoritimizirati, pa tako ni modelirati i simulirati.

*In silico* eksperiment koji Chandrasekharan *et al.* dovodi do krajnjeg zaključka odnosno „zamjenske teze“ istražuje fenomen neuronske plastičnosti. Iako su, za donošenje konkluzivnih zaključaka o održivosti „zamjenske teze“ u polju neuro-biologije potrebna određena znanja domene, smatram kako su, po razmatranju osnovnog pojmovnog instrumentarija Chandrasekharan *et al.*, obje od navedenih limitacija računalnih simulacija ispravno primjenjive u simulacijskim eksperimentima kompleksnih stohastičkih fenomena, neovisno o polju znanosti koje se oslanja na simulaciju.

Prva je, stoga, kritika „zamjenske teze“ usmjerena ka tvrdnji kako *in silico* eksperimenti podržavaju razmatranja o ukupnim prostorima parametara i mogućim varijacijama, za razliku od misaonih eksperimenata koji su vezani uz konkretne situacije (Chandrasekharan *et al.*, 2013, 257). Suprotno navedenom, smatram kako računalne simulacije ne generiraju istine o prostorima parametara, već generiraju konkretne aproksimacije manipuliranih stanja početnih uvjeta modela.

Kako navode Chandrasekharan *et al.* mentalni, materijalnim i kompjuterski modeli čine spektar simulacijskog promišljanja temeljenog na modelu. Sve navedene vrste modeliranja testiraju protu-činjenične situacije. No, misaoni se eksperimenti grade pomoću „konkretnih

elemenata“, dok se modeli grade pomoću „varijabli“. Kako je potrebna složena kognitivna transformacija da bi se odmaknuli od konkretnog slučaja prema apstraktnom slučaju, misaoni eksperimenti ne podržavaju simulacije protu-činjeničnih situacija izvan onih specifičnih scenarija. S druge strane, apstraktni slučajevi su ono s čime modelari rade od samog početka, oni su detaljni, a svaki je element dostupan za manipulaciju. Budući da su računalni modeli u potpunosti napravljeni od varijabli, oni prirodno podržavaju razmišljanje o prostorima parametara i mogućim varijacijama u dizajnu. Detaljna manipulacija i analiza parametara povezanih s tim apstraktnim slučajevima, može dovesti do identifikacije širih načela dizajna odgovornih za instanciranje jednog skupa parametara naspram drugog. Chandrasekharan *et al.* zaključiti će da *in silico* eksperimenti podržavaju razmatranja o ukupnim prostorima parametara i mogućim varijacijama, za razliku od misaonih eksperimenata koji su vezani uz konkretne situacije. Stoga, pretpostavlja se da će računalne simulacije vjerojatno nadići (i na kraju zamijeniti) misaone eksperimente (Chandrasekharan *et al.*, 2013, 256 - 257).

Shinod u kritici „zamjenske teze“ navodi da karakterizacija misaonih eksperimenata kao manipulacije konkretnim elementima nije u potpunosti jasna. Na tragu Shinoda, pokušati ću reinterpretirati neke od ključnih pojmova „zamjenske teze“. Prvo, pretpostavljam da se mentalni modeli (a ne misaoni eksperimenti kako navode Chandrasekharan *et al.*) grade “konkretnim elementima“, dok se numerički modeli grade „varijablama“. Pretpostavljam da je misao iza „konkretnih elemenata“ mentalnih modela naspram „varijabli“ u smjeru stava da su u opisu numeričkih modela prisutni rubni uvjeti bez poznate jednoznačne vrijednosti. Stoga, prema stajalištu Chandrasekharan *et al.* misaoni eksperimenti dozvoljavaju promišljajne isključivo o fiksiranim i unaprijed poznatim stanjem stvari<sup>41</sup> dok računalne simulacije operiraju u rasponima vrijednosti odnosno ukupnim prostorima parametara.

