

UNIVERZITET CRNE GORE
GRAĐEVINSKI FAKULTET

MARIJA JEVRIĆ

**MODEL UPRAVLJANJA GRAĐENOM SREDINOM
PRIMJENOM FRAKTALNE GEOMETRIJE**
DOKTORSKA DISERTACIJA

Podgorica, 2014. godine

PODACI I INFORMACIJE O DOKTORANTU

Ime i prezime:

Marija Jevrić

Datum i mjesto rođenja:

09. 12. 1975. godine, Trebinje

Naziv završenog postdiplomskog studijskog programa i godina završetka:

Postdiplomske studije na Arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, Odsjek za vizuelne komunikacije, 2006.

INFORMACIJE O DOKTORSKOJ DISERTACIJI

Naziv doktorskih studija:

Saobraćajno-urbanistički smjer doktorskih studija na Građevinskom fakultetu

Naslov teze:

Model upravljanja građenom sredinom primjenom fraktalne geometrije

Fakultet na kojem je disertacija odbranjena:

Građevinski fakultet u Podgorici

UDK, OCJENA I ODBRANA DOKTORSKE DISERTACIJE

Datum prijave doktorske teze:

19. 04. 2011. godine

Datum sjednice Senata na kojoj je prihvaćena teza:

29. 09. 2011. godine

Komisija za ocjenu podobnosti teze i kandidata:

Dr Miloš Knežević,
vanredni profesor Univerziteta Crne Gore
Dr Branislav Popkonstantinović,
redovni profesor Univerziteta u Beogradu
Dr Jelisava Kalezić,
vanredni profesor Univerziteta Crne Gore

Mentori:	Dr Miloš Knežević, vanredni profesor Univerziteta Crne Gore Dr Branislav Popkonstantinović, redovni profesor Univerziteta u Beogradu
Komisija za ocjenu doktorske disertacije:	Dr Miloš Knežević, vanredni profesor Univerziteta Crne Gore Dr Branislav Popkonstantinović, redovni profesor Univerziteta u Beogradu Dr Jelisava Kalezić, vanredni profesor Univerziteta Crne Gore
Komisija za odbranu doktorske disertacije:	Dr Miloš Knežević, vanredni profesor Univerziteta Crne Gore Dr Branislav Popkonstantinović, redovni profesor Univerziteta u Beogradu Dr Jelisava Kalezić, vanredni profesor Univerziteta Crne Gore
Lektor:	Zoja Bojanić-Lalović
Datum odbrane:	10. 07. 2014. godine
Datum promocije:	

PREDGOVOR

Iza upravljanja građenom sredinom mora stajati sveobuhvatno promišljanje prostora i čovjeka u njemu, budući da je prostor neodvojiv dio čovjekove prirode pa samim tim ima veliki uticaj na ljudsko dobrostanje. Iz tog razloga, tema ove disertacije je naglašeno multidisciplinarna. Ona je pokušaj implementacije znanja o fraktalima u oblast dizajna urbanih matrica i upravljanja prostorom.

Ideja je potekla iz zanimljivih, edukativnih i oplemenjujućih razgovora sa mojom dragom profesoricom Jelisavom, u toku kojih je ona dijelila sa mnom svoje spoznaje o „skrivenom“ poretku u svim pojavama (teorija haosa) i o geometrijskoj manifestaciji tog poretka (fraktali). Kroz dalje samostalno istraživanje, sve više sam otkrivala koliko i na koji način je čovjekovo bivstvovanje protkano fraktalima, koliko se „sve veliko ogleda u malom“ i koliko je sve oko nas dio veće cjeline. Stoga je bilo neophodno da se istraživanje ove teme sprovede kroz više naučnih disciplina, u čemu su mi svojim znanjem i iskustvom nesebično pomogli profesori - ljudi širokih interesovanja i dragocjenih uvida.

Ovom prilikom se zahvaljujem:

dr Jelisavi Kalezić, vanr. prof. Univerziteta Crne Gore, za ljubav; za bezgranično povjerenje koje je imala u mene od našeg prvog susreta 1994. godine; za sveobuhvatnu podršku dugi niz godina tokom mog naučnog i profesionalnog usavršavanja; za sve čemu me naučila i za sve kroz što je prošla sa mnom;

dr Milošu Kneževiću, vanr. prof. Univerziteta Crne Gore, za nadasve korektan i prijateljski odnos; za profesionalnu podršku u trenucima kada je bila najpotrebnija; za sve korisne savjete, sugestije i pomoć u realizaciji ovog istraživanja; za to što je uvijek bio tu za mene;

dr Branislavu Popkonstantinoviću, red. prof. Univerziteta u Beogradu, za divno prijateljstvo; za dugogodišnju bezrezervnu podršku u profesionalnom smislu; za sve konstruktivne, ohrabrujuće i nadahnjujuće razgovore koje smo vodili, za darovanu inspiraciju, motivaciju, entuzijazam i smijeh, kako u toku izrade magistarskog rada, tako i doktorske disertacije;

od srca, svim kolegama sa Građevinskog fakulteta u Podgorici na interesovanju, ukazanoj pažnji i prijateljskoj podršci u toku izrade doktorske disertacije;

mom ocu Miloradu i sestri Jeleni za ljubav, podršku i veliko razumijevanje i toleranciju.

Posebnu, neizmjernu, zahvalnost upućujem mojim momcima - suprugu Borisu i sinovima Milošu i Nikoli, za ljubav, strpljenje i razumijevanje koje su imali za mene, a što je bio neophodan uslov da uspješno završim rad na doktorskoj disertaciji.

SAŽETAK

Održivo (integralno) upravljanje prostorom podrazumijeva donošenje promišljenijih i kvalitetnijih odluka u cilju pažljivijeg upravljanja prostorom i njegovog korišćenja, te čuvanja njegovih vrijednosti i za buduće generacije. Ono podrazumijeva i uvođenje novih postupaka i procedura, zarad uzimanja u obzir svih relevantnih činilaca koji mogu uticati na odlučivanje. U radu se ukazuje na fraktalnost građene sredine kao na jedan od njih, a na fraktalnu geometriju kao na sredstvo vizualizacije uticaja odlučivanja na gradove. Predlaže se model upravljanja građenom sredinom koji gradove ne vidi kao jednostavne, uređene strukture, čija je morfologija izražena pravim linijama i pravilnim geometrijskim oblicima (euklidska geometrija), već primjenom fraktalne geometrije traži rješenja koja će odgovarati esencijalnim ljudskim potrebama, dok forma urbane matrice može i mora biti fleksibilna i prilagodljiva različitim zahtjevima okoline.

U prvom poglavlju data su uvodna razmatranja na navedene teme. Navedena su dosadašnja istraživanja na temu fraktalnosti građene sredine, zatim ciljevi ovog istraživanja i osnovna hipoteza.

Drugo poglavlje daje kratak osvrt na dosadašnje principe planiranja. Zaključeno je da tradicionalne *top-down* metode planiranja i upravljanja građenom sredinom „odozgo“, imaju nedostatke i pretpostavljeno je da teorija kompleksnosti i fraktalna geometrija mogu biti primjenjene u cilju dobijanja smjernica ka humanijem, tzv. „odozdo“ upravljanju građenom sredinom.

Treće poglavlje daje teorijske osnove fraktalne geometrije i teorija koje su dovele do njenog nastanka – teorije haosa i teorije kompleksnosti; zatim, nastajanje i klasifikaciju fraktala, objašnjenje fraktalne dimenzije i metoda njenog izračunavanja.

U četvrtom poglavlju su, po prvi put u dosadašnjim istraživanjima, sveobuhvatno sagledane mogućnosti primjene fraktalne geometrije u oblikovanju građene sredine, kada je u pitanju plan urbane matrice.

U petom poglavlju je urađena analiza slučaja na primjeru Podgorice. Izveden je zaključak da fraktalna analiza urbane matrice može matematički identifikovati nivo kompleksnosti njene strukture.

U šestom poglavlju je predložen model upravljanja građenom sredinom, uvažavajući zaključke prethodnih poglavlja. Istraživanje je pokazalo da razvoj modela treba usmjeriti u tri pravca: za planiranje novih naselja/gradskih područja; za upravljanje postojećim naseljima, odnosno gradskim područjima; za sanaciju neplanski izgrađenih naselja.

Ključne riječi: *upravljanje prostorom, planiranje, odlučivanje, gradski sistemi, urbana matrica, urbana morfologija, fraktalna geometrija, fraktal, fraktalna dimenzija, fraktalna analiza, fraktalnost, kompleksnost, lakunoznost*

ABSTRACT

Sustainable space management includes better and more rational decision making in order to carefully manage and use space, preserving its values for future generations as well. It includes the introduction of new processes and procedures, for the sake of taking into account all relevant factors that may influence the decision. The paper indicates fractality of the built environment as one of them, and the fractal geometry as a visualization tool for the impact of decision-making on the cities. The proposed model for built environment management does not consider the city as a simple, ordered structure, whose morphology is expressed by straight lines and regular geometric shapes (Euclidean geometry). By applying fractal geometry, the model searches for solutions to suit the essential human needs, while the form of the urban pattern may and must be flexible and adaptable to different requirements of the environment.

The first chapter provides the introductory discussion on these topics. The previous studies on fractality built environment are cited, then the objectives of this research and the basic hypothesis.

The second chapter provides a brief overview of the conventional planning principles. It was concluded that the traditional top-down methods of planning and management of the built environment are incomplete and it is assumed that complexity theory and fractal geometry can be applied in order to obtain guidance toward a more humane "bottom-up" management of the built environment.

The third chapter provides the theoretical basis of fractal geometry and theories that led to its creation-chaos theory and complexity theory, then, the formation and classification of fractals, fractal dimension and an explanation of the method of its calculation.

The fourth chapter, for the first time in the present research, comprehensively assesses the possibility of the application of fractal geometry in design of built environment, when it comes to the plan of the urban pattern.

The fifth chapter is a case study of Podgorica. It was concluded that fractal analysis of urban pattern can mathematically identify the level of complexity of its structure.

In the sixth chapter the model of the space management is proposed, according to the conclusions of the previous chapters. Research has shown that the development of the model should be focused in three areas: the planning of new settlements / urban areas, the management of existing settlements and urban areas, the rehabilitation of unplanned settlements.

Keywords: *space management, planning, decision making, holistic approach, city systems, urban pattern, urban morphology, fractal geometry, fractals, fractal dimension, fractal analysis, fractality, complexity, lacunosity*

SADRŽAJ

1. UVODNA RAZMATRANJA	1
1.1. Uvod	1
1.2. Postavka i opis problema	4
1.3. Cilj istraživanja	5
1.4. Osnovna hipoteza	6
1.5. Primjenjena metodologija	6
1.6. Dosadašnja istraživanja	7
 2. POSTOJEĆI KONCEPT UPRAVLJANJA GRAĐENOM SREDINOM	9
2.1. Uvod	9
2.2. Osvrt na postojeći koncept upravljanja građenom sredinom u Crnoj Gori	9
2.3. Značaj forme grada sa aspekta upravljanja građenom sredinom	10
2.4. Primjena euklidske geometrije na oblikovanje građene sredine	17
2.4.1. Uloga geometrije u oblikovanju građene sredine	18
2.4.2. Interpretacija primjene euklidske geometrije na građenu sredinu	20
kroz kratak istorijski pregled	
2.4.3. Nedostaci i ograničenja euklidske geometrije	30
2.5. Zaključak	31

3. FRAKTALNA GEOMETRIJA	33
3.1. Uvod	33
3.2. Teorijske osnove fraktalne geometrije	34
3.2.1. Osnove teorije haosa	35
3.2.2. Kompleksni sistemi	39
3.3. Fraktali	44
3.3.1. Nastajanje fraktala	46
3.3.2. Tipovi fraktala	49
3.4. Fraktalna dimenzija	51
3.4.1. Metode za mjerenje fraktalne dimenzije	55
 4. PRIMJENA TEORIJE KOMPLEKSNOSTI I FRAKTALNE GEOMETRIJE NA OBLIKOVANJE	58
GRAĐENE SREDINE	
4.1. Uvod	58
4.2. Fraktalnost - inherentno svojstvo čovjekovog okruženja	58
4.3. Kompleksnost urbanih sistema	60
4.4. Dosadašnja primjena fraktalne geometrije u oblikovanju građene sredine	62
4.4.1. Fraktalni koncept u oblikovanju građene sredine	63
4.4.2. Fraktalna dimenzija kao mjera kompleksnosti	67
4.5. Mogućnosti primjene fraktalne geometrije u oblikovanju građene sredine	69
4.5.1. Analiza prostorne raspodjele izgrađene površine	69
4.5.2. Analiza forme urbane granice	73
4.5.3. Fraktalna klasifikacija urbanih cjelina prema vrijednosti fraktalne dimenzije	74
4.5.4. Fraktalne simulacije	75
4.6. Zaključak	75

