

VLATKO VEDRAL

DEKODIRANJE STVARNOSTI

UNIVERZUM KAO KVANTNA INFORMACIJA

Preveo
Goran Skrobonja

■ Laguna ■

Naslov originala

Vlatko Vedral

DECODING REALITY

Copyright © Vlatko Vedral 2010

Translation copyright © 2014 za srpsko izdanje, LAGUNA



Kupovinom knjige sa FSC oznakom
pomažete razvoj projekta odgovornog
korišćenja šumskih resursa širom sveta.

SW-COC-001767

© 1996 Forest Stewardship Council A.C.

*Posvećeno mojoj majci – bol zbog njenog
odsustva tek je marginalno ublažen mojim
(nesavršeno kodiranim) sećanjima na nju.*

SADRŽAJ

<i>Predgovor prvom srpskom izdanju</i>	9
Prolog	11
1. Postanje <i>ex nihilo</i> : Nešto ni iz čega	15
2. Informacije za sva vremena	26
Prvi deo	39
3. Povratak osnovama: Bitovi i delovi	39
4. Digitalna romansa: Ta četiri čarobna slova	54
5. Marfijev zakon: Znao sam da će mi se ovo dogoditi	79
6. Uloge na sto: Kladimo se kako bismo pobedili	104
7. Socijalna informatika: Povezati se ili propasti	121
Drugi deo	145
8. Kvantno, folirantno: Svetla, kamera, akcija!	151
9. Surfovanje na talasima: Hiperbrzi računari	174
10. Potomstvo beslovesnog slučaja: Nasumičnost spram determinizma	197

Treći deo	221
11. Proračun peska: Čije su, uostalom, te informacije?	223
12. Uništenje <i>ab toto</i> : Ništa iz nečega	243
 <i>Epilog</i>	275
<i>Napomene</i>	281
<i>Izjave zahvalnosti</i>	293
<i>O autoru</i>	295

PREDGOVOR PRVOM SRPSKOM IZDANJU

Na kapiji Platonove akademije pisalo je: „Ne ulazi ako ne razumeš geometriju.“ Taj moto, iako dve i po hiljade godina star, u nauci je važio sve do sredine dvadesetog veka. Centralna teza knjige koja je pred vama glasi da reč „geometrija“ danas treba zameniti rečju „informacija“.

Koncept informacije ponikao je iz teorije komunikacija, koja se na početku potpuno zasnivala na klasičnim zakonima fizike (kao što su Njutnovi zakoni). Ovakav koncept je urodio plodom i u biologiji (gde pričamo o informaciji u genetskom kodu), u računarstvu (gde se govori o procesiranju informacija), pa čak i u oblasti finansija (gde se informacija koristi kako bi se iznašao optimalan način investiranja). Prvi deo moje knjige bavi se upravo ovim temama.

Međutim, koncept informacije počinje suštinski da se menja sa pojavom kvantne fizike, koja dovodi do sve bržeg i efikasnijeg prenosa i obrade informacija. Kvantna informacija se zasniva na protokolima poput kvantne teleportacije koji čak i nisu mogući u klasičnoj teoriji informacija. Drugi deo moje knjige posvećen je popularizaciji kvantnih

računara, osnovnim principima na kojima se njihov rad bazira i nekim od njihovih primena koje su danas moguće. To je jedna od najuzbudljivijih oblasti istraživanja u savremenoj nauci. Neposredno nakon prvog objavljivanja ove knjige 2010. godine, čak dve Nobelove nagrade su dodeljene (2012. godine) upravo fizičarima koji su dizajnirali dve različite platforme za kvantnu informaciju.

Poslednji deo knjige bavi se mojim spekulacijama o postanku i dinamici informacije u kosmosu. Tu pokušavam da odgovorim na pitanja zašto uopšte ikakva informacija i postoji u univerzumu i da li je moguće da informacija nastane ni iz čega, bez postojanja bilo kakve prvobitne informacije. Kao i uvek kada je reč o spekulacijama, tek će vreme pokazati da li su neka od iznesenih predviđanja tačna. Ja se iskreno nadam da će čitaoci biti zaintrigirani i podstaknuti predstavljenim idejama, čak i ako se sve spekulacije ispostave kao nezasnovane.

Na ovom mestu, želeo bih da zahvalim gospodinu Dejanu Papiću, direktoru izdavačke kuće *Laguna*, na tome što je odlučio da objavi prevod moje knjige. U tome je veliku ulogu odigrao i gospodin Velja Pavlović, doajen srpskog novinarstva, čiji je intervju sa mnom u TV emisiji *Nivo 23* pokrenuo inicijativu za prevođenje. Najviše sam zahvalan mom prijatelju Draganu Novkoviću, koji ne samo da je uradio redakтуру prevoda nego me je ekspertski i sa velikim entuzijazmom (a i s puno strpljenja) vodio kroz sve mutne vode popularnih medija. Nadam se da je ovo samo početak naših zajedničkih dogodovština u kvantnoj fizici.

Vlatko Vedral, Oksford, avgust 2014.

PROLOG

U jesen 1994, dok sam bio apsolvent na studijama u Londonu i dok sam čitao udžbenike za sledeći ispitni rok, naišao sam na tri reči koje će izuzetno uticati na moju budućnost. Te tri reči su me navele da ponovo razmislim o pitanjima na koja sam nailazio kako u životu tako i u fizici. Istovremeno, nisam bio sasvim siguran šta one znače, ali stvari su postepeno počele da poprimaju smisao.

Svako dete u nekom trenutku biva izloženo različitim pravilima (zakonima i principima) koja naizgled upravljaju funkcionisanjem univerzuma i svega u njemu. Njutnovi zakoni u fizici, ciklus fotosinteze u biologiji, gramatička pravila u francuskom, zakon ponude i potražnje u ekonomiji, spisak je beskrajan. Sećam se da sam se u detinjstvu osećao pomalo izgubljeno i zbunjeno zbog tih pravila koja sam morao da učim doslovce i samo sam njihovo poreklo pripisivao nekakvom mađioničarskom triku, nečemu što je moj učitelj izvukao iz šešira. Kasnije u životu, kako nam se čula i poimanje sveta oko nas razvijaju, ti „trikovi“ više ne izgledaju toliko zastrašujuće. Sposobniji smo da obavimo njihovu dekonstrukciju i ustanovimo kako se mnogi od njih međusobno i ne razlikuju toliko. Onda u nekom trenutku, posle istraživanja dovoljnog broja takvih

pravila u različitim disciplinama, počinjemo da razmišljamo o njihovoj vezi i o tome ne postoji li negde neka sveobuhvatna knjiga magije koja svima njima upravlja. Mene i mnoge druge upravo podstiče to sagledavanje sveobuhvatne slike. Čime god se vi bavili u životu, pitanje ostaje isto: da li je stvarnost koju vidimo oko sebe sazdana samo od naizgled nasumičnog zbira međusobno nepovezanih pravila i događaja ili postoji zajednička nit iz koje sve to proističe?

