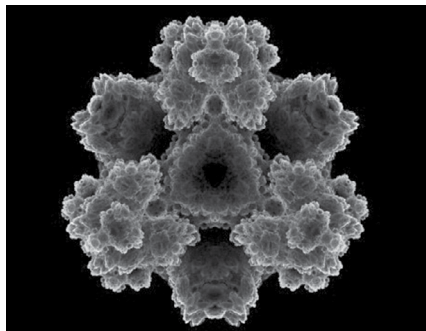


FRAKTALNA MATEMATIKA – KLJUČ ZA UNIVERZUM

Zamislimo da gledamo svemir s ogromne udaljenosti, iz perspektive koja obuhvaća galaksije, zvjezdane skupove i kozmičke niti koje se pružaju kroz prostor. Na prvi pogled, svemir izgleda kao kaotično i beskonačno prostranstvo ispunjeno galaksijama, zvijezdama i tajanstvenim silama koje još uvijek pokušavamo razumjeti. Ipak, iza tog prividnog nereda krije se duboka

povezanost i skriveni red – red koji se možda može opisati kroz fraktale. Ovi matematički obrasci, koji se ponavljaju na različitim razinama i skalama, mogli bi biti ključ za razumijevanje strukture svemira. Raspored galaksija u svemiru pokazuje obrasce slične fraktalima – nejednoliko raspoređene, ali organizirane u klastere i mreže koje podsjećaju na neuronske mreže u mozgu ili na korijenje drveća. Ova sličnost između mikrokozmosa (atoma, stanica, neurona) i makrokozmosa (planeta, zvijezda, galaksija) možda nije slučajna, već odraz dubljeg zakona prirode.



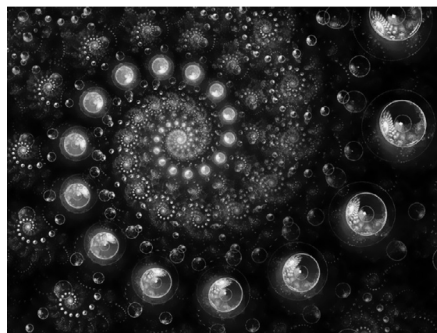
Zato se sve češće postavlja pitanje: *Je li svemir sam po sebi fraktalne prirode?* Ako jest, tada bi fraktali mogli biti ključ za razumijevanje ne samo oblika i strukture svijeta oko nas, već i temeljnih zakona fizike, biologije i kozmologije. Fraktali bi mogli biti most između znanosti i filozofije, između materije i svijesti (Mandelbrot, 1982.).

Fraktal dolazi od latinske riječi *fractus*, što znači *slomljen*, a zapravo opisuje oblik sastavljen od manjih dijelova sličnih cjelini. Njegova bit je samosličnost – ideja da se isti obrazac ponavlja u različitim mjerilima. Bilo da gledamo grananje rijeka na Zemlji ili strukturu neurona u mozgu, fraktalni su uzorci posvuda. Oni nude jedinstven način da se kompleksnost prirode svede na jednostavna pravila. Naizgled kaotičan svijet oko nas možda zapravo počiva na vrlo jednostavnim matematičkim principima koji se samo beskrajno ponavljaju i grade složene strukture. Ako postoji kôd svemira, fraktali bi mogli biti njegovi simboli – slično kao što DNK predstavlja slova jezika života. Pojam *fraktal* uveo je matematičar **Benoît Mandelbrot** 1970-ih godina. On je primijetio da tradicionalna geometrija ne može objasniti nepravilne i složene oblike iz prirode. Pomoću računala, Mandelbrot je stvorio slike fraktala koje su ot-



krile zadivljujuće obrasce – gotovo hipnotičke, beskonačno detaljne strukture koje nas podsjećaju na umjetnost, ali su temeljene na preciznim matematičkim pravilima (Mandelbrot, 1982.).

Prije Mandelbrotova otkrića matematičari su koristili euklidsku geometriju za predstavljanje svijeta. Smatralo se da je sama priroda previše složena da bi postojala samo jedna formula koja je opisuje. Stoga su mnogi od nas naučili geometriju koja samo približava prirodu i koristili se kvadratima, trokutima i krugovima znajući da se drvo ili planinski lanac ne mogu prikazati pomoću onoga što smo naučili. Priroda za svoje stvaranje ne koristi savršene linije i krivulje, već fragmente koji spojeni čine cjelinu. Priroda koristi nekoliko jednostavnih, sebi sličnih i ponavljajućih struktura – fraktala – kako bi ugradila atome u poznate strukture svega, od elemenata i molekula do kamenja, drveća i samog čovjeka. U fraktalu svaka čestica, koliko god mala bila, izgleda kao veća struktura čiji je dio. Fraktali se mogu koristiti za kopiranje svega: od prekrasnog cvijeta u vrtu do eksplodirajuće supernove. Fraktali nas uče da u svakom dijelu možemo pronaći cjelinu. To je moćna ideja koja se ponavlja i u znanosti i u duhovnosti. Možda fraktalni obrasci nisu samo estetski ili funkcionalni, već i ontološki – možda odražavaju samu prirodu stvarnosti. Ako uspijemo potpuno razumjeti kako fraktali nastaju i djeluju, mogli bismo otključati nove razine znanja o vlastitom postojanju (Mandelbrot, 1982.).