5. FRAKTALNA ANALIZA URBANIH MATRICA PODGORICE I INTERPRETACIJE	78
5.1. Uvod	78
5.2. Odabir urbanih matrica za analizu	79
5.3. Analiza urbane matrice područja Podgorice	85
5.4. Analiza odabranih naselja	89
5.5. Odabir alata za fraktalnu analizu i metodologija	91
5.5.1. Fractalyse	92
5.5.2. FracLac	93
5.5.3. Metodologija	93
5.5.4. Lakunoznost	94
5.6. Rezultati analize i njihova interpretacija	95
5.7. Sprovedeno istraživanje u cilju ocjene uticaja određenih faktora građene sredine na kvalitete života u naseljima	103
5.8. Zaključak	109
 6. MODEL UPRAVLJANJA GRAĐENOM SREDINOM PRIMJENOM FRAKTALNE GEOMETRIJE ...	112
6.1. Uvod	112
6.2. Osnovne teorijske postavke modela	114
6.2.1. Teorijske osnove upravljanja	114
6.2.2. Faze upravljanja	114
6.2.3. Ciljevi i kriterijumi upravljanja	116
6.2.4. Fraktalnost kao kriterijum upravljanja	119
6.3. Model upravljanja	123
6.3.1. Faza modela	125
6.3.2. Pravci razvoja modela	126

6.3.3. Model A	127
6.3.4. Model B	130
6.3.5. Model C	132
6.4. Fraktali u modelu	133
6.5. Zaključak	140
7. REZIME	144
7.1. Zaključna razmatranja	144
7.2. Kratak pregled poglavlja sa zaključcima	144
7.3. Postignuti ciljevi istraživanja	149
7.4. Predlozi za buduća istraživanja	150
8. LITERATURA	153
9. PRILOZI	156

1. UVODNA RAZMATRANJA

1.1. Uvod

Kroz doživljaj nekog prostora čovjek se na jedan od fundamentalnih načina povezuje sa okolinom, sa svijetom. Odnos čovjeka prema sredini u kojoj živi je dvosmjernan – čovjek formira, oblikuje svoju okolinu, a izgrađeni i formirani prostori zatim utiču na njegov materijalni i duhovni svijet.

Termin „prostor“ generalno podrazumijeva građenu i prirodnu sredinu. Ovdje se taj termin koristi u smislu urbanističkog prostora, tj. građene sredine. Građena sredina neke zemlje, u kombinaciji sa prirodnim odlikama, svakako je osnovni faktor koji utiče na njen prostorni izgled.

Kada govorimo o upravljanju građenom sredinom, bitno je da se naglasi da urbana građena sredina, koja je predmet razmatranja u radu, preovladava u fizičkom, finansijskom, kulturnom, društvenom i dr. smislu nad ostalim oblicima građene sredine.

Konstantinos Doksijadis, osnivač ekistike – naučne discipline o naseljima, je u opisivanju kompleksnosti građene sredine upotrebljavao pojmove „ljuske“ (sve vrste izgrađenih prostorno-fizičkih struktura) i „mreže“ (sve vrste sistema mreža, tj. infrastrukturnih sistema). Urbana građena sredina je ne samo povezivanje i prožimanje fizičkih objekata koji su „ljuske“ i „mreže“, već novi kvalitet koji nazivamo gradom.

Postavlja se pitanje da li je upravljanje urbanom građenom sredinom zbir efikasnih metoda upravljanja „ljuskama“ i „mrežama“? Odgovor ne može biti potvrđan, a ni potpuno odrećan, zbog toga što se pojam urbanog (izvornog značenja: uređeno, uljudno) u građenoj sredini prepoznaje kao suštinski kvalitet građene sredine, a ne proizilazi (iako u mnogome, a nekad i odlučujuće, zavisi) od fizičkog kvaliteta te građene sredine koji se ogleda u „ljuskama“ i „mrežama“.

Grad je tokom raznih perioda istorijskog razvoja bio mjesto koncentracije: društvenog bogatstva, moći, privrednih, kulturnih i drugih aktivnosti. Naravno, sve ovo se multiplikuje kada se radi o gradovima koji su na višoj hijerarhijskoj lestvici. Ne samo kroz istoriju, već i danas mnogi gradovi, osim svega navedenog imaju i posebna simbolička značenja.

U ovoj disertaciji smo istraživali mogućnosti primjene fraktala, sa ciljem da se uspostavi korelacija između fraktala kao geometrijske, dakle egzaktne kategorije, i građene sredine koja je i fizička sredina, ali i urbana, društvena, kulturna, istorijska sredina. Znači da na

upravljanje tom građenom sredinom neminovno utiču, sa jedne strane fizičke strukture i njihove karakteristike, a sa druge sva kompleksnost građene sredine koja je sadržana u urbanim, društvenim, kulturnim, istorijskim i dr. posebnostima toga grada. Jasno je da kompleksnost nije u direktnoj proporciji sa fizičkom veličinom građene sredine. Ipak, veličina grada, tj. određene građene sredine bitno utiče na sisteme upravljanja, a samim tim i na modele upravljanja¹.

Budući da se kroz građenu sredinu odražavaju društveno uređenje, ekonomska moć, kulturni nivo i sposobnost pojedinaca koji donose odluke u ime zajednice, ne čudi što se često kaže da je graditeljstvo „najvažnije svjedočanstvo istorije nekog naroda ili zemlje”. [1]

Ipak, uslovi u kojima savremene generacije ostavljaju to svjedočanstvo svog postojanja narednim generacijama, imaju kao glavnu karakteristiku ograničenost prostora koji im stoji na raspolaganju. Prenaseljenost urbanih cjelina, osim što ugrožava primarne biološke i psihološke ljudske potrebe, često uzrokuje neracionalno upravljanje tim prostorom (što nerijetko povratno utiče na još gušću naseljenost). Time se ne uskraćuje samo čovjekova potreba za sopstvenim prostorom, već i ono valjda, prirodno pravo koje mu pripada dolaskom na ovu planetu, pravo na čist vazduh, zemlju i vodu. Građena sredina je ta koja direktno utiče na zagađenje, otpadne vode, emisije štetnih gasova, raspored zelenila, potrošnju energije...

Moderne tehnike ne smiju biti alat za rušilački odnos prema prirodi, već sredstvo ekološke integracije sa okolinom, poručio nam je profesor Ranko Radović. Svjedoci smo otuđenja čovjekovih gradova i njegovog sukoba sa prirodnim zakonitostima i ekološkim pojavama, a fizičke strukture grada su te koje bi u velikoj mjeri mogle omogućiti da se održi suštinska veza čovjeka i sredine. „Baš u tom dijalektičkom i jednovremenom savladavanju i važnoj afirmaciji prirode leži osnovna nova dimenzija vremena u kome gradovi postaju okviri za sintezu mnogostrukih mogućnosti čoveka”. [2]

Ovdje pod terminom fizička struktura grada profesor Radović podrazumijeva „celoviti izgrađeni urbani ambijent koncipiran i oformljen kao životna sredina urbanizovane ljudske zajednice”. To su objekti, kao sistem prostornih jedinica i sklopova koji su okrilje složenih životnih procesa i aktivnosti u urbanoj sredini, ali i neizgrađeni urbani prostori, zatim saobraćajni sistemi, komunalno-tehničke i infrastrukturne instalacije i energetske sistemi, čvorovi, pravci, koridori... I prirodni ambijenti, povezani sa građenom sredinom su njen sastavni dio, jer i oni imaju jasno definisane urbane funkcije.

¹ Pogodnost kod ovog istraživanja, iako i to sa izvjesnim ograničenjima koja će biti opisana u nastavku, je ta što je rađeno za područje Podgorice. Grad koji je glavni grad države, na najvišoj hijerarhijskoj lestvici u mreži naselja u Crnoj Gori sadrži visoku urbanu kompleksnost. Istovremeno, povoljnih je fizičkih dimenzija, tako da se mogu provjeriti teorijske postavke i iskustva drugih koji su se bavili ovom temom.

„Na taj način fizička struktura grada jeste kompleksni sklop građenih elemenata, prostora i ambijenata, jedinica i sklopova koji zajednički povezani u integrisani urbani sistem stvaraju ambijent i okružje za odvijanje složenih procesa urbanog života. Fizička struktura grada zavisna je od društvenih, ekonomskih, tehničkih i prirodnih okvira i od delovanja čoveka, kao što i sama, u dijalektičkoj sprezi, uslovljava oblike društvenog postojanja, načina rada, kretanja, života, socijalnih veza, pojedinačnog doživljaja, itd.“ [2]

Imajući u vidu demografske faktore (prije 30 godina je bilo 3.6 milijardi ljudi na planeti, a danas je preko 7 milijardi) i sa tim u vezi potrošnju prostora kao najznačajnijeg resursa, te evidentno neracionalno korišćenje prostora kao „najvrednije imovine ljudske zajednice“, naša je obaveza kao graditelja da ga zaštitimo i sačuvamo za buduće generacije. Takođe, budući da je „kultura upravljanja prostorom postala značajna mera kulturnog nivoa društava koja su prešla u XXI vek“ [1], smatramo opravdanim da se na upravljanje građenom sredinom baci jedno novo svijetlo u skladu sa novim saznanjima u okviru drugih naučnih disciplina.

Primjena fraktalne geometrije na koncept upravljanja prostorom, u potpunosti odgovara i principima održivog razvoja. Planiranje zasnovano na tim principima se mora temeljiti na novim vrijednostima: „Svetu je potreban strateški plan za podsticanje široko zastupljenog učešća stanovnika u identifikovanju primarnih ciljeva, strategija i akcija. Polazna tačka dobrog upravljanja prostorom je dobro poznavanje istorijskog razvoja tog prostora i njegove fizičke strukture“. [1]

Sve navedeno je karakteristika predloženog koncepta upravljanja prostorom primjenom fraktalne geometrije. On podržava urbanu održivost - dostizanje razvoja koji ide u susret potrebama sadašnjih generacija bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija da idu u susret svojim potrebama i težnjama.

Geometriju svakako, možemo shvatiti kao važno sredstvo interpretacije prostornih objekata, procesa i principa, a primjenjujući je na odnos prostorno-fizičkih kvaliteta građenih struktura i prirodne sredine, otvaramo polje za mnoga istraživanja. Konvencionalne metode planiranja, zasnovane na 2.500 godina dugoj tradiciji primjene euklidske geometrije, pokazale su mnoge nedostatke. Zasnivanje novih naučnih paradigmi i razvoj novih teorija praćen tehnološkim napretkom, ima za posledicu promjenu ljudskog poimanja svijeta i sebe u njemu, pa se i način na koji ljudski um razmišlja o prostoru mijenja.

Fraktalna geometrija nam može obezbijediti nove vidove vizualizacije uticaja odlučivanja na gradove i, možda najviše od svega, nove ciljeve za dostizanje boljeg društva kroz planiranje gradske forme i upravljanje građenom sredinom.

Istraživanja koja će povezati fraktalnu geometriju sa promjenom gustina i forme grada zagovaraju i profesori *Batty* i *Longley*, vodeća imena kada je u pitanju primjena fraktalne geometrije u demografiji i urbanoj morfologiji, i naglašavaju da „su ovakva istraživanja

neophodna da bi se prevazišla mala važnost koja se pridaje fraktalnoj geometriji prilikom odlučivanja i planiranja“. [3]

Fraktali, geometrijske figure čiji je svaki dio umanjena kopija cjeline, su već četiri decenije u upotrebi u raznim disciplinama: geologija, biologija, analiza pejzaža, arhitektura, fizika, astronomija, umjetnost...

1.2. Postavka i opis problema

Prethodnih decenija mogla se primjetiti neadekvatnost korišćenja postojećih naučnih metoda baziranih na konceptima kakvi su racionalizam, redukcionizam, sveobuhvatno dugoročno planiranje itd., za vođenje budućeg urbanog razvoja kroz probleme i izazove. Svi pokušaji da se uvedu neke promjene u proces planiranja bili su samo djelimično uspješni. „Gradovi nisu generalno tretirani kao kompleksni sistemi. Arhitekta, planeri, urbanisti, graditelji naselja su ih tretirali kao jednostavne predvidive sisteme koji treba da budu uređeni i redukovani na njihove komponente u cilju lakšeg urbanog modelovanja i rešavanja gradskih problema“. [3]

Nova saznanja o kompleksnim sistemima su doprinjela da se grad ne doživljava kao jednostavan, uređen sistem, pravolinijske geometrije i struktura, već kao kompleksan organizam koji kroz svoju formu manifestuje određeni red, zakonitost, sagledivu kroz različite razmjere. Postoji jaka veza između grada i prostornih i socio-ekonomskih faktora koji na njega djeluju i grad ne možemo analizirati ni razumjeti odvojeno od njih. Grad karakteriše kompleksna organizacija koja je rezultat mreže interakcija njegovih elemenata; to je otvoren sistem čiji oblik i funkcija se kontinuirano mijenjaju i utiču na okolinu, kao i okolina na njih. Zato gradove doživljavamo, više nego ijednu drugu ljudsku tvorevinu, kao žive samoorganizujuće sisteme, koji ne mogu biti opisani konvencionalnim linearnim i mehaničkim principima.