Od osvita civilizacije, neki od najradoznalijih ljudskih umova tragali su za istom tom niti. Povezivanjem trljanja kamena o kamen ili drveta o drvo, uspeli smo da stvorimo vatru. Povezivanjem pada jabuke sa orbitama planeta, uspeli smo da odletimo na Mesec. Povezivanjem našeg razumevanja molekula sa inženjeringom, uspeli smo da produžimo trajanje ljudskog života uspešnim izvođenjem ogromnog broja telesnih popravki. Povezivanjem našeg poimanja ljudske prirode sa tehnologijama komunikacije, dobili smo globalno tržište za proizvode i usluge bez obzira na to kojim jezikom govorimo. Naši pokušaji poimanja i povezivanja različitih aspekata stvarnosti očigledno su bili od velike koristi.

Kako nastavljamo da stičemo spoznaju o mnogo čemu, očekujemo da se taj napredak nastavi. Nema nikakve sumnje u to da će svaki takav budući razvoj biti zasnovan na tome koliko dobro možemo da protumačimo nove informacije i povežemo ono što smo dosad saznali. Nastavljanjem stvaranja novih veza možemo da razvijemo sve više sveobuhvatnih zakona koje ćemo onda primeniti kako bismo bolje razumeli našu stvarnost i uticali na nju.

Drugim rečima, najpre proniknemo u sve što vidimo oko sebe, ili to dekodiramo, samo da bismo onda te informacije upotreabili kako bismo konstruisali ili kodirali bolju, povezaniju sliku. Naravno, krupno pitanje je to koliko stvari možemo povezati – je li izvodljivo postojanje jednog krajnjeg zakona, tog najvećeg mađioničarskog trika koji opisuje čitav univerzum?

I kad već govorimo o tome, najuzbudljivije i najfundamentalnije pitanje od svih svakako mora biti: zbog čega stvarnost uopšte postoji i odakle ona potiče? Drugim rečima, pre nego što uopšte možemo da govorimo o tome zbog čega su stvari međusobno povezane, treba da se upitamo zašto stvari uopšte postoje. Ja ću u ovoj knjizi izneti zamisao o tome da nam „informacije“ daju odgovor na oba ta pitanja. Začudo, zahvaljujući tome informacije postaju mnogo fundamentalniji kvantitet u univerzumu nego materija ili energija, što nipošto nije malo dostignuće. Ako na stvarnost gledamo u smislu „bitova informacija“, zanimljivo je to što i postojanje stvarnosti i njena svojstvena povezivost postaju potpuno transparentni. Bez obzira na to da li ste običan čitalac ili naučni istraživač, ovo nosi u sebi izuzetne implikacije po svakoga od nas.

Te tri reči koje sam pročitao one jeseni 1994. i koje su toliko značajno promenile moj pogled na svet glasile su: „Informacije su fizičke.“ Te tri reči, tim redosledom, stajale su kao naslov neverovatnog poglavlja inače opskurne knjige, i s vremenom su me nagnale da shvatim kako su informacije možda zaista odgovor. Pošto sam proveo poslednjih petnaest godina ubeđujući sebe da je tako, sada ću pokušati da u sledećih dvanaest poglavlja u to ubedim i vas.



Postanje *ex nihilo*: Nešto ni iz čega

Svaka civilizacija u istoriji čovečanstva imala je svoje mitove o postanju. Ljudska bića imaju duboko ukorenjenu i naizgled neutaživu želju za poimanjem ne samo sopstvenog porekla već i porekla svega što ih okružuje. Većina mitova, ako ne i svi od osvita čovečanstva, sadrži nekakvo više ili natprirodno biće koje je blisko povezano sa postojanjem i funkcionisanjem svega u univerzumu. Savremeni čovek i dalje ima mnoštvo različitih gledišta na poreklo univerzuma, premda dve među najzastupljenijim religijama, hrišćanstvo i islam, tvrde kako je za sve što vidimo oko sebe odgovoran jedan jedini tvorac.

U katoličanstvu, koje pokriva oko jedne šestine čovečanstva, preovlađuje uverenje da je Tvorac u potpunosti stvorio univerzum ni iz čega – a to uverenje se naziva postanjem *ex nihilo*. (Da budemo pošteni, ne veruju svi katolici u to, ali trebalo bi ukoliko slede papu.) Postuliranje natprirodnog bića zapravo ne doprinosi objašnjenju stvarnosti, pošto tako samo pitanje o poreklu stvarnosti

prebacujemo na teren pitanja o objašnjenju postojanja natprirodnog bića. Za to nijedna religija ne nudi niti jedan pravi odgovor.

Ako mislite da bi naučnici mogli da mnogo bolje pomažu poreklo univerzuma u poređenju sa onim što tvrde velike religije, bilo bi dobro da razmislite još jednom. Zaista, naučnici su većinom verovatno ateisti (zanimljivo, u Velikoj Britaniji je takvih više od 95%), ali to ne znači nužno da oni ne gaje nekakvo verovanje o tome kako je izgledalo Postanje i odakle dolaze sve ove stvari koje nas okružuju. Suština je u tome što, ako zakopate dovoljno duboko ispod svih postulata i aksioma, ustanovićete da su i oni podjednako zbunjeni kao i svi ostali. Dakle, što se tiče objašnjenja zbog čega stvarnost uopšte postoji i odakle na kraju krajeva potiče, pitanje religioznosti nema apsolutno nikakvog uticaja – svima nam na kraju preostaje isto nezgodno pitanje.

