



INTERPRETACIJA RACIONALISTIČKIH IDEJA I PRIMENE FRAKTALA PRI PROJEKTOVANJU ARHITEKTONSKOG PROSTORA

INTERPRETATION OF RATIONALIST IDEAS AND FRACTAL USE IN DESIGNING OF ARCHITECTURAL SPACE

Milivoj Filipović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ARHITEKTURA

Kratak sadržaj – Kritička analiza fraktala manje razmere u projektima zasnovanim na konceptima racionalizma i razmatranje mogućnosti njihove sinteze u projektovanju nove prostorne forme.

Ključne reči: Racionalizam, Fraktal, Modul, Prostor, Forma

Abstract – Critical analysis of low-scale fractal uses in architectural projects based on rationalist ideas, consideration of their possible concept synthesis and its application in creating new spatial forms.

Keywords: Rationalism, Fractal, Module, Space, Form

1. UVOD

Prema mišljenju Nemačkog filozofa Kanta (*Immanuel Kant*) razum predstavlja apriorne funkcije kojima se čulni opažaji pretvaraju u instrumente iskustva, pojmove i sudove [1].

Projektanti i teoretičari su nastojali od davnina da svoje ideje povežu sa određenim poljima matematike, kao navode u dokazivanju tačnosti svojih postulata. Nalazeći savršenstvo u odlikama fraktala, kao osobine od značaja prezentovane su skale kompleksnosti u njihovim odnosima i emuliranju prirodnih obrazaca.

U daljem tekstu će biti prikazan razvoj filozofije racionalizma od perioda prosvetiteljstva, njen uticaj na pojedince i oformljivanje pravaca u arhitekturi, zatim objašnjenje hipoteze o osobinama fraktalima, kao i primena tih osobina na sintezu novih arhitektonskih formi analizom projekata sa izraženom geometrijskom organizacijom celokupne kompozicije i njenih segmenata.

2. POJAVA RACIONALIZMA U PERIODU PROSVETITELJSTVA

Kako se kao polazna ličnost racionalizma predstavlja Rene Dekart (*René Descartes*), francuski filozof koji se ujedno bavio i prirodnim naukama, objašnjavanje fenomena fizičke stvarnosti prema mehaničkim koncepcijama koje je razvio omogućile su razumevanje materijalnog sveta i dalji napredak nauke [2].

Dekartovim najvećim doprinosom se može smatrati upotreba matematičkih alata, tačnije algebarskih jednačina,

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila prof. dr Jelena Atanacković-Jeličić.

u rešavanju kompleksnih problema geometrije, omogućujući nova tumačenja pri opisivanju prirodnog okruženja pomoću lakih i preciznih matematičkih formula.

Za dalji tok razvoja misli racionalizma u periodu prosvetiteljstva važno je napomenuti definisanje arhetipa, odnosno izvorišta određene ideje. Postavljanje ovakvih principa možemo sagledati u konceptu *prirodnog stanja* Francuskog filozofa Žan-Žak Rusoa (*Jean-Jacques Rousseau*) koji iskazuje da je priroda arhetip onoga što je dobro i istinito, odnosno da bi nešto bilo razumno, mora poticati iz prirode, što bi u teoriji estetike vodilo ka opisivanju određenih dostignuća kao harmoničnih, jednostavnih, savršenih i uravnoteženih.

3. IDEJE RACIONALIZMA U ARHITEKTURI

Ugledajući se na Rusoa i njegovo korišćenje pojma arhetipa kao racionalno logičkog i na koncepte filozofije prirode, jezuitski opat Mark-Antoan Ložije (*Marc-Antoine Laugier*) predstavlja princip primitivne kolibe kao arhetip u kom se ogleda ideal savršene geometrije i forme sa svedenim elementima koji se sastoje od četiri stuba na pravougaonoj osnovi sa entablaturom i zabatom [3].

Drugi prominentni teoretičar neo-klasicizma jeste francuski arheolog De Kinsi (*Quatremère de Quincy*). On definiše primitivni tip arhitektonskog objekta koji oblikom i proporcijom, i po ugledu na ideje *prirodnog stanja*, imitira prirodu. Nasuprot tipu, De Kinski konstatuje i pojam modela, koji kao obrazac predstavlja podlogu za mehaničko repliciranje objekata [4].