Razmatrajući, na primjerima projekcije buduće klime i Gigova prstena, ipak, uočljivo je kako uspon ili spust po ljestvici apstrakcije nije linearan, kako Chandrasekharan *et al.* sugeriraju.

Složiti ću se s Chandrasekharan *et al.* kako numerički model, kao osnova za izvođenje računalnih simulacija, formaliziranjem i potom algoritmizacijom uočenog fenomena, podliježe

---

<sup>41</sup> Sorensen (1992, 27-30) sugerira da, zbog razlika u pozadinskim znanjima, isti misaoni eksperiment može proizvesti različite zaključke među različitim skupinama, što ukazuje da misaoni eksperimenti nisu izgrađeni od konkretnih elemenata. Iako je Sorensenov stav dijelom relativno etabliranog konsenzusa među teoretičarima misaonih eksperimenata, u kritici „zamjenske teze“ na njega se ne pozivam, budući da sam, za epistemičku generativnost konstruktivnih misaonih eksperimenata postavila uvjet generativnosti istih ili sličnih intuicija.

visokom stupnju apstrakcije. No, za pokretanje simulacije neophodno je zatvaranje „prostora parametara“, odnosno numeričku konkretizaciju početnih uvjeta modela i oštar spust po ljestvici apstrakcije.

Kod simulacija buduće klime, temeljne jednadžbe (znanih stabilnih vertikalnih odnosa analoga), rubni uvjeti ne-linearnih sila među diskretnim činjenicama (nepoznati i nespoznatljivi vertikalni odnosi analoga) te sile nesumjerljivih diskretnih činjenica (analizi koji zbog pre-fine rezolucije ne predstavljaju domenu 1:1) zatvaraju se konkretnim numeričkim vrijednostima. Rubni uvjeti „prostora parametara“ zatvaraju se iterativno, konkretnim numeričkim parametriziranim vrijednostima, dok se rubni uvjeti sila među diskretnim činjenicama čija je rezolucija pre-fina za dani model, zatvaraju pojednostavljenjima, uspostavom statističkih veza temeljem prošlih klimatoloških podataka. Kako male promjene numeričkih konkretizacija početnih uvjeta mogu proizvesti različite rezultate simulacija buduće klime, približavanje istinama o silama, koje vladaju fenomenom, zahtjeva ponavljanje i usporedbu rezultata simulacija na numerički konkretiziranim varijantama modela.

Dok numerički modeli kao osnova za izvođenje računalnih simulacija, formalizacijom i algoritmicizacijom uočenog fenomena podliježe visokom stupnju apstrakcije, mentalni model, u čijem su opisu propozicije a ne algoritmi, zahtjeva minimalni pomak po ljestvici apstrakcije. Kao i kod računalnih simulacija, izvođenje mentalne simulacije zahtjeva spust po ljestvici apstrakcije i konkretizaciju, te eksperimentator (ili interlokutor) promišlja iz vlastite referentne domene u okvirima opisa dinamike modela. No različito od računalnih simulacija, ponavljanje mentalne simulacije trebalo bi, idealno, proizvesti iste rezultate.

Za kraj prve kritike, složiti ću se s Chandrasekharan *et al.* kada navode da je potrebna složena kognitivna transformacija da bi se odmaknuli od konkretnog slučaja prema apstraktnom slučaju (Chandrasekharan *et al.*, 2013, 256), odnosno potreban je uspon po ljestvici apstrakcije kako bi se od neistine došlo do istine (Cartwright, 2010, 20). No pozicioniranje zaključaka misaonog eksperimenta na ljestvici apstrakcije niže od zaključaka računalne simulacije, zaključivanje o epistemičkom superiornosti jedne naspram druge metode te početak sumraka misaonog eksperimenta, zaključak do kojeg dolaze Chandrasekharan *et al.* smatram posljedicom slabo razlučivog pojmovnog instrumentarija „trećeg puta“ znanosti.