Kad god pročitam knjigu o religioznom ili filozofskom pogledu na svet, ne mogu da ne prepoznam tamo mnoge ideje koje su povezane sa onima koje imamo u nauci. Na primer, stav „redukcionizma“ – činjenica da se trudimo da sve svedemo na jedan jedini jednostavni uzrok – zajednička je i religioznom i naučnom načinu razmišljanja. I dok metodi istraživanja mogu da variraju, na isti način na koji u religiji svodimo sve na zajedničko božanstvo, u nauci stremimo ujedinjujućoj teoriji svega. Zapravo, ta urođena želja da smanjimo broj nepoznatih preovlađuje u gotovo svemu što radimo. Zbog čega je tako?

Često postoje dva različita razloga koji se iznose za tu prirodnu želju za pojednostavljivanjem. Prvi je to da

kao ljudi imamo veoma ograničenu imaginaciju i koji god medij koristili za razumevanje sveta – bila to nauka, religija, filozofija ili umetnost – na kraju ćemo koristiti isti ograničeni skup ideja koje su nam na raspolaganju. Drugim rečima, čak i kad počnemo sa objašnjavanjem stvarnosti, zamisli koje koristimo međusobno se ne razlikuju mnogo. Kao što napominje ugledni američki psiholog Abraham Maslou, kad vam je jedina alatka čekić, svaki problem vam liči na ekser. U našem slučaju, čekić bi mogao da bude naš prirodni poriv da pronalazimo jednostavne odnose uzroka i posledice. Mi ljudska bića uživamo u redukciji složenog i lepše nam je i uverljivije da na kraju sumiramo čitavo naše poimanje u vidu jednog principa (bio to jedan bog ili jedna teorija svega).

Značajno je takođe uvažiti da se naša stvarnost, to jest naš pogled na univerzum, može razlikovati od samog univerzuma. Mi svoju stvarnost stvaramo kroz razumevanje univerzuma a naša je stvarnost ono što je moguće, zasnovano na svemu što znamo. Ako se povedemo za Maslou-ovljev rečima, onda već razumemo da smo neizostavno ograničeni, i prihvatamo da svaka stvarnost koju stvaramo može biti samo približna onome što univerzum zaista jeste. U tom smislu, na neki način je neizbežno da, dok gradimo i potom objašnjavamo našu stvarnost, u to bude ugrađena teza singulariteta; to je pojam koji je prosto veoma komforan za dalju manipulaciju.

Zajedno sa tim, drugi razlog je što su ljudska bića istovremeno društvena. Umetnici, naučnici, sveštenstvo i laici međusobno razmenjuju ideje, ideje koje se potom pojavljuju kod jednih i drugih u delima dok mi pokušavamo

da bolje shvatimo svoj univerzum i generišemo sopstvenu sliku stvarnosti. Zamisli o lepoti i istini u jednoj oblasti neizostavno utiču na zamisli u drugoj. Sa toliko ubedljivih argumenata, možda i nije nikakvo čudo što svi idemo manje-više istim putem.

Po rečima nemačkog filozofa Ludviga Fojerbaha: „Čovek najpre nesvesno i nenamerno stvara Boga po sopstvenom liku, a taj Bog potom svesno i namerno stvara čoveka po svom liku.“ Ako uzmemo da je Bog sinonim za stvarnost, onda su stvarnost i čovekovo opažanje stvarnosti zapravo nerazdvojni. Čovek stvara stvarnost, a onda stvarnost koristi kako bi opisao sebe. Pošto stremimo tome da redukujemo složenost, opet nimalo ne iznenađuje što se trudimo da sazdamo svoju stvarnost na najjednostavnijim mogućim uzrocima.

Optimističnije gledište na to zbog čega se naše zamisli nekako stapaju glasi da je život evoluirao zajedno sa ostatkom univerzuma. Mi smo ovaploćenje istih onih zakona koji su oblikovali univerzum i naša je imaginacija u intimnoj vezi sa njim. Svesno ili nesvesno, ustanovljavamo da se približavamo tim zakonima. U tom smislu, ono što nosi tu konvergenciju, za razliku od prethodnih tačaka, nije nikakvo ograničenje s naše strane u opisivanju univerzuma, već pre prirodna sklonost prema zakonima koji njime vladaju. Ta gledišta možda izgledaju prilično slično, ali glavna razlika je u tome što je potonje optimističnije. Umesto da stvaramo svoju stvarnost pa potom budemo u stanju samo da opisujemo univerzum kroz tu stvarnost, to nam u suštini pruža nadu da smo, pošto smo

i inače otelotvorenje zakona koji opisuju univerzum, već na pravom putu. Ali čeka li nas na kraju tog putovanja jednostavnost?

Jedan od principa koje naučnici najviše cene jeste princip Okamove oštrice. Vilijam od Okama, engleski logičar i franjevački fratar iz četrnaestog veka, govori nam da pretpostavke ne treba umnožavati ako to nije neophodno, ili drugim rečima, da je najjednostavnije objašnjenje obično i najbolje. Premda možete tvrditi da je jednostavnost krajnje subjektivna kategorija, ja ću u desetom poglavlju pokazati kako postoji objektivno gledište o jednostavnosti koje je univerzalno.

Dovođenje Okamove logike do krajnosti ujedno znači i svođenje svih objašnjenja o svemu u univerzumu na jedan jedini sveobuhvatan princip. Zamislite koliko bi nam to olakšalo život; zaljubljuvanje, kretanje planeta, promene na berzi, sve to objašnjeno tim jednim principom.

Ali dovodi li to zaista Okama do krajnosti? Zašto ne pokušamo da se otarasimo čak i tog jedinog principa i ne dedukujemo sve bez ikakvih principa? To je svakako još jednostavnije pa stoga, u skladu sa Okamovom logikom, mora biti bolji odraz stvarnosti? Dedukcija bez ikakvih principa jeste ono što je slavni američki fizičar Džon Viler nazivao „zakonom bez zakona“. On je smatrao da ukoliko možemo objasniti fizičke zakone bez poziva na bilo koji prethodni fizički zakon, to nam onda pruža zgodnu mogućnost da objasnimo sve. Upravo je to gledište uobičajen naučni stav o „postanju ni iz čega“, postanju *ex nihilo*.