Tokom 19.og veka Diran (*Jean-Nicolas-Louis Durand*), francuski arhitekta, se nadovezuje na pomenute teorijske iskaze uvodeći pojam korisnosti (*utilitas*) koji racionalističke ideje izjednačava sa temom ekonomske isplativosti pri čemu se zadovoljavaju funkcionalne potrebe kroz kombinaciju unapred klasifikovanih arhitektonskih elemenata [5]. Pomenuti model će kasnije pripadnici Moderne standardizovati tako da odgovara principima mašinske proizvodnje, i posledično, svesne multiplikacije utvrđenih šablona, npr. *Domino kuća* švajcarskog arhitekta Le Korbizjea (*Le Corbusier*).

Za razliku od Italijanskog racionalizma između dva svetska rata, koji je samo manifestom sledio pojedine ideje iz prošlosti, neo-racionalizam koji se šezdesetih godina javlja u Italiji sa grupom *La Tendenza*, predvođenoj Rosijem (*Aldo Rossi*) kao polaznu čeliju prezentuje osnovne elemente grada, sačinjene od arhetipskih geometrijskih oblika [6]. Elementi predstavljaju osnovnu gradivnu jedinicu arhitektonskog objekta, koji će kasnije u skupu sa drugim objektima činiti strukturu grada [7].

4. FRAKTALI

Termin fraktal uvodi naučnik i matematičar Mandelbrot (*Benoit Mandelbrot*) sredinom 1970.ih godina oslanjajući se na zakone vidljive u prirodnim fenomenima. On objašnjava da se bilo koja komponenta nekog sistema naziva fraktalom ako je oblik te komponente približno sličan obliku celine koji je podvrgnut transformaciji skaliranja. Rezultujući oblik kao takav može biti umanjen, uvećan, rotiran i/ili transliran, ali njegova forma ostaje ekvivalentna početnoj, što znači da su relativne proporcije linija, površina i uglova koje međusobno obrazuju ostali isti.

Prema teorijski izvedenim osobinama, fraktali mogu postojati na različitim nivoima kompleksnosti, u zavisnosti od parametra multiplikacije, razmere i transformacije. Sledeća karakteristika fraktala jeste njegova zavisnost u odnosu na početne uslove prema kojima se inicijalni oblik razvija ili menja.

Dalje, sličnost fraktala se može proizvesti kroz propisan broj iteracija gde skup elemenata celokupnog fraktala možemo posmatrati kao jednu generaciju. Drugim rečima kroz implementaciju matematičkih formula ili geometrijskih kriterijuma, nakon utvrđivanja polazne generacije, svaka naredna se menja na osnovu kalkuliranih rezultata prethodne [8].

5. PRIMENA FRAKTALA U ARHITEKTURI

Analizu primene fraktala u arhitekturi možemo podeliti na dva dela, prvi je analiza manje razmere (*little scale analysis*), odnosno interpretacija pojedinačnog objekta i analiza veće razmere (*large scale analysis*) usmerene na tumačenje urbanog razvoja grada [9].

Analiza manje razmere razlikuje dimenziju sličnosti (D_s) koja podrazumeva vezu između pojedinih delova sa strukturom objekta i *box-counting* dimenziju (D_b) korišćene za definisanje fraktalne dimenzije objekta. D_s i D_b poistovećujemo sa fraktalnom dimenzijom D koju je postavio Mandelbrot.

Kako je skup tačaka koji čine liniju predstavljen tipološkom dimenzijom $d=1$, $d=2$ u slučaju kad tri tačke ne leže na istoj liniji i čine ravan, a u trodimenzionalnom Euklidovom prostoru kad tačke ne leže u istoj ravni $d=3$. Primećujemo da su dimenzije prikazane celim brojevima. Mandelbrotova dimenzija D jeste realan broj pomoću kog se u sličnim konfiguracijama pronalazi veza razmere naspram broja manjih jedinica koje ih sačinjavaju. Pomenutu konekciju možemo izraziti pomoći jednakosti $a = 1/S^D$, daljim sređivanjem izraza na $a = (1/S)^D$ i množenjem obe strane izraza sa logaritmom baze 10, dobijamo formulu $D = \frac{\log a}{\log \frac{1}{S}}$, gde a označava broj