U tom smislu je i nastao termin „organski“, na koji nailazimo u literaturi kada se govori o urbanim matricama nastalim iz prethodno opisanih procesa. Termin „organski“ ne odnosi se samo na fizičke karakteristike grada koje mogu podsjećati na karakteristike živih organizama, nego više na sličnosti gradova kao sistema sa organizmima, najsavršenijim živim, otvorenim sistemima. Takođe, ako ljudske aktivnosti sagledamo kao dio cijelog sistema, teško da gradski sistem i dalje možemo tretirati kao mehanički sistem jer on sadrži i samoregulišuće, samogenerišuće, samoorganizujuće procese kojima je stalna promjena imanentna.

Batty i Longley tvrde da su zbog toga „gradovi idealni kandidati za primjenu fraktalne analize“. Pod tim se podrazumijeva činjenica da gradovi nastaju kroz postepeno djelovanje lokalnih činilaca, koji generišu visoko uređene globalne matrice, po principu

„odozdo“ (tzv. *bottom-up* pristup), a mala promjena lokalnih faktora (početnih uslova) može dovesti do neočekivanih promjena matrice. Zato je za oblikovanje urbanih matrica veoma važno razmatranje malih promjena na lokalnom nivou, a koje mogu biti značajne na globalnom nivou, pa prilikom projektovanja urbanih matrica treba krenuti od malih razmjera. Takođe, urbane intervencije treba da budu tretirane vrlo pažljivo jer mogu redukovati nivo postojeće kompleksnosti urbanog sistema.

U skladu sa navedenim, i koncept upravljanja građenom sredinom, odnosno sistem donošenja odluka o razvoju gradskih sistema, moguće je razmatrati u svijetlu novog poimanja grada. Analize urbanih matrica pokazuju da ono što sagledavamo kao neplanirano, neformalno, je često u stvari, rezultat nekoliko faza planiranja, i obrnuto: planirani dijelovi grada, kada dođe do implementacije plana, bivaju prilagođeni kontekstu na jedan prirodniji način. Primjetan je veliki kontrast između ideala predloženih master planovima i građene sredine u realnosti. Da li konvencionalno planiranje i odlučivanje po *top-down* principima („odozgo“) uopšte mogu da se izbore sa neminovnim promjenama do kojih dolazi u urbanim matricama?

Zbog svega navedenog, potrebno je gradove analizirati na način koji je u skladu sa novim saznanjima, tj. ukazati na nedostatke tradicionalnih *top-down* metoda planiranja i upravljanja („odozgo“) građenom sredinom. Teorija kompleksnosti i fraktalna geometrija mogu dati važne smjernice ka humanijem, tzv. *bottom-up* pristupu („odozdo“) upravljanju građenom sredinom. „Razumijevanjem kako da generišemo „život“ u građanim strukturama, možemo drastično poboljšati način na koji su zgrade i gradovi povezani sa ljudima. Nažalost, čudesna kompleksnost univerzuma je ignorisana i potisnuta savremenim dizajnerskim kanonom koji zahtijeva zaravnjenost elemenata i lažni purizam“. [4]

1.3. Cilj istraživanja

Razna istraživanja na polju geografije, demografije, urbane morfologije i dr., u sintezi sa razvojem fraktalne geometrije poslednjih decenija i mogućnostima za njenu primjenu, dovela su do tvrđenja da euklidska geometrija ne može opisati one fizičke i funkcionalne aspekte u gradu koje možemo označiti kao organske promjene. Sugerise se da gradove treba razmatrati kao kompleksne sisteme, čije haotično ponašanje može biti analizirano principima fraktalne geometrije.

Dalje istraživanje se zahtijeva u cilju osposobljavanja planera da bolje konceptualizuju, modeliraju, simuliraju i mjere gradsku kompleksnost. Što više istražujemo, to više saznajemo kako se gradski sistem ponaša, bolje ćemo se pripremiti da planiramo, projektujemo i oblikujemo građenu sredinu.

Kroz istraživanje fraktalnosti građene sredine i ukazivanje na tu osobinu kao na kvalitet nekog urbanog prostora, i sa tim u vezi, uočavanje nedostataka tradicionalnih koncepata upravljanja građenom sredinom, dolazi se do sledećih ciljeva:

- Dati jasna uputstva kako se fraktalni parametri, prvenstveno fraktalna dimenzija, mogu primjeniti kao kriterijumi za identifikaciju i klasifikaciju urbanih matrica, kao i za analizu njihove kompleksnosti;
- Fraktalnu klasifikaciju prevesti u informaciju planerima kako i gdje da održe, očuvaju postojeće fraktalne karakteristike područja;
- Predložiti model upravljanja prostorom, koja će obuhvatiti fraktalnost tog prostora kao komponentu prilikom donošenja odluka o prostoru.

Istraživanje modela upravljanja građenom sredinom je cilj prema kome je istraživanje usmjereno. Navedeni ciljevi su dati stepenovano, pri čemu prvi stepen može da bude osnova iz koje se sagledava mogućnost još nekih pravaca usmjeravanja primjene fraktalne geometrije za istraživanje građene sredine. Oni se mogu dati samo kao naznaka, jer se odnose na oblasti koje su izvan domena ove disertacije (recimo, primjena fraktalne geometrije za urbo-ekološka i urbo-sociološka istraživanja, turizmološka i dr.).

1.4. Osnovna hipoteza

Osnovna hipoteza disertacije je da se može definisati fraktalnost građene sredine i da ta fraktalnost može biti faktor prilikom donošenja odluka o prostoru. U tom smislu, moguće je predložiti model upravljanja građenom sredinom koji gradove ne vidi kao jednostavne, uređene strukture, čija je morfologija izražena pravim linijama i pravilnim geometrijskim oblicima (euklidska geometrija), kao što je to slučaj sa tradicionalnim metodama planiranja i upravljanja. Takođe, očekuje se da će nakon razrade modela njegova primjena kvalitativno uticati na sadašnje procedure upravljanja prostorom.

1.5. Primjenjena metodologija

Pored osnovnih naučnih metoda (analiza, sinteza, apstrakcija, konkretizacija, specifikacija, generalizacija, dedukcija, indukcija), i opštih naučnih metoda (hipotetičko-deduktivnih, analitičko-deduktivnih i komparativnih, kao i metoda modelovanja), koristiće se posebne naučne metode koje se odnose na poznavanje: euklidske geometrije, koja je suštinska za razumijevanje geometrije elemenata prostora uopšte; osnovnih teorija fraktalne

geometrije, nastajanja fraktala i mjerenja fraktalnih dimenzija; osnova teorija haosa i kompleksnosti, kao i osnova teorije upravljanja i teorije odlučivanja.

1.6. Dosadašnja istraživanja

Već 70-ih godina prošlog vijeka *Jane Jacobs* je u svojim radovima kritikovala modernističko planiranje koje tretira grad kao mašinu, navodi *Batty* [3], i tvrdi da „modernistički smisao *top-down* planiranja karte namjene površina još uvijek dominira u planiranju“. [5] Kompozicije i planovi koji se donose odjednom za cijeli grad ili dio grada nemaju željeni kvalitet. Nemoguće je generisati kompleksnu formu odjednom, jednostavnim dodavanjem komponenti, u kratkotrajnom procesu dizajna. Euklidska geometrija je adekvatna jedino za kreiranje linearnih odnosa između komponenti dizajna, čija rezultujuća forma se ne može nazvati kompleksnom. Takođe, taj specifičan kvalitet koji kompleksnost nosi u sebi, može biti ugrožen kad god urbana intervencija uvodi euklidsku geometriju u postojeći organski kontekst grada. Zato teoretičari kompleksnosti savjetuju da urbane intervencije treba izbjegavati u velikim razmjerama i treba ih sprovoditi jako pažljivo čak i u malim razmjerama. [5]

Michael Batty je prvi ukazao na to da se na analizu forme građene sredine može primjeniti fraktalna geometrija i kao rezultat svojih istraživanja fraktalnosti urbanih struktura, zajedno sa *P. Longley*, dobio metode vizualizacije urbane forme kao i simulacije njenog rasta. Njihovi brojni radovi na temu kompleksnosti urbane sredine, knjiga *Cities and Complexity*, kao i nezaobilazna knjiga *Fractal Cities*, su značajna polazna osnova za dalja istraživanja.

Istraživanja mogućnosti primjene fraktalne geometrije u procesu projektovanja građene sredine radili su *Cagliioni* i *Giovanni* (2003), *Tannier* i *Pumain* (2005), *Lagarias* (2007) i *Thomas* (2007) pišući o fraktalnosti velikih evropskih gradova, redom: Milana, Bazela, Soluna i Valonije; *Salingaros* (2003) se bavio fraktalnošću gradskih mreža, *Cooper* i *Ostrochi* (2008) uličnih vizura, a *Benguigui* (1991) željezničkih mreža.

Frankhauser je izučavao mogućnosti primjene fraktalne geometrije u kontroli urbanog rasipanja (*urban sprawl*), i sa timom saradnika razvio softverski paket *Fractalyse* za određivanje fraktalne dimenzije. Fraktalni pristup je koristio i prilikom upoređivanja morfologije evropskih gradova. Važan zaključak njegovih istraživanja je da matrica građene sredine ponekad može biti bolje opisana kao multifraktal ili kao rezultat preklapanja različitih fraktalnih matrica.

Planiranjem dinamičkih kompleksnih sistema su se pored *Batty*-ja, bavili *Mashhoudi* (2007) i *Hamdi* (2004), *Byrne* (2003), a fraktalne procjene u okviru urbanog dizajna radili su *Cooper* (2000) i *Haghani* (2004).

O ulozi koju ima kompleksnost u konceptima urbanog dizajna najobimnije i najsystematičnije pisao je *Christofer Alexander* (*A Pattern Language, The Nature of Order*). On je prvi uveo matematičke koncepte u proučavanje gradova, shvatajući da je grad organizovano kompleksan slično biološkom organizmu, tako da jedino može biti shvaćen pomoću novih koncepata. U tom smislu je i napisao svoj poznati članak „Grad nije drvo” gdje je zamijenio razgranati oblik hijerarhije veza (asocijacija: drvo) rešetkastim i pokazao da je ovaj način jedino prikladan da riješi kompleksne probleme. U svom kapitalnom djelu *The Nature of Order* iznosi tvrdjenje da red u arhitekturi ne mora podrazumijevati odlučivanje *top-down* procesima, već da on treba nastati iz akcija velikog broja pojedinaca, što potkrepljuje saznanjima iz teorije kompleksnosti.

Kao i *Batty*, i on tvrdi da organska struktura grada nastaje iz generišućih procesa, kroz iteracije, ponavljanje i niz transformacija, da jedino tako ona postaje „sve više temeljna i živa”, postaje nešto više od sume njenih komponenti. Ovaj kvalitet urbane matrice *Alexander* naziva „snažnom kompleksnošću”, a prema *Batty* i *Longley* geometrija koja reprezentuje takvu kompleksnost ne može biti euklidska, nego mora biti fraktalna.

Gradovi mogu biti razmatrani kao samoorganizujući kompleksni sistemi tvrde *Cooper*, *Batty* (2005), *Portugali* (2000), *Wilson* (2000).

Besim Hakim je tragao odakle potiču emergentne forme mediteranskog grada. Identifikovao je unutrašnje procese koji generišu kompleksnu morfologiju gradova zajedničku za sve gradove regiona.

Ako govorimo generalno o dosadašnjoj primjeni fraktalne geometrije u oblikovanju građene sredine, *Haghani* (2004) uočava dva moguća pristupa. Prvi je korišćenje fraktalnog pristupa u smislu mjerenja kompleksnosti forme dizajniranog projekta. Baziran je na proračunu fraktalne dimenzije koji služi za dalju procjenu (*Bovill* (1996) je radio upoređivanje fraktalnosti fasada, kao i *Ostwald* (2012); *Cooper* (2008) procjenu uličnih vidika; *Stamps* (2002) analizu urbanih obrisa). Drugi pristup podrazumijeva primjenu fraktalnog koncepta u arhitektonskom dizajnu, kada se simuliraju prirodne forme ili primjenjuju slični oblici na različite razmjere posmatranja, tj. teži se kreiranju formi koje podliježu nekom redu na različitim nivoima arhitektonske strukture, slično procesima kreacije prirodnih formi.

2. POSTOJEĆI KONCEPT UPRAVLJANJA GRAĐENOM SREDINOM

2.1. Uvod

Evidentno je da konvencionalno upravljanje urbanističkim prostorom tretira grad kao objekat, a ne kao proces, pri tom ignorišući dinamičku evoluciju veza i hijerarhija koji se javljaju kako grad raste. Kao rezultat takvog načina sagledavanja grada, javlja se konflikt između postojećih slojeva urbanog tkiva i uvijek novih zahtjeva rastućeg grada. Jasno je da bilo koji model koji pretenduje da podrži zdravo urbano društvo, mora riješiti ovaj konflikt - zaštititi integritet postojećih urbanih cjelina, dozvoljavajući efikasnu ekspanziju grada u budućnosti.