U svakom listu, oblaku, stanici i galaksiji možda se krije isti uzorak – otisak stvaranja, beskonačna igra oblika koja nas vodi prema spoznaji da je *Svemir*, u svojoj biti, jedan veliki fraktal. Ako su isti obrasci prisutni u atomima i galaksijama, moguće je da isti zakoni upravljaju u najmanjim i najvećim razinama postojanja. Takva povezanost može značiti da Svemir nije kaotičan i slučajan, već uređen po načelima fraktalne geometrije – gdje jednostavna pravila stvaraju nevjerovatno složene sustave. Osim u fizici i astronomiji, fraktalni obrasci nalaze se i u biologiji, kemiji, pa čak i u društvenim mrežama i ekonomiji. Ova univerzalnost fraktala sugerira da su oni možda temeljni gradivni elementi stvarnosti. U tom smislu, Svemir nije samo prostor u kojem živimo – on je veliki, živi fraktal koji se neprestano razvija, širi i preslaguje, ali uvijek na način koji poštuje određeni uzorak. U svakom listu, svakom čovjeku i svakoj galaksiji nalazi se trag cjeline – kao da je sve u svemiru zrcalna slika svega ostalog. Takva ideja podsjeća na drevne mudrosti koje govore da *kako je gore, tako je dolje*, što dodatno povezuje znanost s duhovnošću (Mandelbrot, 1982.).

Promatranje svemira kroz fraktalnu perspektivu otvara nova vrata razumijevanja – ne samo Svemira kao fizičkog prostora, već i našeg mjesta unutar



tog beskraja. Ako je Svemir jedan veliki fraktal, onda nismo izdvojeni dijelovi stvarnosti, već odraz te iste strukture. Možda upravo u tom ponavljanju, u toj povezanosti i samosličnosti, leži najdublja istina o postojanju.

Fraktali su stoga više od matematičkih apstrakcija – oni su odraz načina na koji priroda organizira samu sebe. U njima se ogleda jedna dublja, često skrivena geometrija svijeta, koja nadilazi tradicionalne euklidske modele i otvara prostor za razumijevanje nelinearnih, dinamičkih i kaotičnih sustava. U tom kontekstu, fraktalna matematika pruža moćan alat za modeliranje fenomena koji su dugo odolijevali klasičnim analitičkim metodama. Bilo da je riječ o oblikovanju oblaka, grananju krvnih žila, strukturi obalnih linija ili formiranju galaksija, fraktalni obrasci omogućuju nam bolji uvid u prirodne procese i njihovu unutarnju logiku. Štoviše, njihova primjena proteže se i na područja poput računalne grafike, medicine, ekologije, financijske analize i teorije informacija – čime postaju nezaobilazan interdisciplinarni alat u suvremenom znanstvenom istraživanju (Mandelbrot, 1982.).

Pored praktične primjene, fraktalna geometrija nosi i filozofsku dimenziju. Pitanje koje se nameće jest: *ako se isti matematički obrasci pojavljuju na mikro i makro razinama postojanja, ne svjedoči li to o univerzalnosti određenih zakona i struktura koje nadilaze pojedinačne znanstvene discipline?* Fraktali nam, u tom smislu, pomažu prepoznati povezanost između naizgled razdvojenih pojava i ukazuju na jedinstvo svijeta u kojem živimo. Zaključno, fraktalna matematika nije samo estetski privlačna niti isključivo teorijski značajna. Ona predstavlja most između matematike, prirodnih znanosti i filozofije, otvarajući nova vrata prema holističkom shvaćanju svijeta.

U fraktalima se isprepliću red i kaos, jednostavnost i beskonačna složenost – elementi koji možda najvjernije odražavaju stvarnu prirodu univerzuma. Upravo stoga možemo s pravom reći da fraktalna matematika nije samo ključ za razumijevanje prirode, već i ključ za razumijevanje nas samih unutar te prirode.



Literatura:

1. Mandelbrot, Benoît, *The Fractal Geometry of Nature*, 1982.
2. <https://www.pinterest.com/pin/111253053265667073/>
3. <https://rare-gallery.com/47720-abstract-fractal-4k-ultra-hd-wallpaperspiral-pattern-.html>
4. <https://in.pinterest.com/pin/778630223079716121/>