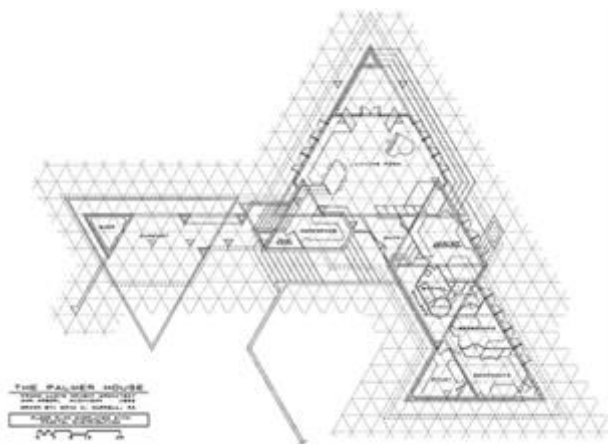
elementa, a S faktor skaliranja. Ovim možemo utvrditi da li postoje osnove za fraktalnost određenih objekata, kao i stepena njihove kompleksnosti.

Jedinične ćelije koje su u sastavu fraktala se analogno mogu povezati sa upotrebom modula pri projektovanju. Arhitektura u kojoj preovlada primena modula se vezuje sa postulate Euklidove geometrije, ali u zavisnosti od nivoa organizovanosti mogu predstavljati blokove na kojima se grade fraktalne koncepcije [10].

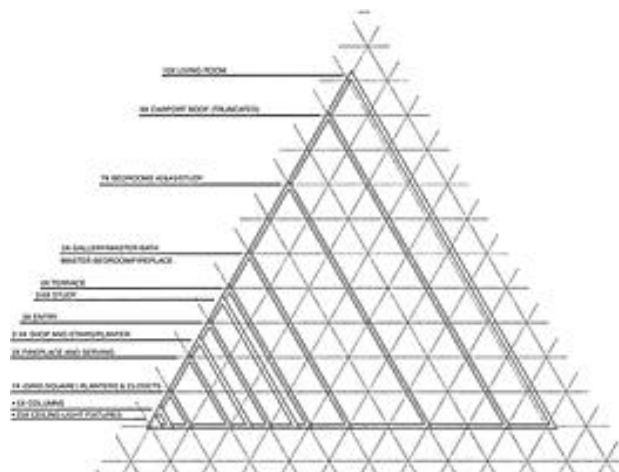
6. UPOTREBA MODULA PRI ANALIZI FRAKTALA MANJE RAZMERE

Modul kao proizvoljna jedinica usvojena radi lakšeg regulisanja proporcija, dimenzionisanja, i konstruisanja delova objekta se pominje u tekstovima od vremena Vitruvija (*Vitruvius*) [11]. Prema idejama postavljenim u racionalizmu, modul će postati osnovna gradivna jedinica za mehanizovanu reprodukciju prostora zbog zadovoljavanja potreba za klasifikacijom elemenata, ekonomičnosti, i funkcionalnosti.

Primere svesne primene osobina fraktala možemo naći u poznom delu arhitekta Rajta (*Frank Lloyd Wright*), projektu jednoporođične kuće za porodicu Palmer u Mičigenu, SAD (slika 1). Umnožavanjem modula jednakostraničnog trougla Rajt stvara rastuću kaskadu u međusobnim proporcijama konstrukcije, osvetljenja i prostorija u poređenju sa celinom same kuće (slika 2).



Slika 1. Osnova kuće Palmer (*Palmer House*) arhitekta Frenk Lojd Rajta.



Slika 2. Modul u formi jednakostraničnog trougla i faktori skaliranja u kući Palmer.

Primenu Hilbezaumerove kubične ćelije možemo primetiti kao inspiraciju u pristupnom objektu (slika 3) kompleksa *San Cataldo* groblja izgrađenom u vremenu postmodernizma u Modeni, Italija, od strane arhitekta Rosija. Glavni korpus kubične forme se u manjoj dimenziji ponavlja u nišama objekta viđenih u unutrašnjosti strukture (slika 4), dok se spolja sagledava na fenestraciji.