U većini savremenih gradova očigledna je nemogućnost postojećeg koncepta upravljanja da se izbori sa neminovnim promjenama koje se u gradu dešavaju tokom vremena. Na primjer, zajednica raste oko centra, pa se centar razvija da bi zadovoljio sve veće potrebe sve veće populacije; grad raste, centar mora biti preuređen i postojeća infrastruktura proširena da bi se omogućile nove aktivnosti rastuće populacije i pristup centru... Kao posledica toga, moraju se proširiti saobraćajnice u centru ali i u srednjoj zoni, pri čemu neka predgrađa ostaju izolovana. Trenutno se rješenje vidi u žrtvovanju zelenih površina, drvoreda i trotoara na račun proširenja kolovoza, a centar grada biva dodatno ugrožen većom gustinom saobraćaja. Dešavaju se procesi destruktivni za postojeće zajednice, a i infrastruktura nastala na ovaj način samo je privremeno rješenje za problem stalno rastućih potreba grada. Posledica ovakvog koncepta je gubitak kohezije i identiteta zajednice, a grad se razvija po mjeri automobila umjesto po mjeri čovjeka.

Postojeći koncept upravljanja prostorom se u velikoj mjeri zasniva na finansijskoj osnovi, a pri tome se često zanemaruju ostale posledice takvog rješenja. Povećanje finansijske dobiti ne vodi blagostanju u svakom pogledu i zadovoljenju svih čovjekovih potreba - čak daleko od toga. Posledice takvog koncepta, kao što su zagađenje zemljišta, vode i vazduha, disfunkcionalne matrice koje rezultuju socijalnom fragmentacijom, neefikasnom upotrebom energije i prirodnih resursa i slično, neosporno ukazuju na njegovu pogrešnu zasnovanost.

Kako navodi Kurtović - Folić, izrazite karakteristike takvog koncepta upravljanja prostorom su:

- zahvatanje u prostor radi neke posebne funkcije, a bez utemeljene funkcionalne i tehnološke provjere, što dovodi do stalnog širenja urbanog organizma na uštrb prostora koji pripada prirodi;
- pogrešna procjena prostora uz zanemarivanje kriterijuma optimizacije funkcije za dato mjesto, što je važno sa stanovišta društvenih interesa;
- destrukcija ili gubljenje bitnih vrijednosti presudnih, istorijskih prostornih uređenja, bitnih za ljudski duh i psihi;
- neprimjereno uređenje i upotreba prostora, tzv. estetsko zagađenje... koje rezultuje osjećajem neprirodnog, razjedinjenog i neprijateljskog okruženja. [1]

Uviđanje grešaka ovakvog pristupa je i bilo osnov za donošenje novog i danas široko prihvaćenog koncepta održivog razvoja.

Upravljanje prostorom je veoma složena procedura odlučivanja, gdje pri donošenju svake odluke (kod izrade planova, promjene planova, iznajmljivanja gradskog vlasništva, prodaje, izbora strateškog partnera pri privatno-javnom partnerstvu...) treba imati u vidu ne samo elemente ekonomskog razvoja i zahtjeve društva u administrativnom smislu, već i nova znanja iz različitih naučnih disciplina.

Održivo ili integralno upravljanje prostorom je relativno nov termin kojim se želi podstaći donošenje promišljenijih, boljih, svrsishodnijih i kvalitetnijih odluka u cilju pažljivijeg upravljanja prostorom i njegovog korišćenja, te čuvanja njegovih vrijednosti i za buduće generacije. Uz to podrazumijeva i uvođenje novih postupaka i procedura, zarad uzimanja u obzir svih relevantnih činilaca koji mogu uticati na izbor odluke u ovom procesu. Ovdje želimo pokazati da je fraktalnost građene sredine svakako jedan od njih.

2.2. Osvrt na postojeći koncept upravljanja građenom sredinom u Crnoj Gori

Kada je u pitanju Crna Gora, može se reći da se petnaestogodišnji period prelaska sa jednog društvenog sistema koji je imao konkretne i određene karakteristike, na drugi društveni sistem koji još nije uobličen, bez sumnje odrazio na koncepte planiranja.

Ako se pođe od tvrđenja da je prostor kompleksan sistem, a što će biti detaljno obrazloženo u narednom poglavlju, jasno je da je ta kompleksnost u socijalističkom sistemu na različite načine izučavana, i to u okviru dvije grupe planova. Jedno je socio-ekonomsko planiranje, a drugo je prostorno i urbanističko planiranje, koje je ulazne podatke dobijalo iz prve grupe planova, a kasnije ga kroz prostorne koncepte provjeravalo, uz čestu pojavu sprege. Na primjer, kroz dugi planerski period od nekoliko

decenija, društveno-ekonomskim planovima je bilo predviđeno potapanje prostora Kolašina zbog izgradnje hidro-energetskog sistema na Tari i Morači (prevođenje dijela vode iz Tare u Moraču, sistemi hidro-elektrana na Morači i ostalo). To je važno kao koncept koji proizilazi iz društveno-ekonomskog plana i koji se kroz prostorno planiranje prostorno situira, a poslije se razrađuje kroz izradu tehničke dokumentacije.

U međuvremenu, prestali su da postoje: Ekonomski institut pri Ekonomskom fakultetu, Institut za društveno-ekonomsko planiranje kao Vladino tijelo i Sekretarijat za planiranje, kao organ republičke Vlade. Prva grupa planova više ne postoji. Jedini oblik planiranja je prostorno planiranje, jer je prihvaćen sistem strategija razvoja za svaku oblast pojedinačno – energetiku, turizam, saobraćaj..., a one ne proističu iz nekog opšteg cilja, odnosno vizije opšteg razvoja.

Upravo činjenica da se prostor koristi nezavisno od toga koji je društveni sistem na snazi, a građena sredina je ono što smo zatekli i što nastavljamo da izgrađujemo, dodatno uvećava njenu kompleksnost. Naravno, sa vremenom se kompleksnost povećava po osnovu rasta populacije, infrastrukture, tehnologije itd., uvode se i novi sistemi, npr. informacioni ili energetski. Može se očekivati i promjena nekih postojećih sistema, kako u svom radu „*Following Sir Arthur C. Clarke's Predictions*“ navode Kalezić i Knežević, podsjećajući na predviđanja *Clarke*-a da će u XXI vijeku automobili biti zamijenjeni vozilima na vazdušnom jastuku, te preispitivanje koncepata razvoja drumskog saobraćaja. [6]

Kompleksnost upravljanja građenom sredinom moguće je sagledati tek kada se napravi okvirni pregled očekivanih promjena i njihovih međusobnih uticaja u prostoru.

Postojeći način planiranja podrazumijeva izradu razvojnih, a zatim operativnih (urbanističkih) planova. Urbanistički planovi su direktno vezani za upravljanje prostorom, a da bi se upravljalo – neophodno je stalno pratiti promjene. Određene promjene imaju sve veće ubrzanje, što se najbolje primjećuje na primjeru saobraćaja, pa i drugih vidova komunikacija, a učestalost i obim promjena utiču na promjenu planova i na koncepte upravljanja.

Povećanje broja stanovnika i povećanje bruto društvenog proizvoda po pravilu za posledicu imaju povećanje cijena nekretnina, pogotovo u centru grada ili drugim atraktivnijim djelovima grada. Ako bi se te promjene pratile linearno, došlo bi se do zaključka da je opravdano povećavati izgrađenost tih zona do maksimuma. U stvarnosti, postoji vrlo osjetljiva granica prenaseljenosti i pada vrijednosti nekretnina.

Takođe, određene gradske zone zbog poboljšanog kvaliteta infrastrukture, razvoja centralnih funkcija i dr. dobijaju na vrijednosti, postaju privlačne za gradnju. U Podgorici postoje primjeri potpuno izgrađenih zona po utvrđenim standardima u koje su dodati novi sadržaji: zgrade, automobili ili stanovnici, uprkos tim utvrđenim standardima. Povećanje privlačnosti te zone joj istovremeno nanosi i štetu (gužva, buka, zagađenje...), a postizanje

ravnoteže je zadatak upravljanja. I na ovom primjeru se uočava da se odluke ne mogu donositi na osnovu pojednostavljenog sagledavanja parametara.

U savremenim uslovima u Crnoj Gori sve se prvo mora definisati kroz strategije razvoja pojedinih djelatnosti ili privrednih grana, odnosno sektora, iz kojih se dobijaju podaci za prostorno planiranje. Tada prostorni plan ima zadatak da objedini sve te strateške ciljeve, a sve strategije se prostorno provjeravaju kroz plan.

Na primjer, razvoj energetike pretpostavlja razvijanje nekoliko vidova dobijanja energije: korišćenje hidropotencijala, uglja, gasa ili nafte, biomase, vjetra i solarne energije. Na nivou privredne grane ustanovljavaju se bilansi i u okviru njih se predviđa koliko energije će biti potrebno za određeni planski horizont. Takođe se obračunaju površine koje će objekti (hidroelektrane, kopovi, vjetrenjače, solarne plantaže) zauzimati u okviru određenih zona. Isti plan zahtijeva ravnomjeran razvoj na teritoriji Crne Gore, pa se postavlja pitanje usklađivanja ravnomjernog regionalnog razvoja, ako bi se navedenim djelovanjem ugrozio kvalitet života stanovnika jedne opštine ili regije.

Na primjeru Podgorice, u kojoj živi trećina stanovnika Crne Gore, a koja ima i dobre uslove za poljoprivrednu proizvodnju (dovoljno dobre da može da prehrani cijeli grad), vidimo da je to onemogućeno određenim strateškim planovima. Cijelo Ćemovsko polje, od koga je veliki dio potrošen za stambenu izgradnju, moglo je biti kultivisano da daje ogroman poljoprivredni proizvod.

Osnov za izradu planske dokumentacije u Crnoj Gori dat je u Zakonu o uređenju prostora i izgradnji objekata [7]. Shodno ovom Zakonu, planskim dokumentom određuje se organizacija, korišćenje i namjena prostora, kao i mjere i smjernice za uređenje, zaštitu i unapređenje prostora.

Postoje dvije vrste planskih dokumenata i to: državni planski dokumenti i lokalni planski dokumenti. Planski dokumenti moraju međusobno biti usklađeni, tj. tzv. planovi nižeg reda moraju biti usklađeni sa planovima višeg reda. U nastavku su navedene neophodne definicije iz ovog Zakona.

Državni planski dokumenti su:

- **Prostorni plan Crne Gore**, koji je strateški dokument; njime se određuju državni ciljevi i mjere prostornog razvoja. Donošenje Prostornog plana Crne Gore je obavezno.
- **Prostorni plan posebne namjene**, koji se izrađuje i donosi za teritoriju ili djelove teritorija jedne ili više lokalnih samouprava sa zajedničkim prirodnim, regionalnim ili drugim obilježjima koji su od posebnog značaja za Crnu Goru i koji zahtijevaju poseban režim uređenja i korišćenja (nacionalni park, morsko dobro, prirodni rezervat i sl.). Donošenje prostornog plana posebne namjene je obavezno.

- **Detaljni prostorni plan**, koji se donosi za područja na kojima treba da se izgrađuju objekti od posebnog interesa za Crnu Goru ili su od regionalnog značaja tj. obuhvataju teritoriju više lokalnih samouprava.
- **Državna studija lokacije**, koja se donosi za područja koja se nalaze u zahvatu Prostornog plana posebne namjene, a koja nisu detaljno razrađena tim planom. Njome se određuju uslovi za izgradnju i izvođenje radova na području prostornog plana posebne namjene.

Lokalni planski dokumenti su :

- **Prostorno-urbanistički plan lokalne samouprave**, koji određuje ciljeve i mjere prostornog i urbanog razvoja lokalne samouprave; izrađuje se i donosi za teritoriju lokalne samouprave. On mora biti u potpunosti usklađen sa Prostornim planom Crne Gore. Ovaj plan istovremeno predstavlja i razvojni i urbanistički plan što znači da se na osnovu smjernica iz ovoga plana i na područjima za koja nije planirana izrada planova detaljne razrade može izdati građevinska dozvola.
- **Detaljni urbanistički plan**, koji određuje uslove za izgradnju objekata u naseljima na području prostorno-urbanističkog plana i obavezno se donosi za sva naselja ili djelove naselja za koja je to određeno prostorno-urbanističkim planom.
- **Urbanistički projekat**, koji se donosi za uža područja kojima predstoji značajnija i složenija izgradnja, odnosno koja predstavljaju posebno karakteristične cjeline. Urbanistički projekat se obavezno donosi za naselja, kao i druga područja koja su upisana u registar kulturnih dobara Crne Gore.
- **Lokalna studija lokacije**, koja se može donijeti za područja koja se nalaze u zahvatu prostorno-urbanističkog plana, a za koja nije predviđena izrada plana detaljne razrade i urbanističkog projekta.