Gotfrid Vilhelm Lajbnić, čuveni nemački matematičar i filozof, i jedan od izumitelja diferencijalnog računa,

koristio je ovu logiku kako bi dokazao postojanje Boga. Za njega je iznenađujuće bilo to što nešto, umesto ničega, postoji u univerzumu, kada se ima u vidu da je ništa daleko jednostavnije stanje. Za njega je jedini mogući razlog postojanja bilo čega to što je neko nezavisno biće stvorilo to nešto. Njemu je to bio dovoljan dokaz za postojanje spoljnog uticaja – uticaja Boga. Tako čak ni on, poput mnogih drugih, nije mogao da nađe bolji odgovor na pitanje postanja *ex nihilo* od postulata postojanja natprirodnog bića.

O tome koliko je nezgodno imati zakon koji objašnjava sve bez prethodnog postuliranja zakona (ili neke vrste generalnog principa) lepo je govorio jedan od Vilerovih studenata, oksfordski fizičar Dejvid Dojč. O tom pitanju Dojč razmišlja na sledeći način: „Ukoliko ne postoji fizički princip *P* koji sve objašnjava i kome se može prići naučnim metodima, to verovatno znači da postoje aspekti prirodnog sveta koji su nauci fundamentalno nedostupni.“ Drugim rečima, ako nismo u stanju da pronađemo sveobuhvatni princip, nauka onda ne može da objasni univerzum i neuspešna je u postizanju svog krajnjeg cilja. Dojč smatra da je svaka nemogućnost da se univerzum objasni jednim jedinim principom *P* neposredno suprotstavljena racionalizmu i „našem gledištu o fizici kao univerzalnoj nauci, koje je dosad bilo pogonska snaga za njen napredak i koje bismo krajnje nerado odbacili“.

Međutim, kao što Dojč napominje, i druga strana medalje tu je problematična. Ukoliko postoji takav princip *P* u okviru fizike koji sve objašnjava, njegovo poreklo će zauvek ostati nerešivo, kad se ima u vidu da niti jedan

princip (ili zakon) ne može da objasni sopstveno poreklo ili formu. To je kao da pitate klima-uređaj: „Zbog čega si ti klima-uređaj, a ne stolica?“ Očigledno, odgovor se krije izvan klima-uređaja, pošto je sam klima-uređaj naprosto tako stvoren. Dakle, paradoksalno, *P*, krajnji princip fizike ili zakon koji objašnjava sve, jednostavno ne može ni da postoji. Njegovo poreklo se opet mora kriti izvan fizike, pa otud i Vilerov izraz „zakon bez zakona“ koji naizgled sam sebi protivreči.

Dojčova logika pokazuje koliko je tanka linija kojom moramo ići ukoliko hoćemo da objasnimo ceo univerzum pomoću jednog jedinog principa. Ali šta tačno taj princip pokušava da objasni? Da li govorimo o objašnjavanju svih predmeta u univerzumu, kao što su stolice i klima-uređaji; da li pokušavamo da objasnimo društvene interakcije kao što je zaljubljanje; ili govorimo o nečemu fundamentalnijem, poput osnovnih jedinica od kojih je sazdana materija i njihovih interakcija? Sve to svakako treba da objasnimo, poreklo svih tih stvari u univerzumu i način na koji su one međusobno povezane.

U ovoj knjizi je iznesen stav o tome da je informacija (a ne materija, energija ili ljubav) osnovna jedinica od koje je sve sazdano. Informacija je daleko fundamentalnija od materije ili energije zato što se može uspešno primeniti na makroskopske interakcije, poput ekonomskih i društvenih fenomena, kao što, kako ću već pokazati, informacija može biti upotrebljena da objasni poreklo i ponašanje mikroskopskih interakcija poput energije i materije.

Međutim, kako su to već napomenuli Dojč i Viler, kakav god bio naš kandidat za fundamentalnu jedinicu

od koje je sazdan univerzum, i dalje se mora objasniti i „njegovo sopstveno“ poreklo. Drugim rečima, pitanje nastanka svega ni iz čega, postanja *ex nihilo*, ključno je. Zato ako je informacija, kao što ja tvrdim, ta zajednička nit, pitanje postanja *ex nihilo* svodi se na objašnjavanje toga kako neke informacije nastaju u stanju kada nikakvih informacija nema. Ne samo što ću pokazati kako je to moguće već ću i ustvrditi da je informacija, nasuprot materiji i energiji, *jedini* naš postojeći koncept koji može objasniti sopstveno poreklo.

Da li to znači da nam informacije pomažu i da pronademo princip *P* koji sve objašnjava i o kojem je govorio Dojč? U trećem delu ove knjige tvrdim da to pitanje više nema čak ni bilo kakvog smisla ako stvarnost sagledamo kao informaciju. Ustanovićemo da samo putovanje, u ovom slučaju metod kojim nastaju korisne informacije, postaje važnije od krajnjeg odredišta (koncepta fizičkog zakona koji sve objašnjava). Štaviše, pitanje je postoji li uopšte to krajnje odredište ili se zajedno sa razvojem univerzuma razvija i naš cilj, čvrsto smeštajući krajnji fizički princip isključivo u našu kreiranu stvarnost, a ne kao neophodni konstrukt univerzuma samog po sebi.

Pa koje je to onda važno pitanje na koje moramo da nađemo odgovor? Ako se saglasimo da su informacije prirodni okvir u kojem treba da pojмимо našu stvarnost, onda treba da budemo u stanju i da sve prirodne pojave objasnimo pomoću njih. Ta tema čini jezgro ove knjige, u poglavljima od trećeg do desetog. Kako budemo prolazili kroz poglavlja, videćemo da zapravo smanjenje broja informacija dovodi do njihovog boljeg razumevanja. To

isprva možda zvuči neobično, ali intuitivno znamo da je istina – u smislu da kad nešto pojмимо bolje, vidimo kako možemo to sažeti u nekoliko osnovnih principa. Na primer, umesto da imamo sto različitih zakona za opisivanje bacanja teniske loptice u vazduh, pri čemu je svaki od tih zakona primenjiv u različitom skupu uslova, jedan zakon koji obuhvata svaki mogući uslov pruža nam mogućnost mnogo boljeg razumevanja. Stoga bolje poimanje naše stvarnosti izjednačavamo sa sažimanjem količine informacija koje ona sadrži.