Različito od Chandrasekharan *et al.*, smatram, kako se mentalni i numerički modeli grade varijablama, te računalnim kao i mentalnim simulacijama kroz manipulaciju protu-činjeničnih konkretizacija (diskretnih vrijednosti/činjenica) dolazimo do istina „pod pretpostavkom da“. Iz pozicije da „*S koristi X da bi reprezentirao W u svrhu P*“ (Giere 2004, 743), svrhe korištenja X-a su raznolike, te se modeli mogu, između ostalih svrha koristiti za dolaženja do istina o



uzrocima pojave koja se promatra (heuristički model) ili za dolaženja do istina o posljedicama fenomena koji se promatra (predikcijski model), neovisno o znanstveno polju u kojem se koriste. U primjerima modela iz ovoga rada, čija je referentna domena eksterna (Gigova prstena i GCM-a), u slučaju heurističkog modela „pod pretpostavkom dinamike modela“ pitamo se o manifestaciji svojstva (ispoljavanja vlastitih sebičnih želja); u slučaju predikcijskog modela „pod pretpostavkom svojstava“ pitamo se o manifestaciji kauzalnoga odnosa (fenomena globalno zatopljenja). U oba primjera dobivene rezultate uspoređujemo s rezultatima sličnih eksperimenata te opravdavamo kroz rezultate dobivene promatranjem.

Druga kritika „zamjenske teze“ ponovno počiva na široj kritici turingovske tradicije. Ukratko, kako je neke pojave nemoguće formalizirati i algoritmizirati, pa tako ni modelirati i simulirati, računalne simulacije vjerojatno neće nadići (i na kraju zamijeniti) misaone eksperimente.

Izgradnja numeričkog modela kao osnove za izvođenje računalnih simulacija, zahtjeva, kako sam ukazala u prvoj kritici, formaliziranje i algoritmizacija fenomena, gdje se univerzalna apofantičnost zakona fizike gubi parametrizacijom. Problem raste eksponencijalno pri algoritmizaciji fenomena u znanstvenim disciplinama čije su teorije lišene jakog (matematičkog) formalizma. Tako, gdje je društveni kontekst faktor u formaliziranju početnih uvjeta (kao kod Schellingova modela segregacije) ili u primjeru simulacije buduće klime, kada je vanjska varijabla (scenariji socioekonomskih putanja) s dosegom na nezavisnu (RF) skup pretpostavki društvenog ponašanja i njime povezanih antropogenih utjecaja, suprotno stavu Chandrasekharan *et al.*, identifikacije širih načela dizajna odgovornih za instanciranje jednog skupa parametara naspram drugog ne dodjeljuje ujedno i vjerojatnosti pojavljivanja određene instancijacije. S ovakvim zaključkom, smatram, slaže se i IPCC, kada na postulatima Mary S. Morgan o razmatranju mogućih svjetova modela (Morgan 2012, 225), alternativnim putovima za buduće društvo ne dodjeljuje kvantitativnu vrijednost vjerojatnosti pojavljivanja određene obitelji scenarija socioekonomskih putanja.

## 5 ZAKLJUČAK

U ovome sam radu, epistemološko–metodološkim pristupom, nastojala ukazati na epistemičku ravnopravnost šire obitelji eksperimenata – misaonih i *in silico*. Smještajući modele u objekte eksperimenta i fizičku, teorijsku ili numeričku manipulaciju svojstvima modela kao predikate eksperimenta, pokušala sam, na primjeru globalnih klimatskih modela, ukazati kako epistemička generativnost računalnih simulacija kompleksnih fenomena nije *deus ex machina* svih suvremenih znanstvenih praksi. Upravo suprotno, čini se kako bi globalni mi, oslanjajući se isključivo na heurističke adekvatnosti računala, stajali iza vela neznanja, suočeni sa nekompabilnom normativnom vježbom kako ono, što se na klimatskome planu u budućnosti plauzibilno može desiti, treba evaluirati. Nasreću, opremljeni smo kognitivnim kompetencijama za izvođenje ove zahtjevne mentalne vježbe.