Izradi Prostornog plana Crne Gore pristupa se na osnovu odluke o izradi koju donosi Skupština Crne Gore, a izradi prostornog plana posebne namjene, detaljnog prostornog plana i državne studije lokacije, na osnovu odluke koju donosi Vlada Crne Gore.

Izradi lokalnog planskog dokumenta pristupa se na osnovu odluke koju donosi izvršni organ lokalne samouprave.

Odluka o izradi planskog dokumenta donosi se u skladu sa Programom uređenja prostora koji se donosi na osnovu Izvještaja o stanju uređenja prostora, u kojem su evidentirani zahtjevi i potrebe korisnika prostora.

Izvještaj o stanju uređenja prostora se dostavlja jednom godišnje i u njemu je sadržano sledeće:

- analiza sprovođenja planskih dokumenata;

- ocjena sprovedenih mjera i njihovog uticaja na upravljanje prostorom;
- ocjena zaštite prostora;
- podaci o izgrađenim objektima uključujući i objekte koji su sagrađeni suprotno zakonu;
- ocjena o iskazanim potrebama korisnika prostora i
- drugi elementi koji su važni za prostor za koji se izvještaj radi.

Na osnovu ovog izvještaja donosi se Program uređenja prostora u kojem je iskazana procjena potreba izrade novih, odnosno izmjena i dopuna postojećih planskih dokumenata.

Nosilac pripremni poslova na izradi i donošenju planskih dokumenata je Ministarstvo, odnosno organ lokalne uprave. U pripremne poslove spadaju: priprema odluke o izradi planskog dokumenta; priprema programskog zadatka; priprema dokumentacije potrebne za izradu planskog dokumenta i slični poslovi.

Nosilac pripremni poslova lokalnog planskog dokumenta dostavlja nacrt lokalnog planskog dokumenta na mišljenje nadležnom ministarstvu, koje daje odgovor tako što nacrt lokalnog planskog dokumenta prethodno dostavi na mišljenje organima, privrednim društvima, ustanovama i drugim pravnim licima nadležnim za poslove: vodoprivrede, elektroprivrede, saobraćaja, telekomunikacija, radio-difuzije, zdravstva, odbrane zemlje, kulture, stambeno-komunalne djelatnosti, geodetske, geološke, geofizičke, seizmičke i hidro-meteorološke poslove, poslove statistike, poljoprivrede, šumarstva, turizma, zaštite prirode, zaštite kulturne i prirodne baštine, zaštite životne sredine i dr., koja su dužna da daju svoje mišljenje.

Nosilac pripremni poslova državnog planskog dokumenta dužan je da nacrt istog dostavi na mišljenje organima državne uprave, privrednim društvima, ustanovama i drugim pravnim licima prethodno pomenutim.

Planski dokument u koji je ugrađeno traženo mišljenje dostavlja se Vladi, odnosno izvršnom organu lokalne samouprave, radi utvrđivanja nacrta planskog dokumenta. Uz planski dokument dostavlja se i program održane javne rasprave.

Nacrt planskog dokumenta se stavlja na javnu raspravu, a zatim je nosilac poslova pripreme dužan da sačini izvještaj sa javne rasprave i da isti dostavi obrađivaču, koji primjedbe i sugestije razmatra, i ukoliko je to opravdano ugrađuje u planski dokument.

Nosilac pripremni poslova dostavlja Vladi, odnosno izvršnom organu lokalne samouprave predlog planskog dokumenta, sa izvještajem o javnoj raspravi. Izvršni organ lokalne samouprave, nakon utvrđivanja, dostavlja predlog lokalnog planskog dokumenta na saglasnost Ministarstvu koje provjerava da li je predlog planskog dokumenta usklađen

sa mišljenjem Ministarstva na nacrt lokalnog planskog dokumenta, kao i sa Zakonom o uređenju prostora i izgradnji objekata.

Prostorni plan Crne Gore i prostorni plan posebne namjene donosi Skupština Crne Gore, detaljni prostorni plan i državnu studiju lokacije donosi Vlada, a lokalna planska dokumenta donosi skupština lokalne samouprave. [7]

2.3. Značaj forme grada sa aspekta upravljanja građenom sredinom

O značaju forme u prostoru prof. Kalezić kaže: „Oblik i prostor se sagledavaju kao nerazdvojivi i međuzavisni djelovi jedne jedinstvene cjeline. Materijalni objekti ne samo da određuju strukturu okolnog prostora, već i sami na jedan suštinski način trpe uticaj toga prostora... Poznato je da se pojavljuje veliki broj različitih doživljaja ili utisaka koje na pojedinca izaziva neki oblik. Ovi su doživljaji varirani od geografskih (doživljaj planine, kanjona, vodene površine i dr.), urbanističkih, arhitektonskih, enterijerskih, pa sve do oblika svakodnevnih upotrebnih predmeta”. [8]

O važnosti oblika u prostoru koji nas okružuje može se govoriti sa različitih aspekata i može joj se pripisivati manja ili veća mjera; doživljaj te važnosti može biti manje ili više subjektivan, ali je sigurno da kada je u pitanju planiranje, kao dio upravljanja građenom sredinom, forma grada ima veliki značaj.

Kako ističe profesor Radović, forma grada mora istraživati osnovne fundamentalne funkcije: saobraćaj, osnovnu namjenu površina i ključne centralne tačke. Plan fiksira sve te osnovne odnose (namjene pojedinih gradskih dijelova, njihove odnose, sadržinu, trase i mrežu ulica i puteva, gabarite objekata i njihovu dispoziciju.) i zbog toga sa pažnjom moramo pristupiti analizi planova, kako u klasifikaciji fizičkih struktura tako i u određivanju njihove tipologije.

„Gustina stanovanja, fundamentalni odnos između izgrađenih i neizgrađenih prostora – slobodnih površina i kuća, pojedini sadržaji grada i njihov karakter čine suštinu urbanističke koncepcije grada, a onda i njegovog oblika”. [2]

Plan grada je prva veza i prvi izvor informacija o formi grada. Ta forma je izgrađena tako da najmanje kretanja pruži maksimalnu efikasnost, sa posebnim značajem veličine, gustine i distribucije namjene zemljišta i socijalnih odnosa.

Ako se kao rezultat donošenja odluka o prostoru želi dobiti lakoću kretanja kroz grad i jednostavnost komuniciranja, dostupnost sadržaja, osjećanje bezbjednosti i opuštenosti,

prijatan doživljaj ambijenta, čitljivost plana i organizacije grada, lakoću snalaženja i sl. tada se formi grada svakako mora posvetiti najveća pažnja.

Grad i njegova fizička forma, sa svom svojom kompleksnošću, su dio životne sredine čovjeka. Fizička struktura određuje urbanu sliku, formu, gradski pejzaž, veze unutrašnjih i spoljnjih prostora, izgrađenih objekata i neizgrađenih ambijenata... Ona je jedinstveni sistem objekata i neizgrađenih, slobodnih prostora na određenom području. Takođe, „fizička struktura izrasta kao izraz stalno promenljivih ekonomskih, socijalnih, političkih, i duhovnih struktura zajednice, kao posledica prirodnih i geomorfoloških faktora, stepena razvijenosti tehnike i tehnologije. Jednom formirana, ona i sama u dijalektičkoj korelativnosti utiče na ekonomske odnose, socijalne veze i način života”. [2]

Iz navedenog se vidi da fizičku strukturu grada obilježavaju stalna promjenljivost i razvoj, sadržajnost, kompleks značenja i kulturnih poruka... „Zbog toga je istraživanje fizičke strukture grada sintezno područje na kome se planerski i konceptualni, teorijski i filozofski, sistemski i programski elementi urbanističkog mišljenja integrišu sa arhitekturom, građenjem i procesom realizacije konkretnih fizičkih oblika grada”. [2]

Posmatrano sa aspekta donošenja odluka, svaki element objekta predstavlja odluku. Na arhitektonskoj razmjeri, odluke se donose o liniji, ivici, poziciji, boji, veličini. Na krupnijoj razmjeri odluke su u vezi ulica, blokova, dvorišta, putanja... Svaka linija predstavlja odluku i svaka može biti pogrešna: svaki element u svojoj veličini, poziciji i orijentaciji može biti dobro prilagođen susjedima, okolnom prostoru, postojećim uslovima nastalim iz strukture susjednih elemenata, ili može biti loše adaptiran na sve navedeno.

Ipak, profesor Ranko Radović upozorava da urbani prostor nije samo i jedino likovna materija koja nastaje na temelju „kompozicionih principa” umjesto iz životnih procesa i promjenljivih potreba. „Urbana forma ne može biti prosta i mehanička posledica „funkcionalnog zoniranja”, svedenog ređanja ustaljenih a često i potpuno istih „gabarita” – što „kolektivnih stambenih kuća”, što drugih „objekata”, između kojih nema prostora, nego ih razdvaja „zelenilo”, nezasađeno i manje-više zauvek – pustošno ostavljeno”. [2]

Oblik grada je uvijek dio ukupne kulture jedne sredine. Mada ne nastaje sam po sebi, u njegovom nastajanju igra veliku ulogu „umetnost i umeće organizacije i formiranja urbane sredine kao izgrađene i životne činjenice pojedinca, grupe i zajednice. Urbani oblici, isto tako, nisu van prirodnog „duha mesta”, van vremena i istorije, van stalnih promena i transformacija, van tehnologija građenja i sredstava kretanja, van kulture i „duha vremena”, van demokratskog uticaja građana i korisnika, van novca i ekonomije, mimo interesa ili politike”. [2]

Veza građenih oblika i prirode je međuuticajna i suštinska za svaku analizu fizičkih oblika grada. Jasno je da već sama lokacija donekle određuje urbane forme zbog mnogo faktora koje sobom nosi, od nosivosti tla do klime i reljefa... Ona će biti i prvi uzrok nekih

specifičnosti grada i cjelokupnog identiteta, a punim iskorišćenjem prirodnih elemenata reljefa, vode i zelenila ostvaruju se značajne funkcionalne i generalne vrijednosti grada.

Takođe je veoma važno prepoznavanje velikog uticaja koji urbana forma ima na okolinu: zagađenje, emisiju gasova, očuvanje zelenila, prostorne matrice urbanog razvoja... Posebno osjetljivo pitanje je urbano rasipanje koje utiče na resurse zemljišta, troškove infrastrukture, razdaljine u saobraćaju, kvalitet voda i ostalo. U cilju ostvarivanja „razvoja koji odgovara na potrebe sadašnjosti bez ugrožavanja budućih generacija da odgovore na njihove sopstvene potrebe i aspiracije” [45], forma grada može uticati na pojavu rasipanja. Na primjer, koncept kompaktnog grada promoviše intenzivnije korišćenje zemljišta i uvodi jasnu granicu urbanog područja, nasuprot mišljenjima koja zagovaraju male gustine i razučene forme. Potrebno je naći balans.

O još jednom važnom svojstvu forme grada, kada je u pitanju upravljanje prostorom, mora se voditi računa, a to je njena promjenljivost i mogućnost prilagođavanja promjenama u društvu. U gradovima današnjice, određeni stepen fleksibilnosti se obezbjeđuje ili ostavljanjem rezervnih površina u okviru datog ambijenta ili manjom gustom izgrađenosti. Novi načini života, potrebe i navike ljudi utiču na to da se tradicionalno trajna i relativno statična forma grada počne shvatati, planirati i graditi, kao dinamična, fleksibilna, i adaptibilna.

I na kraju, nekoliko istraživača je pisalo na temu iskorišćenosti prostora u gradu, odnosno tražilo odgovor na pitanje „koliko je u stvari velik grad”. Zaključak tih istraživanja je bio da je veličina grada onolika koliko ljudskih aktivnosti uspijeva da smjesti u svom prostoru [9] ili drugačije rečeno, da zavisi od razmjere u kojoj posmatramo ili koristimo taj prostor. Zato su stari gradovi fraktalni jer njihova veličina, kapaciteti, potencijali zavise od skale u kojoj ih koristimo. Naravno, njihovu ljepotu najviše doživljavamo ako smo u „pješačkoj razmjeri”. Ljepotu Venecije ne bismo mogli doživjeti iz automobila. Nasuprot tome, puteve i parkinge doživljavamo pretrpanim i agresivnim, jer su to mjesta koja podliježu euklidskoj geometriji, a pravila kretanja po njima su stroga i sloboda izbora pravca kretanja minimalna. Kada sve navedeno uzmemo u obzir, vraćanje čovjekomjernosti gradovima i „oslobađanje” grada od automobila je poželjna tendencija.