Nasuprot tome, dok neumorno radimo kako bismo sveli količinu informacija u našoj stvarnosti, postoji fundamentalni argument koji ukazuje na to da količina informacija u univerzumu kao celini, ako to dobro shvatamo, može samo neprestano da se uvećava. To je predmet petog poglavlja. Ovo ukazuje na činjenicu da što nam više toga univerzum otkriva o sebi, naša stvarnost i ono što je u njoj moguće, kao i što nije, sledstveno raste i dovodi do novih informacija, koje se onda moraju sažimati. Analogija koju često volim da pominjem govori o magarcu ispred kog na stalnoj udaljenosti visi šargarepa. Dok se magarac primiče šargarepi i misli da samo što nije stigao do nje, šargarepa se odmiče od magarca. Pošto ne shvata da je šargarepa za njega prikačena na štapu, magarac i dalje pokušava i pokušava, nesvestan toga da je na kraju osuđen na neuspeh (najzad, to je samo magarac). I premda prevlađuje velike udaljenosti (i intimno upoznaje strukturu šargarepe), magarac na kraju ne uspeva da postigne svoj prvenstveni cilj.

U ovom smislu, postoji dihotomija između naše želje za sažimanjem informacija (destilovanjem čitavog našeg poimanja stvarnosti u nekoliko sveobuhvatnih principa) i prirodnog porasta broja informacija u univerzumu (ukupne količine koju treba da razumemo). Ta želja za sažimanjem informacija i prirodni porast broja informacija u univerzumu možda inicijalno izgledaju kao nezavisni procesi, ali kao što ćemo kasnije istražiti sa više pojedinosti, među njima može postojati povezanost. Dok sažimamo i pronalazimo sveobuhvatne principe koji opisuju našu stvarnost, upravo ti principi onda ukazuju na to koliko još informacija može da se nađe u našem univerzumu. Na isti način na koji Fojerbah tvrdi da „najpre čovek stvara Boga, a potom Bog stvara čoveka“, možemo reći da informacije sažimamo u zakone pomoću kojih gradimo svoju stvarnost, a ta stvarnost nam zatim govori kako da dalje sažimamo informacije.

Premda se neki mogu usprotiviti, uveren sam da je ovo gledište o stvarnosti definisanoj kroz sažimanje informacija bliže duhu nauke kao i njenoj primeni (o takozvanom naučnom metodu govorimo sa mnogo pojedinosti u desetom i dvanaestom poglavlju). To je takođe bliže i naučnom značenju informacija, u smislu da su informacije odraz stepena nesigurnosti u našem poznavanju sistema, kao što će biti pokazano u trećem poglavlju.

Možda bi ovde zastupljeno gledište o univerzumu bilo prikladnije nazvati „poništenje svega“ umesto „postanje ni iz čega“, jer na kraju tvrdimo kako upravo sažimanje definiše stvarnost. To će biti detaljnije objašnjeno u trećem delu ove knjige.

Ključne tačke

- Predstavljamo poimanje naše stvarnosti, to jest naše razumevanje univerzuma i onog što je u njemu moguće i nemoguće. Naša zamisao o stvarnosti neprestano se razvija prateći naš napredak.
- Hvatamo se ukoštac sa izazovom pitanja da li može postojati krajnji zakon koji opisuje univerzum i pitanjem kako bi to moglo nastati ni iz čega, kao postanje *ex nihilo*.
- U ovoj knjizi će biti iznesen stav da su informacije ona osnovna nit što povezuje sve pojave koje vidimo oko sebe, kao što ujedno i objašnjava njihovo poreklo. Naša stvarnost je u suštini sazdana od informacija.



Informacije za sva vremena

Zamislite da ste zakasnili na žurku. Svi su već tamo i sede za velikim okruglim stolom. Domaćin vas poziva da sednete zajedno sa ostalima i vi shvatate da su oni obuzeti nečim nalik na igru. Domaćin vam ne govori ništa drugo osim da sednete i pridružite se. Recimo da veoma volite da igrate poker, i uzbuđeni ste zbog mogućnosti da učestvujete, ali ubrzo shvatite kako to nije poker. Onda vam svane kako zapravo pojma nemate o tome šta se tu dešava. Okrenete se da priupitate domaćina za to, ali on je negde nestao. Udahnute duboko i nastavite da ćutite, jer ne želite da pokažete koliko toga ne znate, a več je tek počelo, pa onda tiho nastavite da posmatrate.

Najpre primetite da nikome nije dozvoljeno ni da zucne, tako da uopšte i nije očigledno da se tu radi o nekoj igri. Čini vam se to donekle čudnim, ali pomislite kako je reč možda o nekom pravilu igre, pa radite što i drugi. Primećite da igrači koriste zajednički špil karata koje podsećaju na one za tarot, i na svakoj karti je do tančina urađena slika, poput ratnika koji ubija lava ili žene koja drži dva

ukrštena mača. Malo kasnije, jasno vam je da igrači na smenu otkrivaju svoje karte, jednu po jednu. Kako spuštaju svaku sledeću kartu do one prethodne, drugi igrači podrobno posmatraju novu kartu kao i govor tela igrača ne bi li dodatno potkrepili smisao karte.

Konačno dolazi na red igrač koji sedi kraj vas. On spušta kralja koji stoji kraj mrtvog lava sa mačem podignutim iznad glave, a vi pomislite: „Da li ovaj lik govori o nekom konkretnom kralju koji je ubio lava?“, „Da li govori o kraljevima uopšte?“ ili „Da nije ova karta metafora za neku vrstu lične pobede?“ Dok vi o tome razmišljate, spuštена je već sledeća karta i na njoj je crveni zmaj. Isprva pomislite kako je posredi nekakva metafora za opasnost, ali kad pogledate obe karte zajedno, shvatite da one možda predstavljaju nekog velškog kralja (crveni zmaj je nacionalni simbol Velsa) ili možda moćnika suočenog sa opasnošću. Sledeće tri prikazane karte jesu: dva ukrštena sečiva, reka i konačno prosjak.

Sada je već očigledno da svi oni pokušavaju da prenesu nekakvu poruku jedno drugome kroz te karte i govor tela. Isto tako je jasno da verovatno ne možete proključiti smisao ove igre sve dok ne vidite dovoljan broj karata. Ali počnete da se pitate šta to oni tačno pokušavaju da prenesu – koji je glavni smisao te aktivnosti? Pričaju li o svom životu, izmišljaju li priče kako bi jedni druge zabavili ili možda svaka kombinacija karata vredi određen broj poena? Ako to jeste igra, kako se u njoj pobeđuje, a ako nije, u čemu je onda smisao svega toga?