Protu-činjenično je promišljanje sposobnost prijelaza s opažanja neposredne dinamike stanja stvari na alternativnu, zamišljenu perspektivu generiranjem intuicija o budućnosti iz prošlih iskustva. Kada se protu-činjenično promišljanje provodi u ponovljivim, visoko kontroliranim uvjetima misaonih eksperimenata, proizvedene intuicije postaju opća načela mišljenja pa i djelovanja prema kojima imamo epistemičku, ponekad i moralnu obavezu.

Kako bi se odbacilo misaono eksperimentiranje kao trajno i nezamjenjivo epistemičko oruđe, ne samo u filozofiji već i ostalim znanstvenim disciplinama, s naglaskom na one discipline čije su teorije lišene jakog matematičkog formalizma, treba tek dokazati da sudovi iz intuicije ne mogu biti izvorom znanja. No, takav bi dokaz bio poguban i za eksperimentalnu metodu u cijelosti, jer, čini se da, osim što prate osnovne obrasce protu-činjeničnog promišljanja, eksperimenti *in vivo* i *in silico* ovise o sudovima iz intuicije za razlučivanje supstancijalnosti kauzalne relacije, ne-uzroka i ne-posljedica od sila koje su fundamentalne dinamikama fenomena vanjskoga svijeta.

## 6 LITERATURA

Arcangeli, M. 2017. Thought Experiments in Model-Based Reasoning. U: Mangani, L. i Bertolotti, T. ur. *Springer handbook of Model-Based Science*. Springer International Publishing. 464 - 487.

Arrhenius, S. 1896. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science* 41 (5): 237 - 276.

Brown, J.R. 1991. *The laboratory of the mind: thought experiments in the natural sciences*. London: Routledge.

Brown, J.R. i Fehige, Y. 2014. "Thought Experiments". U: Stanford Encyclopedia of Philosophy. <http://plato.stanford.edu/archives/fall2014/entries/thought-experiment/> (stranica posjećena: 01. lipnja, 2024. godine).

Bukowski, M.F. 2023. Pax Climatica: the Nash equilibrium and the geopolitics of climate change. *Journal of Environmental Management* 348: 119 - 217.

Burns, B. 2021. Transforming Climate Dilemmas from Tragedy to Cooperation. U: Foster, S. R. i Swiney, C.F. ur. *The Cambridge Handbook of Commons Research Innovations*. Cambridge: Cambridge University Press. 66 - 76.

Buzzoni, M. 2016. Thought Experiments and Computer Simulations. U: Magnani, L., i Casadio, C. ur. *Model-based reasoning in science and technology: inferential models for logic, language, cognition and computation*. New York: Springer. 57-79.

Campbell, K. 1981. The Metaphysic of Abstract Particulars. *Midwest Studies in Philosophy* 6 (1): 477 - 488.

Cartwright, N. 2010. Models: Parables vs. fables. U: Frigg, R. i Hunter, M. ur. *Beyond mimesis and convention: Representation in art and science*. Springer International Publishing. 19–31.

Chandrasekharan, S., Nersessian, N. J., i Subramanian, V. 2013. Computational modeling: Is this the end of thought experimenting in science? U: Brown, J.R., Frappier, M. i Meynell, L. ur. *Thought experiments in philosophy, science and the arts*. London: Routledge. 239 - 260.