2.4. Primjena euklidske geometrije na oblikovanje građene sredine

„Tvđenje **Sve je geometrija!** je vjerovatno pretjerano ali sadrži suštinsku istinu – skoro svaki objekat, stvarni ili virtuelni, ima geometrijsku komponentu, oblik ili dimenzije. Često razvoj teorije ide ruku pod ruku sa razvojem geometrijskog modela, a ponekad su problemi u tehničkim naukama čisto geometrijske prirode”. [10]

Opšte je mišljenje da nijedan pojam nije stvoren, a da prethodno nije prošao kroz čovjekova čula. Tako su i osnovni geometrijski pojmovi izvedeni iz fizičke pojavnosti, bilo stvarne, bilo prividne. Dakle, „zavisilo je od čovekovih čula, odnosno od njegovih spoznajnih mogućnosti i intuicije, da li će izvedeni pojmovi i aksiomi biti zasnovani na onome što je stvarno ili će se u njima naći i nešto što je samo privid. Bavljenje geometrijom, kao traganjem za istinom o prostoru, pretpostavlja sukcesivno uklanjanje ovih privida. Ovakvim pristupom, geometrija se smešta među prirodne nauke, kojima je u svom klasičnom periodu, kao „prva grana fizike“, i pripadala”. [11]

U ovom poglavlju želim da istaknem neophodnost i značaj geometrijskog pristupa građenoj sredini, ali i da ukažem na to kako razvoj geometrije i geometrijskih metoda (kao i nauke uopšte) može uticati na način na koji vidimo, planiramo i gradimo gradove.

2.4.1. Uloga geometrije u oblikovanju građene sredine

Na osnovu arheoloških dokaza, poznato je da su ljudi pokušavali da geometrijski opišu prirodne fenomene, da pojednostave prirodnu sredinu i apstrahuju je do jednostavnih oblika, linije, kruga, tačke... To im je omogućavalo da shvate svoje okruženje mjerenjem veličine objekata i upoređivanjem njihovih proporcija, kao i da uvođenjem matematičkog reda definišu teritoriju i oblikuju građenu sredinu. Koristili su geometriju da opišu oblike i da kreiraju simbole za vizualnu komunikaciju i na taj način izraze svoje vjerovanje, emociju...

Lazar Dovniković, profesor koji je zasnovao novu neeuklidsku geometriju koja je potpuno u skladu sa fundamentalnim idejama teorije relativiteta kaže: „Euklidska geometrija, budući strogo logički dedukovana iz svojih čvrsto empirijskih utemeljenih postulata i aksioma, nije mogla a da istovremeno, kroz više od dva milenijuma, ne bude i neprikosnovena teorija geometrijskih odnosa u prirodi. Kao jedinstvena iskustvena mogućnost, i, štaviše – „jedini način na koji ljudski um može da razmišlja o prostoru“, Euklidova nauka o prostornim relacijama i beskonačni euklidski prostor bili su naposljetku, uz kao retko kad nenarušeno saglasje i fizičara i metafizičara, podignuti na pijedestal apsoluta”. [11]

Međutim, zasnivanje novih naučnih paradigmi i razvoj novih teorija praćen tehnološkim napretkom, ima za posledicu promjenu ljudskog poimanja svijeta i sebe u njemu, pa će se i „način na koji ljudski um može da razmišlja o prostoru” vrlo promijeniti.

Profesor Dovniković u knjizi Harmonija sfera, koja i naslovom i sadržajem nadahnjuje i oplemenjuje, iako govori „samo” o geometriji, kaže da je: „prostorna struktura univerzuma u fizičkom smislu samo oblik postojanja određene vrste geometrije, pa su pojavom relativističkog zakrivljenog prostora, osnovni geometrijski pojmovi, kao što su

tradicionalna prava i ravan, počeli da gube svoje egzaktno značenje u fizici” i dalje „... a čim se pokaže da dosledno korišćenje tradicionalnih pojmova vodi u paradokse koje je nemoguće razrešiti na opšte zadovoljstvo, možemo biti sigurni da sa nasleđenim osnovnim pojmovima nešto nije u redu i da ih valja pažljivo preispitati”. [11]

Upravo navedena rečenica upućuje na želju - okosnicu ove disertacije: da se preispita uloga euklidske geometrije u oblikovanju grada i predviđanju njegovog razvoja, odnosno da se ukaže na mogućnosti fraktalne geometrije u tom smislu i njenog korišćenja u procesu upravljanja prostorom.

Poznato je da se uporedo sa razvojem nauke i promjenama naučnih paradigmi, mijenjalo i shvatanje grada i urbane morfologije. „Egzaktne nauke, prirodne nauke, teorije i filosofija koje su svojom eksplozijom u novom veku postavile temelje modernog vremena opredelile su i urbanističke ideje o gradu”. [2]

Pa tako, period kartezijske paradigme, *Newton*-ove fizike i kauzalnog determinizma kao i mehanicističkog poimanja univerzuma (XVII, XVIII i XIX vijek), karakteriše i dosledna primjena euklidske geometrije na oblikovanje grada. Kraj XIX vijeka obilježio je optimizam i vjerovanje da razvoj nauke i tehnologije mogu dovesti do boljeg društva u cjelini. Nekoliko decenija kasnije, zamijenila ga je sumnja u to da nauka uopšte može dati odgovore na neka suštinska pitanja. („Mislim da bi bilo daleko bolje da je Njutn prvo razmišljao kako je jabuka uopšte došla gore.” *Victor Schaubberger*, austrijski šumar, pronalazač, filosof i naučnik).

Kvantna teorija, *Heisenberg*-ov princip neodređenosti i dualnost materije (prva polovina XX vijeka) otkriva da na mikrokosmičkom nivou priroda prestaje biti deterministička i da određivanje svih svojstava i ponašanja naše fizičke realnosti, kao i pokoravanje te realnosti dobro poznatim zakonima fizike bez izuzetaka, više nije važeća pretpostavka.

U tom smislu, *Batty* iznosi niz dihotomija uočenih između starog i novog pogleda na nauku uopšte:

- 1) Jednostavnost naspram kompleksnosti (pojednostavljena rješenja više ne važe i često vode u grešku);
- 2) Redukcionistički nasuprot holističkom pristupu („cjelina je više od sume njenih djelova”);
- 3) Kontinuitet naspram diskontinualnosti (klasična nauka je uglavnom neprimjenjiva za diskontinualne sisteme);
- 4) Uniformnost naspram heterogenosti sistema (uniformne sisteme je bilo lakše objasniti, pa je heterogenost bilo „bolje previdjeti”);

- 5) Izvjesnost naspram neizvjesnosti (što više i dublje idemo u objašnjenje, čini se da je sve manje i manje izvjesnog...);
- 6) Pravilnost naspram nepravilnosti (ako odbacimo ono što se ne uklapa u regularnost, u opasnosti smo da odbacimo samu srž problema koji želimo objasniti!).

„Nauka počinje da dokučuje da su nepravilni, kompleksni, raznoliki, neizvjesni i cjeloviti sistemi ti prema kojima moramo orijentisati naše istraživanje... U svemu tome, euklidska („glatka“) geometrija, koja je dominirala našim umom jako dugo, sklanja se sa puta geometriji nepravilnosti koja je i dalje uređena ali ta uređenost se ponavlja mnogo puta kroz mnoge razmjere posmatranja, a jasno je konzistentna sa rezultatima posmatranja i mjerenja u našim najinteresantnijim sistemima“. [3]

Teorija haosa otkriva novu realnost - neizvjesnost i nepredvidivost čak i kod događaja koji su se smatrali potpuno predvidivim, a u naizgled potpuno slučajnim događajima otkriva da ipak postoji red na dubljem nivou. Geometrijsku (matematičku) interpretaciju takvog reda u haosu - fraktale, dao je *Benoit Mandelbrot*, i time utemeljio fraktalnu geometriju. Ona ne može zamijeniti euklidsku geometriju u fazama projektovanja građene sredine, ali može podržati novo aspektovanje pojava u svim razmjerama posmatranja (u mikro i makro kosmosu, kao i na nivou gradskih sistema, kompleksnih po svojoj prirodi), kao i predviđanje u kom smislu se realni sistem može razvijati.

Na osnovu radova teorijskog fizičara *David Bohm*-a i neurofiziologa *Karl Pribram*-a u drugoj polovini XX v. nastaje kvantno-holografška paradigma - pretpostavka o kvantno-holografskoj prirodi našeg svemira, ali i ljudskog mozga, i implicitnom redu u njima; o jednosti² na dubljem nivou, koja fizičke sisteme posmatra kao nedjeljive cjeline, a čiji djelovi opet sadrže cjelinu. Ova pretpostavka je naučnike iz raznih oblasti uputila na nove teorijske i eksperimentalne strategije.

2.4.2. Interpretacija primjene euklidske geometrije na građenu sredinu kroz kratak istorijski pregled

Od najranijih graditeljskih poduhvata i prvih geometrijskih metoda analize, pa sve do savremenih metoda urbane morfologije, linearni principi euklidske geometrije su bile zajednička osnova za analizu i projektovanje urbane forme. Ovi metodi su bili bazirani na detaljnom mjerenju dimenzija parcela i objekata, sa posebnim osvrtom na relativne proporcije. Neizbježna i imanentna linearnost euklidske geometrije nije dozvoljavala

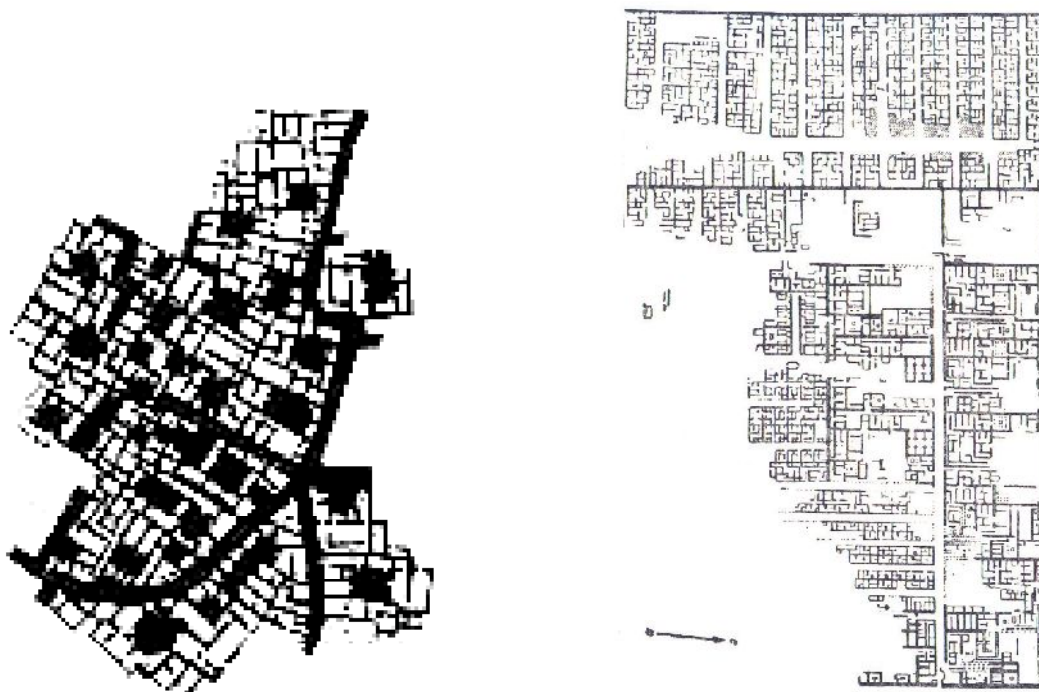
² Jednost (лат. unum, енг. Oneness) je filozofski koncept koji označava odsustvo mnoštva i podjeljenosti. To je svojstvo onoga što je jedno i u sebi ne sadrži nikakvu mogućnost podjeljenosti. (Filozofski rečnik, autor Branko Pavlović, Plato, Beograd 1997.)

istraživanje suptilne kompleksnosti postojećih urbanih formi i matrica, a što je njihova suštinska karakteristika.

Kroz pregled istorijskog razvoja urbane forme, moguće je istaći glavne domete euklidske geometrije i analizirati njen uticaj na oblikovanje građene sredine. Takođe, moguće je ukazati na slabosti euklidske geometrije iz kojih je proizašla potreba za novom teorijom urbane forme koja bolje može objasniti način na koji gradovi rastu i razvijaju se.

Prvobitno grupisanje i organizovanje objekata, ako se može reći prvobitna forma grada, nastala je kao direktna posledica životne organizacije, načina rada i vjerovanja, oblika zaštite i sposobnosti građenja. Osim toga, poznato je da su veliki značaj na postavljanje, razvoj i strukturu grada imali magija i vjerovanja, astrološki podaci i kosmologija, pojedini mitovi i religijski rituali. [12]

Od svog nastanka, geometrija je igrala važnu ulogu u planiranju naselja. Iako većinu ranih naselja karakteriše tzv. organski rast, postoje neki primjeri planiranog razvoja gdje je korišćena jednostavna ali precizna geometrija. U XV v.p.n.e., gradovi Ur (na teritoriji sadašnjeg Iraka) i Kahun (u Egiptu) imaju elemente geometrijski umreženih ulica i objekata, orijentisanih prema stranama svijeta, slika 1.



Slika 1. Starovjekovni gradovi Ur i Kahun

Zendjiri (XIII v.p.n.e.), skoro perfektne kružne osnove, pokazuje astrološka i matematička znanja Hitita, slika 2.