Jednu takvu priču je smislio poznati italijanski prozni pisac Italo Kalvino. Smisao njegove priče bio je u tome da

je svaki igrač pokušavao drugima da priča o svom životu, ali samo koristeći slike sa karata uz malo kreativnog gestikuliranja i krivljenja lica pride.

Kalvino je u svojoj knjizi iskoristio tu igru kartama kao glavnu metaforu za život. Pitanje je: zbog čega? Pa, meni je teško da pretpostavim šta je pisac zaista želeo da kaže. Pisci su umetnici i često se smisao njihovog dela sastoji upravo u činjenici da su dvosmisleni i da različiti ljudi na mnogo različitih načina tumače njihovo umetničko delo. Ali ja sam naučnik (što su, uzgred, bili i Kalvinovi roditelji) i voleo bih da vam kažem kako se ono što predstavlja Kalvinova igra kartama ne razlikuje toliko od načina na koji mi generišemo svoje poimanje stvarnosti.

Kalvinova igra kartama je kao naš dijalog sa Prirodom, drugim rečima, sa ostatkom univerzuma. Svi igrači za stolom predstavljaju različite aspekte Prirode, a vi ste posmatrač. Na primer, prvi igrač bi mogla da bude ekonomija, drugi fizika, treći biologija, a četvrti sociologija. Svi igrači na smenu otkrivaju pomalo o sopstvenim pravilima i ponašanju kako vreme prolazi. Priroda je, kao i igrači, nema, ali otkriva svoje namere kroz događaje i okolno okruženje. Nimalo ne čudi to što Priroda za komunikaciju koristi jezik „informacija“. Igra kartama ukazuje na to da informacije dolaze u zasebnim jedinicama, kao jedna po jedna karta. Tu kartu ne možemo podeliti u manje jedinice. Prva poruka Kalvinove metafore stoga glasi da postoje osnovni atomi informacija koji se univerzalno koriste. U nauci mi te atome nazivamo „bitovima“ ili binarnim ciframa. Preciznije ćemo govoriti o tim „bitovima“ u trećem poglavlju.

Druga poruka Kalvinove priče sastoji se u tome da svaki niz karata, koliko god se činilo da je njegova poruka transparentna, i dalje mora proći kroz interpretaciju posmatrača (u ovom slučaju to ste vi i ostali igrači). Interpretacija može, a ne mora, biti verna onome što je igrač smerao da prenese, i može veoma varirati između različitih posmatrača, a čak i sam posmatrač može imati nekoliko gledišta na ono što posmatra. To je isto što i svojstvena nesigurnost koju pronalazimo dok posmatramo Prirodu, pa dvoje ljudi mogu imati radikalno različita tumačenja.

Zanimljivo, kad na vas dođe red da igrate, vi postajete igrač, a Priroda postaje posmatrač. Dok spuštate karte, to se odražava na Prirodu; ovde postoji dualitet – ne možete sedeti za stolom a da ne utičete na igru. To je treća poruka Kalvinove priče, da ste u stvarnom životu istovremeno i posmatrač jednako kao što ste i igrač. Četvrta poruka koju možemo dobiti od Kalvina jeste to da ista karta može da znači različite stvari u zavisnosti od toga koje su druge karte izvučene zajedno sa njom. Bez obzira na to ko je posmatra, svaka karta ima sopstveni stepen nesigurnosti, ista karta sa crvenim zmajem može da znači opasnost, strah ili da predstavlja zemlju po imenu Vels, u zavisnosti od toga koje su još karte na talonu. Pošto se jednom prikaže čitava ruka karata, značenje svake od njih u tom kontekstu postaje jasnije. Stoga u vezi sa Kalvinovim drugim i četvrtim značenjem, te karte, kao i bitovi koji predstavljaju informacije, zavise od onoga ko ih tumači, kao i od ostalih karata sa kojima su izvučene. U tom smislu, ne možemo gledati ni na jednu kartu individualno – one se moraju razmatrati u kontekstu niza karata sa kojima su

izvučene. Nimalo ne čudi što se to svojstvo, u nauci, generalno naziva „kontekstualnošću“.

Jedan od najupečatljivijih zaključaka koji slede iz te kontekstualnosti glasi da nikada ne možemo biti sigurni u svoje tumačenje Prirode, s obzirom na to da sledeći bit informacije može naše prethodno gledište obesnažiti i potpuno promeniti suštinu naše poruke. U nauci, na primer, možemo videti hiljadu eksperimentalnih rezultata koji potvrđuju određenu teoriju, ali jedan naknadni rezultat mogao bi potpuno da je obesnaži i ukaže da smo sasvim pogrešno razumeli poruku koju nam Priroda šalje. Tako u Kalvinovoj priči to isto znači da ne možete biti sigurni u poruku sve dok i poslednja karta ne bude postavljena na talon. Ta poslednja karta može promeniti čitav smisao priče. Ovo mnogo podseća na tvrdnju filozofa Sokrata iz antičke Grčke, da „nikoga ne možemo smatrati srećnim sve dok ne umre“. Možete biti srećni najvećim delom života, ali sve do poslednjeg svog daha ne možete biti sigurni da ste srećno živeli. Videćemo da čitavo znanje naučnog znanja takođe počiva na ovakvoj (donekle brutalnoj) logici.

Ako još malo analiziramo Kalvinovu igru, povući ćemo i izvesne zanimljive paralele sa našim posmatranjem Prirode. Kao i posmatrač u priči, mi ljudska bića takođe smo se sa zakašnjenjem uključili u igru. Ako se igra uzme kao metafora za život, i ako traje već deset godina, mi smo se u nju uključili pre samo nekoliko minuta. Neki elementi Prirode, poput fizike, postojali su tu od samog početka. Dakle, ogromna količina informacija koje mi još nismo uzeli u obzir pri stvaranju svog modela stvarnosti već je prenesena.

Kalvino igrače uzima zdravo za gotovo. Scena je već postavljena, ali Kalvino nam ne govori zbog čega je igra počela i ko je igrače pozvao da u njoj učestvuju. On ostavlja to pitanje otvorenim, baš kao što je otvoreno i u stvarnosti. Ovo pokreće isto ono pitanje odakle su igrači došli, i svodi se na izazov postanja *ex nihilo*.