Slika 3. Prikaz eksterijera prilaznog korpusa na groblju San Cataldo, arhitekta Aldo Rosija.



Slika 4. Prikaz enterijera prilaznog korpusa na groblju San Cataldo, arhitekta Aldo Rosija.

7. MOGUĆNOSTI ANALIZE I SINTEZE OSOBINA POSTOJEĆIH STRUKTURA

Razmatrajući mogućnosti zadovoljenja osnovne osobine fraktala, uzajamne identičnosti delova i celine, pri projektovanju novih geometrijskih oblika, pored upotrebe modula kao distributivne ćelije važno je napomenuti i postavljanje početnih uslova na osnovu kojih bi se, uz praćenje ranije iznesenih racionalističkih postulata, pretpostavio ishod ili drugim rečima, naredna iteracija.

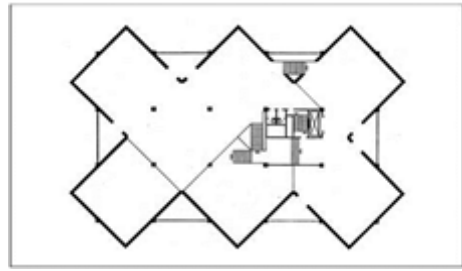
Novonastalu iteraciju ćemo nazvati hipotetičkom, jer se u ovom slučaju bavimo formalnim odnosima, bez sagledavanja funkcionalnih mogućnosti.

U našem slučaju će kao inicijalni skup vrednosti biti usvojen objekat u kome su prepoznati stepeni organizovanosti celine i njenih segmenata. Takođe, navedeni primeri biće razdvojeni teritorijalno, vremenski i po pripadnosti pravcu kako bi se naglasilo korišćenje racionalnih principa a izbeglo poređenje društveno – ekonomskih uticaja na krajnji rezultat.

Ukoliko razmatrani objekti dele istu geometrijsku ćeliju, moguće ih je preklopiti na modularnoj mreži uniformne veličine x koja označava zajedničku normu njihovih formata. Kao što je već navedeno, pojedini delovi mogu biti rotirani i translirani, a da ne izgube svoju analogiju sa celinom.

Primeri koji su analizirani jesu objekat Jugoslovenske arhitekture soc-realizma, Muzej savremene umetnosti Ivana Antića i Ivanke Raspopović građen 1960.-1965.

godine (slika 5), i Muzej savremene umetnosti 21.og veka u Kanazavi, Japanu, delo savremene arhitekture projektantske prakse SANAA, podignut 2004. godine (slika 6).



Slika 5. Osnova Muzeja savremene umetnosti, Beograd, Srbija.



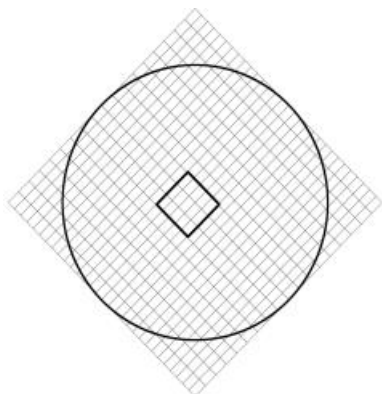
Slika 6. Osnova Muzeja savremene umetnosti 21.og veka, Kanazava, Japan.

Primećujemo da je u osnovi prizemlja, muzej Ivana Antića i Ivanke Raspopović sačinjen od kvadratnih modula veličine $m=950$ cm, ponovljenih pet puta po dužini, i 3 puta po širini, dok se na spratovima modul rotira za 45 stepeni, uzimajući dijagonalu kvadrata iz prizemlja za stranicu, stvarajući veličinu $m\sqrt{2}$ ponovljenoj triput po dužini i dvaput po širini osnove.

Razmatrajući osnovu SANAA-inog projekta, ustanovljava se upotreba modula, takođe kvadratnog, dimenzije $n=300$ cm, ortogonalno ponovljenog trideset puta, i prisustvo dva proporcionalna kruga, veći prečnika $30*n$ i manji $5*n$, dok su ostale prostorije oblika kvadrata i pravougaonika sačinjenih od osnovnog modula.