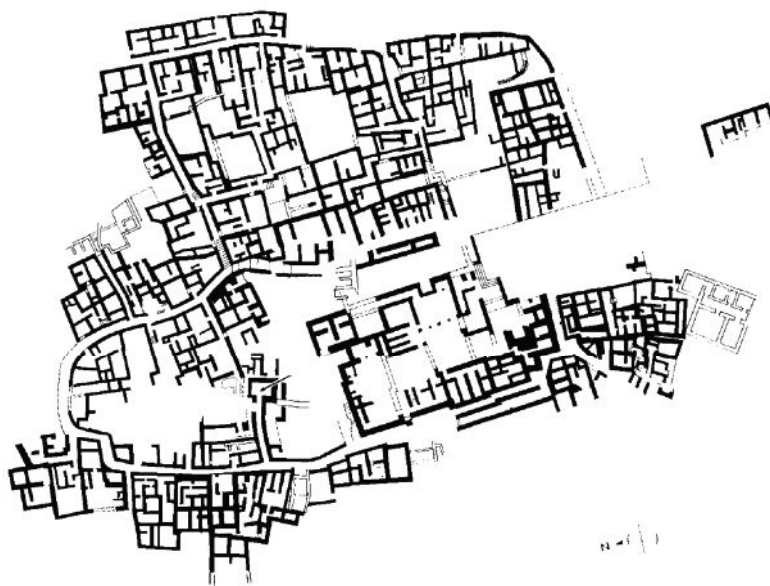


Slika 2. Zendjiri, starovjekovni grad Hitita

Kada je riječ o antici, Grci su za potrebe planiranja i građenja gradova prvi počeli razvijati geometriju kao naučnu disciplinu. Istaknuo se Euklid koji je postavio geometrijske principe koji dominiraju istorijom umjetnosti, arhitekture i urbanizma do sadašnjeg vremena, poznate kao euklidska geometrija.

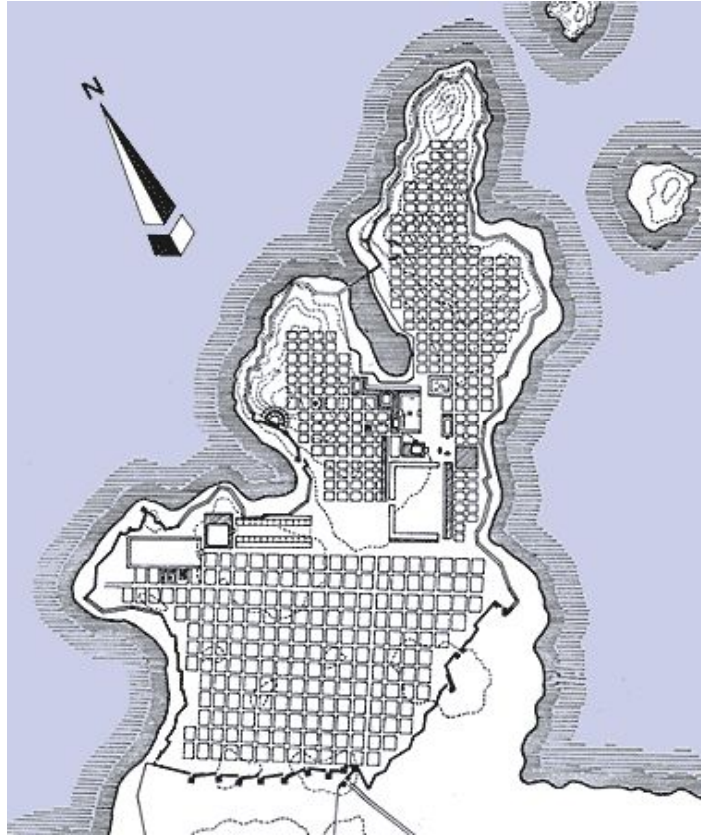
Za grčke gradove je karakteristična tipizacija blokova u osnovi i dva osnovna fizička oblika: akropolj, koji se diže iznad donjeg dijela grada, i agora, centar političkog i ekonomskog života, ne samo tog grada nego i niza naselja u okolini.

Iako svaka pojedinačna javna građevina unutar agore ima pravilnu geometriju i jasnu proporciju, njihova kompozicija u razmjeri grada posmatrano, tj. red u gradu kao cjelini, nije rezultat politike planiranja nego rezultat procesa samorganizacije i adaptacije na uslove okoline, primjer Gurnija na Kritu (XX v.p.n.e.), slika 3.



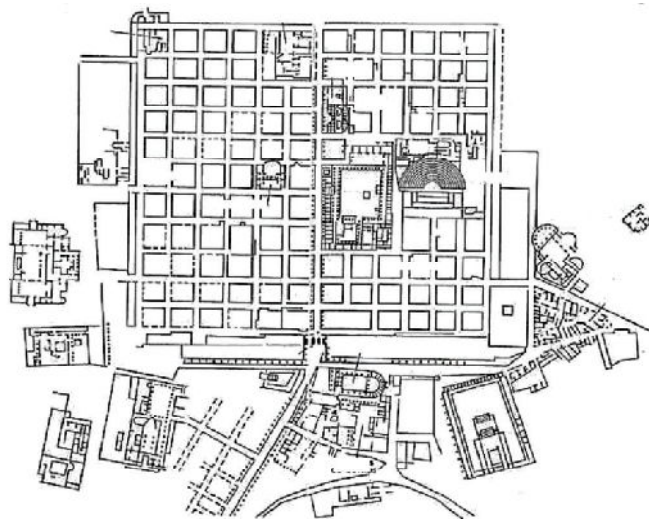
Slika 3. Grad Gurnija na Kritu

Nešto kasnije, drugi starovjekovni gradovi, su imali definisane planove sa pravilnom geometrijskom podjelom. Jedan od prvih poznatih planera *Hipodam* je predložio plan grada Mileta (slika 4) koji se karakteriše redom i pravilnošću, nasuprot kompleksnosti koja je bila uobičajena kod ranijih grčkih gradova. Osnova grada je bila manje ili više ortogonalna i pravilna, blokovi tipizirani, javni objekti usklađeni u jednu organsku i harmoničnu cjelinu, strmi tereni uređeni trasiranjem stepeništa i rampi.



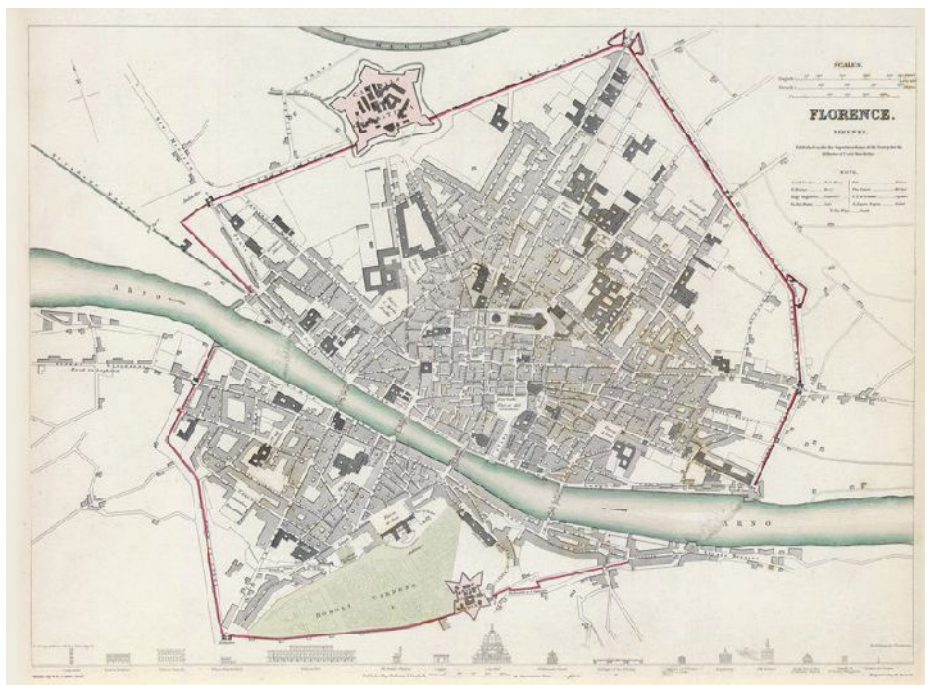
Slika 4. Starovjekovni grad Milet

Rimljani su euklidsku geometriju primjenili u praksi, na nivou i grada i arhitekture. Projektovani su vojne logore, kastrume, čija je glavna struktura rešetka, kreirana od dva upravna pravca ulica (*Decumanus* i *Cardo*) sa naglaskom na određenim građevinama. Na taj način, kretanje vojnih trupa je bilo olakšano, a jasna, pravilna i moćna geometrija je bila način da se izrazi dostojanstvo i moć carstva.



Slika 5. Timgad, vojni logor

Taj rimski kastrum ostao je u osnovi fizičke strukture mnogih gradova Italije (Firenca, Bolonja, Verona...), slike 6. i 7., koji svoj prvobitni nukles duguju rimskoj vojnoj tehnici i shvatanju grada.

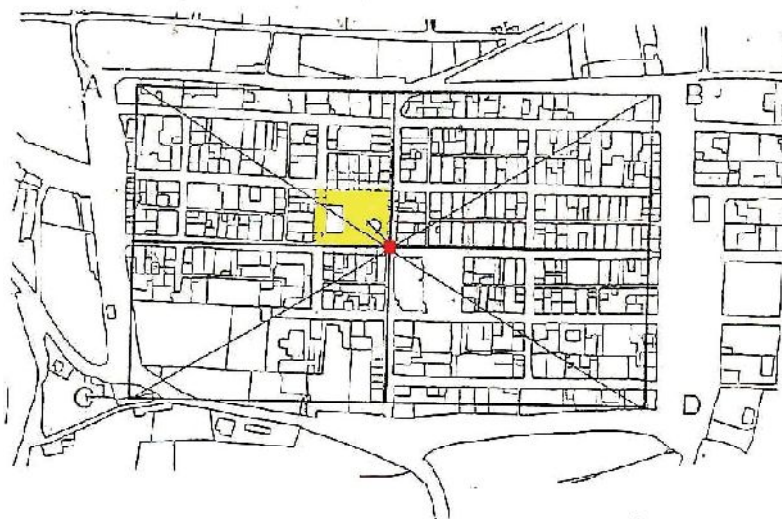


Slika 6. Firenca



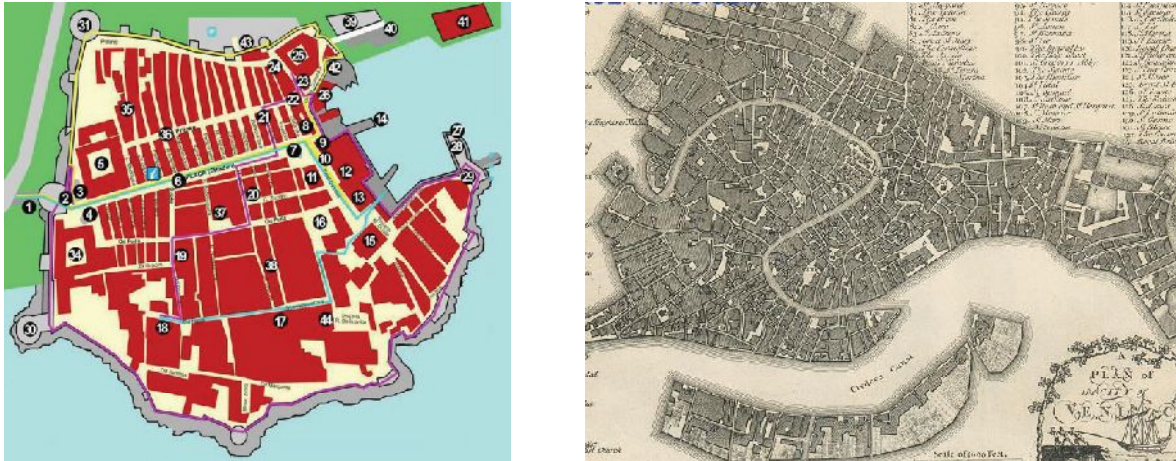
Slika 7. Bolonja

Oblik srednjovekovnih gradova je moguće opisati kao kompaktan ali ipak neregularan, gdje su objekti postavljeni oko centralnog trga i crkve, slijedeći formu terena. Kao posledicu imamo nepravilnost ulica i živost formi grada, taj organski kvalitet, nastao, između ostalog, i zbog praćenja osobenosti tla. Čak i gradovi nastali od antičkih naselja ortogonalne matrice su se razvijanjem deformisali u organske. Izuzetak su tzv. bastidi, gradovi izrazito pravilnih ortogonalnih matrica, osnovani radi odbrane granica, slika 8.



Slika 8. Monpazier, bastid u Francuskoj

Mnogi gradovi su se razvijali oko utvrđenja koja su ostala dominirajuća fizička struktura. Razne privredno-ekonomske aktivnosti uslovljavale su životne procese u gradu. Forma malih srednjovjekovnih gradova koji su bili centri okolnih područja razlikuje se od forme velikih, značajnih međunarodnih centara trgovine i razmjene, kao što je na primjer, bio Dubrovnik ili Venecija. [13] Planovi ovih gradova Srednjeg vijeka prikazani su na slici 9.