Naravno, tumačenje stvarnosti sadrži mnogo više od onoga što se može prikazati u bilo kojoj priči poput Kalvine. Ono nam ne daje nikakve konkretne pojedinosti niti uputstva o tome kako bi tačno trebalo da kvantifikujemo informacije i primenjujemo ih na bilo koju datu situaciju, a kamoli tek na čitav univerzum. Na primer, raspored tarot karata ne navodi nas da izvedemo zaključak o nekoj jedinstvenoj priči. Kako onda zaključujemo koja je priča verovatnija od drugih? Ili možda ne treba da biraмо jednu jedinu priču, već da sve priče kombinujemo u neku vrstu superpriče?

Još jedan ključni aspekt nedostaje u Kalvinovoj priči, ako je već koristimo kao analogiju za to kako nam Priroda iznosi informacije, i on ima veze sa činjenicom da se u Kalvinovoj priči, pošto jednom sve karte budu otvorene, to više ne može promeniti. Svaka karta je u definitivnom stanju (izraženom u njenoj slici) i, dok se to stanje može drugačije tumačiti, ne može se više menjati pošto je već jednom otvoreno na talonu. Na primer, karta na kojoj se vidi crveni zmaj ne može „čarolijom“ da se promeni u drugu kartu čim sledeća bude izvučena, niti čim je neko bude primetio. Koliko god to zvučalo protivno intuiciji, izostavljanje te interakcije među kartama, kao i između karata i igrača, ispostaviće se kao ključno kada budemo

raspravljali o našem najboljem fizičkom opisu stvarnosti, o kvantnoj teoriji, u drugom delu knjige.

Čitalac ovoj knjizi verovatno pristupa s nejasnom idejom o tome šta je informacija. Svakodnevnim jezikom rečeno, informacija je često sinonim za znanje. Verujemo da nešto znamo kada o tome možemo dovoljno nadugačko i naširoko da pričamo a da nam niko od slušalaca ne protivreči. Međutim, iako je to uobičajeno značenje fraze „pun znanja“, naučnici to ne smatraju znanjem. Za jednog naučnika se svako znanje uvek odnosi na znanje o budućnosti. Otud istoričari nisu naučnici – istoričari predskazuju prošlost – ali nauka je u potpunosti okrenuta predskazanjima koja se tiču budućnosti. Nils Bor, jedan od dedova kvantne teorije, jednom se u vezi s tim našalio: „Teško je predskazivati, naročito kad se radi o budućnosti.“

Nagađanje šta će se dogoditi uvek podrazumeva izvestan rizik. Kada pokušavamo da predskažemo budućnost, moramo se neizostavno latiti mašte, bilo zato što je budućnost sama po sebi neizvesna, bilo zato što o njoj nemamo dovoljno informacija. Tu neizvesnost je Kalvino već istražio, u smislu da ne možemo biti sigurni u poruku sve dok i poslednja karta ne bude otvorena na stolu. Poslednja karta može promeniti čitav smisao priče. Za razliku od situacije u Kalvinovoj priči, gde postoji konačan špil karata, čini se da Priroda svoje karte otvara beskonačno. Nažalost, to znači da moramo da nagađamo poruku koju Priroda pokušava da prenese kako se sve više i više karata otvara. Rezultat toga je da neka kasnija karta može dokazati da smo pogrešili, ali to je samo neophodan rizik svojstven tome kako nauka funkcioniše.

Jedan fizičar, recimo kada proučava atom, obično izračunava njegova svojstva koristeći olovku i papir, ili danas češće uz pomoć kompjutera. Onda odlazi u laboratoriju i obavlja merenja (danas je uobičajeno da oni koji izračunavaju i oni koji mere budu različiti ljudi, ali ne mora biti tako). Konačno, fizičar poredi rezultate merenja sa svojom teorijom, i ako se jedno i drugo podudaraju dovoljno precizno, on će pomisliti da je dovoljno dobro razumeo konkretnu pojavu. Ukoliko eksperiment protivreči teoriji – a on je siguran da nisu počinjene nikakve ključne eksperimentalne greške – onda se teorija, to jest naše tumačenje poruke koju Priroda pokušava da nam prenese, mora promeniti. Ovo je osnova naučnog metoda koji nam je pomogao da pojмимо različite aspekte Prirode u kratkom periodu od četiristo godina. Isto tako, upravo ovaj metod može se smatrati jednom od osobenosti koje definišu savremenu civilizaciju.

I dok nas je dosad vodilo pitanje zbog čega postoje informacije u univerzumu i kako ih to Priroda nama prenosi, naša krajnja namera je da pokažemo kako informacije opisuju stvarnost koju posmatramo. To ćemo učiniti sledeći tezu Rodžera Bejkona o „analizi i sintezi“ i najpre analizirati sve stubove stvarnosti pre nego što ih sintetizujemo u sveobuhvatnu jedinstvenu sliku.

Analiziraćemo kako svaki stub naše stvarnosti (igračići u Kalvinovoj priči) ovaploćuje i prenosi informacije. I premda ću ja poruke svakog od tih stubova prenositi na sopstveni informatičkocentrični način, sve su te poruke i te kako uvrežene u naučnoj zajednici. Čitalac se možda neće saglasiti sa mojim ultimativnim gledištem o kodiranju

stvarnosti, ali nadam se da će mu rasprava o zasebnim stubovima biti sama po sebi dovoljno vredna.