Christian B. 2020. *The Alignment Problem: Machine Learning and Human Values*. New York: W. W. Norton & Company

- Di Paolo, E.A., Noble, J. i Bullock, S. 2000. Simulation models as opaque thought experiments. U: Bedau, M.A. *et al.* ur. *Artificial Life VII: Proceedings of the Seventh International Conference on Artificial Life*. Cambridge: MIT Press. 497 - 506.
- Earman, J. i Norton, J. 1998. Exorcist XIV: The Wrath of Maxwell's Demon. Part I. From Maxwell to Szilard. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 29 (4): 435 - 471.
- Einstein, A. i Infeld, L. 1938. *The Evolution of Physics: The Growth of Ideas from Early Concepts to Relativity and Quanta*. Cambridge: Cambridge University Press.
- El Skaf, R. i Imbert, C. 2013. Unfolding in the Empirical sciences: Experiments, thought experiments and computer simulations. *Synthese*, 190: 3451 - 3474.
- Frigg, R. i Nguyen, J. 2017. Models and Representation. U: Mangani, L. i Bertolotti, T. ur. *Springer handbook of Model-Based Science*. Springer International Publishing. 49 - 96.
- Gehring, P. 2017. Doing Research on Simulation Sciences? Questioning Methodologies and Disciplinarity. U: Resch, M., Kaminski, A. i Gehring, P. ur. *The Science and Art of Simulation I*. Springer International Publishing. 9 - 21.
- Grba, M. 2024. The Mystery of Intuition in Einstein's Thought Experiments. *Croatian Journal of Philosophy* 24 (71): 173 - 194.
- Gendler, T.S. 2004. Thought experiments rethought—and re-perceived. *Philosophy of Science* 71 (5): 1152 - 1163.
- Gendler, T.S. 2000. *Thought Experiment. On the Powers and Limits of Imaginary Cases*. New York: Garland Publishing.
- Giere, R. 2004. How Models Are Used to Represent Reality. *Philosophy of Science* 71 (5): 742 - 752.
- Godfrey-Smith, P. 2006. The strategy of model-based science. *Biology and Philosophy* 21: 725 - 740.
- Godfrey-Smith, P. 2020. Models, Fictions, and Conditionals. U Godfrey-Smith, P. i Levy, A. ur. *The Scientific Imagination*. Oxford: Oxford University Press. 155 - 177.
- Goodman, N. 1976. *Languages of Art: An Approach to a Theory of Symbols*. Indianapolis: Hackett Publishing.
- Hesse, M.B. 1970. *Models and Analogies in Science*. North Dame: University of North Dame Press.

Hesse, M.B. 2019. Models and Analogies. U: Newton-Smith, W. H. ur. *A Companion to the Philosophy Of Science*. Oxford: Blackwell. 299 - 307.

Hughes, R. 1997. Models and Representation. *Philosophy of Science* 64: 325 - 336.

IPCC. 2022. *Climate Change 2021: Summary for all*. Geneva. 1 - 16.

IPCC. 2023. *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Lee, H., Romero J. ur. Geneva. 1 - 34.

Jaeger, C.C. 2022. Klaus Hasselmann and Economics. *Journal of Physics: Complexity* 3 (4): 50 - 78.

Janssen, M. 2014. "No Success Like Failure...": Einstein's Quest for General Relativity, 1907-1920. U: Janssen, M. i Lehner, C. ur. *The Cambridge Companion to Einstein*. Cambridge: Cambridge University Press. 167 - 228.

Johnson-Laird, P.N. 1983. *Mental Models. Towards a Cognitive Science of Language, Inference and Consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.

Keller, E.F. 2003. Models, simulation, and "computer experiments". *International Studies in the Philosophy of Science* 31: 379 - 395.

Landauer, R. 1961. Irreversibility and heat generation in the computing process. *IBM Journal of Research and Development* 5 (3): 183 - 191.

Lenhard, J. 2018. Thought experiments and simulation experiments: Exploring hypothetical words. U: Stuart, M. T., Fehige, Y. i Brown, J.R. ur. *Routledge companions to thought experiments*. New York: Routledge. 484 - 497.

Levy, A. 2012. Models, Fictions, and Realism: Two Packages. *Philosophy of Science* 79 (5): 738 - 748.

Levy, A. 2015. Modeling without Models. *Philosophical Studies* 172 (3): 781 - 798.