Upoređujući veličine m i n nalazimo najveći zajednički sadržalac, koji iznosi 50cm, a njegovom ortogonalnom multiplikacijom sa odnosima dimenzija osnove $5x3$ u prizemlju muzeja Antića i Raspopovićeve, dobijamo pravougaoni modul $250x150$ cm.

Koincidentalno, ponavljajući pomenuto ortogonalno umnožavanje, dobija se kvadrat, čijom kombinacijom sa krugom dobijamo osnovu koja sadrži elemente dveju polaznih (slika 7-9).



Slika 7. Kombinovanje dobijenog modula sa krugom.



Slika 8. Presek kroz maketu novodobijene hipotetičke strukture.



Slika 9. Izgled makete novodobijene hipotetičke strukture.

8. ZAKLJUČAK

Kako u ovom istraživanju nije obraćana pažnja na ulogu koju namena i funkcionalnost prostora imaju u formiranju masa i veličina arhitektonske forme, buduće analize bi se pozabavile i tim aspektom, iako su kroz istoriju zagovaranja racionalnog pristupa projektovanju određene grupacije, npr. modernisti, zagovarali dominantnost funkcije nad formom, dok su neo-racionalisti u postmodernizmu propagirali suprotno.

Problem ovog pristupa se ogleda u nemogućnosti sagledavanja kako izgrađenih, tako i neizgrađenih struktura koje nisu osmišljene po principu ponavljanja, grupisanja, rotiranja ili translacije inicijalnih jediničnih elemenata.

Racionalnom upotrebom modula kao analitičkog alata pri evaluaciji projekata je olakšan proces utvrđivanja odnosa segmenata u njihovoj organizaciji. Korišćenje karakteristika iteracije, definisanja početnih uslova, kao i mogućnosti transformacije gradivnih blokova uz očuvanje proporcija i uglova daje fraktalima, uz jednostavan set pravila, neizmerne mogućnosti u načinu oblikovanja formi različitog stepena kompleksnosti. Iste novokreirane forme mogu poslužiti kao obrazac za buduće širenje prostora.

9. LITERATURA

- [1] <https://plato.stanford.edu/entries/kant-reason/> "Kant's Account of Reason", Stanford Encyclopedia of Philosophy. (pristupljeno u septembru 2019.)
- [2] Grlić, Danko. (1983). *Estetika II: Epoha estetike*. Zagreb: Naprijed
- [3] Kuletin-Čulafić, I. (2011). *Estetička teorija arhitekture Mark-Antoana Ložijea*. Beograd: Arhitektonski fakultet
- [4] De Kinsi, K. A. C. (2012). „Iz metodičke enciklopedije: arhitektura“, u: Petar Bojanić i Vladan Đokić (ur.), *Arhitektura kao gest*. Beograd: Arhitektonski fakultet
- [5] Diran, Ž. N. L. (2005). *Pregled predavanja*. Beograd: Građevinska knjiga
- [6] Frampton, K. (1992). *Modern architecture*. London: Thames and Hudson, Third Edition
- [7] Rossi, A. and Peter Eisenman. (1982). *The architecture of the city*. Cambridge: MIT press
- [8] Lorenz, W. E. (2003). "Fractals and fractal architecture", *Research Gate*
- [9] Sala, N. (2000). "Fractal models in architecture: A case of study." In *Proceedings International Conference on Mathematics for Living*, 266-272.
- [10] Joye, Y. (2007). "Fractal architecture could be good for you." *Nexus Network Journal* 9, no. 2: 311-320.
- [11] Bosman, L. (2015). Proportion and Building Material, or Theory versus Practice in the Determination of the Module. *Architectural Histories*, 3(1), p.Art. 10

Kratka biografija:



Milivoj Filipović rođen je u Šapcu 1995. godine. Osnovne akademske studije na Departmanu za arhitekturu i urbanizam Fakulteta tehničkih nauka završio je 2018. godine, gde potom upisuje master studije, oblast Savremene teorije i tehnologije u arhitekturi.