Glavni stubovi o kojima ćemo raspravljati jesu:

- **4. poglavlje – Prvi igrač: biologija.** Prva velika primena informacija dogodila se u biologiji, gde se genetika potpuno razvila zahvaljujući upotrebi jezika očuvanja i prenošenja informacija. Ovde je informaciju najlakše razumeti i ona ima jasno i dobro definisano značenje. Biološka informacija je čuvana po svojoj istrajnosti, ali osnovni principi su zapravo univerzalni. Možemo ih upotrebiti kako bismo ponudili novi okvir za vođenje uspešne firme.
- **5. poglavlje – Drugi igrač: termodinamika.** Fizika i informacije imaju dugovečan međusobni odnos i ja obično to koristim kako bih govorio o zloglasnom Drugom zakonu termodinamike. On tvrdi da je tendencija univerzuma da propada i pretvara se u kaos. Objašnjavam na koji način to treba razumeti u smislu informacija i zbog čega to ne protivreči biološkom očuvanju informacija. Ovde ću takođe koristiti informacije kako bih predstavio nova saznanja o temama globalnog zagrevanja i ekologije, te ponudio novi pogled na to kako da planirate sopstvenu ishranu.
- **6. poglavlje – Treći igrač: ekonomija.** Pošto sam vas već ubedio da se biologija i fizika potpuno sastoje od informacija, sada tvrdim kako je i ljudsko ponašanje zasnovano na istim informatičkoteorijskim principima. Posebno se klađenje na nasumične procese, poput onih u kockarnici ili na berzi, maksimizira kada sledimo te principe. Ovde ćemo videti kako da uspešno investiramo primenom zakona o informacijama.

- **7. poglavlje – Četvrti igrač: sociologija.** Složenije društvene strukture poput distribucije gradova, bogatstva građana i društvenog poretka takođe se mogu posmatrati kroz oči teoretičara informacija. Ovo poglavlje je kulminacija prvog dela knjige i objedinjuje jedan broj raznovrsnih pojava kroz jednu te istu logiku. Ovde ću raspravljati o tome kako da poboljšate svoj socijalni status i kako može doći do rasne segregacije čak i u najvatrelijim grupama ksenofila.
- **8. poglavlje – Peti igrač: kvantna fizika.** U drugom delu knjige objašnjavam da su informacije u stvarnom svetu drugačije od onoga što vam se čini na prvi pogled. Premda i dalje kvantifikovane bitovima, informacije su zapravo daleko moćnije nego što smo smatrali mogućim. To je zato što je svet u krajnjoj liniji kvantnomehanički. Ovo poglavlje objašnjava osnove kvantnih informacija koje imaju neka bizarna i prilično radikalna svojstva. Videćemo kako se može komunicirati toliko bezbedno da čak ni CIA nema šanse da prisluškuje naše razgovore.
- **9. poglavlje – Šesti igrač: nauka o računarima.** Ovaj novi oblik informacije, zasnovan na kvantnoj teoriji, može se koristiti za računanje brže od svega što smo dosad videli na našim PC računarima (koji su deo opšteprihvaćenog jezika klasičnih kompjutera). Ovde objašnjavam kako hakovanje vašeg računa u banci može da potraje samo nekoliko sekundi pomoću kvantnog kompjutera i kako su biološki sistemi možda već sposobni za neke jednostavne forme kvantnog računanja.
- **10. poglavlje – Sedmi igrač: filozofija.** Ako univerzum u svojoj srži ima kvantne informacije – tvrdnja

koju ovde počinjem da zastupam – onda se ponovo vraćamo prastarom problemu suprotstavljenosti determinizma i slobodne volje. Možemo li da postupamo kako sami želimo ili su naši postupci unapred određeni? Ovde ću pokušati da vas ubedim u to da nasumičnost i determinizam nisu međusobno suprotstavljeni. Iznosim primer u kom oni zajedno delaju kako bi teleportovali predmete širom univerzuma.

Naravno, neki čistunci će možda tvrditi kako u Prirodi postoji zapravo samo jedan igrač, a taj igrač je sama fizika. Karte drugih igrača samo slede one karte koje fizika otvara. Međutim, ja u ovoj knjizi tvrdim da su upravo karte onaj najfundamentalniji deo ove igre. Otud svakog igrača treba posmatrati podjednako premda može doći do izvesnog ponavljanja u njihovim porukama, na primer ponešto od onoga što nam ekonomija otkriva o ljudskoj prirodi već je pokrila biologija.

Kada zaključimo analizu, počecemo sa sintezom ovih poruka u **11. i 12. poglavlju**. Rezultat ove sinteze biće stvarnost, kodirana kroz bitove informacija. Tu ćemo sagledati univerzum kao jedan veliki kvantni kompjuter, u kom se odvija najveća moguća kompjuterska igrice stvaranja naše stvarnosti. Programeri su igrači u Kalvinovoj partiji karata, a njihov softver sumira sve što su naučili dok su igrali. Primenom iste logike možemo da izračunamo količinu informacija koje se mogu skladištiti u bilo kom objektu, pa čak i u ljudskom mozgu.

U trećem delu knjige iznesena je tvrdnja da je informacija jedini prikladan entitet na kom se može zasnovati

krajnja teorija svega. Ne samo što informacija predstavlja okvir u kom se gravitacija može sagledati kao puka posledica kvantne teorije (integriranje kvantne teorije i gravitacije najveći je izazov savremene fizike) već to ukazuje na način na koji informacija može dovesti do „zakona bez zakona“ i time preseći Gordijev čvor postanja *ex nihilo*.

Neki aspekti prikazani u završnim poglavljima su spekulativni ili su i dalje predmet rasprave u naučnoj zajednici, i ja ću čitaoca upozoriti na takvu činjenicu. Međutim, iako se može ispostaviti da su neki od tih aspekata pogrešni, nadam se da će čitalac uživati u ovom intelektualnom putovanju. Tim povodom, dozvolite da završim citiranjem slavnog persijskog pesnika i astronoma iz jedanaestog veka Omara Hajama:

Ti što pokoriše svu nauku i slova,
I sjaše kao zraci međ boljima od sebe,
Ne nađoše nit ovog zamršenog čvora,
Tek ispričaše priču, pa utonuše u san.

Ključne tačke

- Kalvinova partija karata efikasna je metafora za to kako posmatramo i poimamo stvarnost.
- Informacije su jezik koji Priroda koristi kako bi prenosila svoje poruke, i te se informacije pojavljuju u zasebnim jedinicama. Mi te jedinice koristimo kako bismo gradili našu stvarnost.

- Glavni igrači u Kalvinovoj partiji karata predstavljaju različite aspekte Prirode. Po mom izboru, ti igrači su biologija, termodinamika, ekonomija, sociologija, kvantna fizika, nauka o računarima i filozofija.
- Ključne poruke svih ovih igrača biće analizirane na informatičkocentričan način u sledećim poglavljima.
- Sinteza ključnih poruka svih igrača imaće za rezultat naše gledište o tome kako je stvarnost generisana ili kodirana.