Levy, A. 2020. Metaphor and Scientific Explanation. U: Godfrey-Smith, P. i Levy, A. ur. *The Scientific Imagination - Philosophical and Psychological Perspectives*. Oxford: Oxford University Press. 280 - 303.

Manabe, S. I Wetherald R. 1967. Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity. *Journal of the Atmospheric Sciences* 24 (3): 241 - 259.

Mill, J. S. 2008. *A System of Logic: Ratiocinative and Inductive.*, Project Gutenberg, Ebook 26495. <https://www.gutenberg.org/files/26495/26495-pdf.pdf> (stranica posjećena: 07. lipnja, 2024. godine).

Miščević, N. 1992. Mental models and thought experiments. *International Studies in Philosophy* 6: 215 - 226.

Miščević, N. 2007. Modelling intuitions and thought experiments. *Croatian Journal of Philosophy* 7: 181 - 214.

Miščević, N. 2022. *Thought Experiments*. Springer International Publishing.

Morgan, M.S. 2012. *The World in the Model. How Economists Work and Think*. Cambridge: Cambridge University Press.

Nersessian, N.J. 2017. Cognitive Science, Mental Modeling, and Thought Experiments. U: Stuart, M.T., Fehige, Y. i Brown J.R. ur. *The Routledge Companion to Thought Experiments*. Routledge. 309 - 326.

Norton, J. 1991. Thought experiments in Einstein's work. U: Horowitz, T. i Massey, G. ur. *Thought experiments in science and philosophy*. Lanham; Rowman & Littlefield. 129 - 148.

Norton, J. 1996. Are thought experiments just what you thought? *Canadian journal of philosophy* 26: 333 - 366.

Norton, J. 2004. On thought experiments: is there more to the argument? *Philosophy of Science* 71: 1139 - 1151.

Poznic, M. 2017. *Models in Science and Engineering: Imagining, Designing and Evaluating Representations*. Dizertacija. Delft University of Technology.

Resch, M. 2013. What's the Result? - Thoughts of a Center Director on Simulation. U: Duran, J.M. i Eckhart, A. ur. *Computer Simulations and the Changing Face of Scientific Experimentation*. Newcastle: Cambridge Scholars Publishing. 233-246.

Salis, F. i Frigg, R. 2020. Capturing the Scientific Imagination. U: Godfrey-Smith, P. i Levy, A. ur. *The Scientific Imagination - Philosophical and Psychological Perspectives*. Oxford: Oxford University Press. 18 - 50.

Shinod, N.K. 2021. Why Computer Simulation Cannot Be an End of Thought Experimentation. *Journal for General Philosophy of Science* 52: 431 - 453.

Sorensen, R.A. 1992. *Thought experiments*. New York: Oxford University Press. 25 - 31

Strasser, C. i Antonelli G. A. 2024. “ Non-monotonic Logic”. U: Stanford Encyclopedia of Philosophy. <https://plato.stanford.edu/entries/logic-nonmonotonic/> (stranica posjećena: 01. rujna, 2024. godine).

Suárez, M. 2003. Scientific representation: Against similarity and isomorphism. *International Studies in the Philosophy of Science* 17 (3): 225 - 244.

Suárez, M. 2015. Deflationary Representation, Inference, and Practice. *Studies in History and Philosophy of Science* 49: 36 - 47.

Szilard, L. 1929. On the reduction of entropy in a thermodynamic system by the intervention of intelligent beings. *Zeitschrift für Physik* 53: 840 - 856.

Weisberg, M. 2013. *Simulation and Similarity: Using Models to Understand the World*. Oxford: Oxford University Press.

Wilkes, K. 1988. *Real People: Personal Identity Without Thought Experiments*. Oxford: Oxford University Press.

Yablo, S. 2020. Models and Reality. U: Godfrey-Smith, P. i Levy, A. ur. *The Scientific Imagination - Philosophical and Psychological Perspectives*. Oxford: Oxford University Press. 128 - 153.