Slika 9. Stari Dubrovnik (lijevo) i Venecija (desno)

Lijep opis fizičke strukture medijevalnog grada daje profesor Ranko Radović: „Fizičku strukturu medijevalnog grada karakterišu velika gustina izgrađenosti i koncentracija, spontanost i kontinuitet u razvoju, vertikalni zidovi fortifikacija, slobodnija shema saobraćajnica i ulica veoma uskih i često zagušenih, dominacija kastela i religioznih, verskih objekata oko kojih se razvija relativno niska stambena izgradnja, mnogi trgovi i javni prostori. Gradskim životom dominiraju pešačka kretanja, okupljanja na trgovima... ambijenti trgova, najčešće nepravilnog oblika, smenjivali su se i povezivali u jednu javnu funkcionalnu celinu. Gusto izgrađena struktura srednjovekovnog grada pružala je osim koncentracije, i osećanje povezanosti prostornog okvira i njegovog kontinuiteta, za razliku od slobodnostojeće zgrade u modernom urbanizmu, koja uvek ostaje bez mogućnosti življeg, organskog uklapanja u okolinu“. [2]

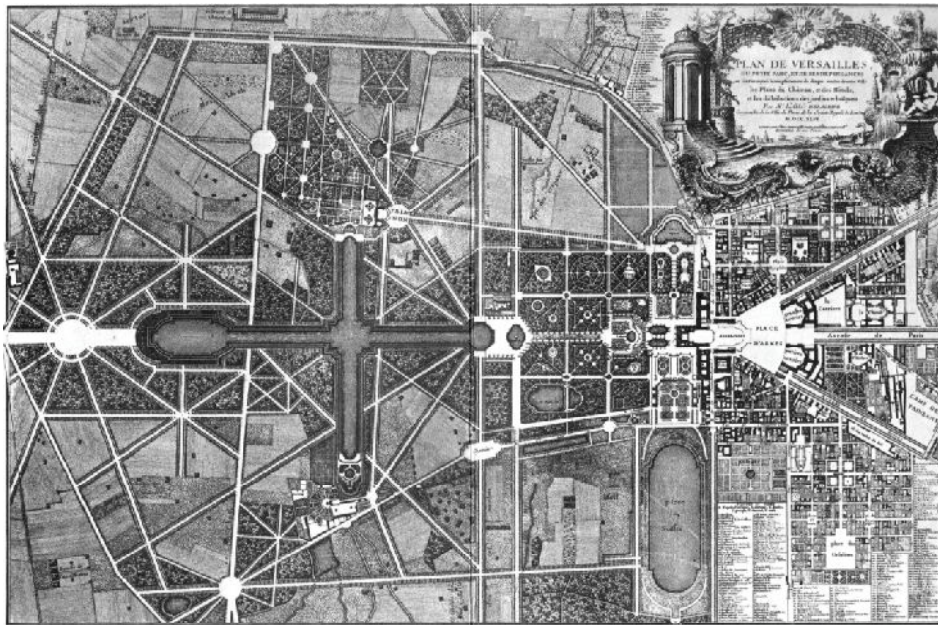
U geometriji renesanse, obnovljeni su klasični principi proporcije. Dominantno organska struktura grada se povlači, formiraju se pravilni trgovi, modularna struktura je ortogonalna, „a sledeća faza je stvaranje pravih ulica i očigledno nastojanje da se unesu planski elementi u regulaciju grada“. [13]

Tokom renesanse, principi perspektive su postali moćno sredstvo u umjetnosti, arhitekturi i oblikovanju grada. Obnavljanje Vitruvijevih ideja o dobrom oblikovanju grada, inspirisalo je neke naučnike da razviju teoriju idealnog grada i dođu do koncepta zvjezdaste geometrije u kojoj zamak, katedrala ili glavni trg formiraju jezgro i okruženi su sa nekoliko pojaseva kuća.

Planiranje uz usvajanje ovih principa dostiglo je svoj vrhunac u baroku kada gradovi postaju funkcionalni, proračunati, homogeni, a idealizovani principi planiranja su primjenjivani i na postojeće gradove, uvođenjem geometrijski pravilnih utvrđenja i/ili presijecanjem postojeće strukture radijalnim ili osovinskim ulicama. Karakterišu ga stroge građevinske linije i slične, skoro identične fasade. Posle uvođenja radijalnih ulica i pravih osovina u Rimu, ovi principi su široko primjenjivani i u drugim evropskim gradovima, npr. Londonu, Karlsruhe, Versaju, Parizu...

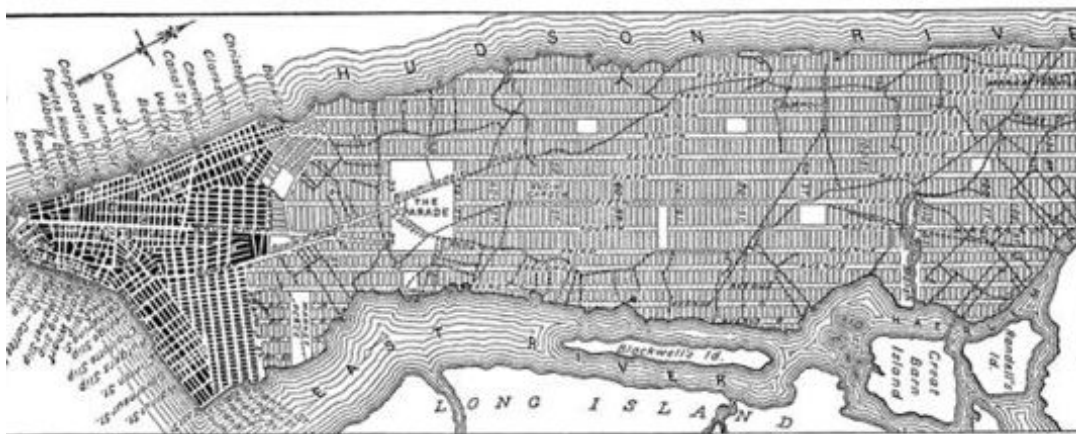


Slika 10. Karlsruhe



Slika 11. Versaj

Od XVIII v. primjena pravilne rešetke na planovima postala je popularna u planiranju brzorastućih gradova u Evropi i Americi „uglavnom zbog brzine i pogodnosti, a možda i zbog osjećaja modernosti - raskida sa prošlošću“. [14]



Slika 12. Menhetn

Mašinska era i revolucija u oblicima rada i kretanja ljudi doveli su do velikih promjena u ponašanju ljudi, načinu života i naseljavanju teritorije. „Nesumnjiva neprilagođenost gradova revolucionanim promenama u kretanju i radu i nespremnost već formiranih urbanih oblika da odgovore jednoj dinamičkoj epohi pre svega je neprilagođenost fizičkih struktura da prate stalne društvene promene. Relativna statičnost urbane morfologije, nastale pod dejstvom socijalnih okvira i sila, dijalektički utiče, čas kao podsticaj, čas kao

limitirajući faktor, na drugi društveni i historijski trenutak, druge nove oblike života. To je trenutak „haosa“ kako beleži Atinska povelja“. [2]

Geometrija moderne je donijela kritiku tradicionalnog shvatanja proporcije, veličine, forme i detalja. U centar je postavila svrhu, funkciju, a zahtijevala ukidanje nepotrebnih elemenata. *Le Corbusier* predlaže „sređeni“ grad čiste geometrije umjesto „nabacane“ forme grada iz prošlosti, što Ranko Radović opisuje kao „krute šeme u odnosu na životnost istinskih gradskih oblika, gdje možda ima higijenskih teškoća, ali se čuje stvarnost“. [2]

„Iako je XX vijek doba intenzivnog urbanističkog planiranja... rezultati su prilično siromašni, odnosno neujednačeni po dometima naročito u pogledu identiteta grada“, profesorica Kalezić navodi Stojkov Borislava („Plan i sudbina grada“), i dodaje da „su posljednje dvije decenije XX vijeka donijele preispitivanje odnosa prema gradu i planiranju i potragu za ponovnim integrisanjem grada... I pored toga što je dominantna praksa urbanog razvoja planska, uporedo egzistiraju i primjena tradicionalnih i nepisanih pravila ali i stihijna gradnja“. [13]

Zanimljivo je i zapažanje *Salingaros*-a koji kaže da je jedan od utvrđenih cljeva modernizma bio eliminacija svake arhitektonske veze sa fraktalima, tj. da „počiste zbrku u starijim urbanim cjelinama“, a ta zbrka je ustvari organizovana kompleksnost koja je te gradove i činila živim. [4]

Pokreti poslije modernizma kritikovali su redukcionizam i minimalizam u modernoj arhitekturi, a Alexander (*Pattern Language*) rezimira: „Nostalgija postmodernizma, osvrta na oblik i formu prije modernizma, detaljne strukture u haj-tek stilu, ideja višeslojnosti i krivih površi u dekonstruktivizmu, svi traže nešto što nedostaje: kvalitet koji ne umijemo da imenujemo“. [15]

Ovaj kratak historijski pregled razvoja geometrije urbane forme pokazuje da su graditelji, arhitekte, planeri „dugo tražili vezu između razmjera sagledavanja cjeline i sastavnih dijelova kompleksne forme da bi našli geometrijsku osnovu za ono što se zove dobar dizajn, i što je još davne 1904. Ruskin opisao kao: „Svaki dobar ornament i sva dobra arhitektura, ima perfektan sistem dijelova, glavnih i sporednih, sa kojima, čak i kad dopunski detalji blijede u daljini, sistem i anatomija ostaju vidljivi“. U ovome uočavamo fraktalni koncept. [15]

Euklidska geometrija generalno i posebno njena primjena na urbanu formu kroz ortogonalnu rešetku su manje-više uspješno služile, ali ih takođe karakteriše konvencionalno razmišljanje u skladu sa principima redukcionizma i pojednostavljivanja. Planiranje gradova jeste vezano za euklidsku geometriju ali većina gradova, onih koji su manje planirani ili neplanirani, ne pokazuju takvu jednostavnost forme.

Ovim kratkim osvrtom na primjenu euklidske geometrije na građenu sredinu istaknut je značaj geometrijskih pristupa građenoj sredini u različitim istorijskim razdobljima. Kratak pregled ne pokriva istoriju urbanih formi, samo podsjeća da je razvoj geometrije kao matematičkog alata, osposobio čovjeka da konceptualizuje svoju okolinu. Takođe, možemo primjetiti i kako geometrija pravih linija upravlja načinom na koji vidimo i gradimo gradove i mada je ta geometrija uspjela u nekim aspektima arhitekture i oblikovanja grada, ona nije uspjela da opiše suštinsku kompleksnost koja postoji unutar gradskog tkiva.

2.4.3. Nedostaci i ograničenja euklidske geometrije

Uprkos konceptualnoj raznolikosti pravaca u arhitekturi i urbanizmu u različitim istorijskim periodima, možemo vidjeti da su svi razvijani pod uticajem jednog dominantnog koncepta - euklidske geometrije pravih linija. Principi ove geometrije su primjenjivani uvijek kada je čovjek pokušavao da reguliše i uredi građenu sredinu. „Godinama je ideja grada planiranog čistom euklidskom geometrijom bila utopija, pa je cilj planiranja bio redukovanje nepravilnosti radi dostizanja veće uređenosti“. [3]

Zato je najčešće plan imao izgled rešetke ili kruga ili poligona sa radijalnim ulicama kao zracima ka centru. Planiranje takvih gradova je jednostavno i praktično, zato se taj model zadržao i dalje u modernim gradovima. Takođe, rešetkasti koncept je služio praktičnim (kretanje pješaka i vozila istim rutama) i političkim (kontrola spoljašnjih i unutrašnjih prijetnji), ekonomskim (potreba za brzim razvojem grada) i socijalnim (jednaka raspodjela zemljišta ili lakša parcelacija) svrhama. Geometrija pravih linija je generalno, a posebno ortogonalna mreža, široko korišćena kod svih gradova koje možemo smatrati planiranim, ali ne i kod ostalih, tzv. organskih ili neplaniranih. Kada je u pitanju urbana forma, euklidska geometrija može opisati veze i odnose elemenata planiranog urbanog konteksta, ali ne može opisati neregularnost koja postoji u gradovima ili djelovima grada koji nastaju bez prethodno donešenog plana. [15]

Većina gradova u sebi sadrži karakteristike oba tipa – planiranih i neplaniranih - pa njihova forma nikad ne može biti pravilna i strogo geometrijska. Takođe, pravilnost planiranih gradova obično nije trajna. Rast gradova može donekle biti praćen usvojenim planovima, ali njihova forma doživljava neprekidne promjene pod dejstvom mnogobrojnih faktora koji djeluju na nju, tj. pokazuje sve veća odstupanja od donešenog plana. A *Batty* naglašava: „Čak i planirani gradovi se adaptiraju kontekstu na prirodan način jednom kada dođe do implementacije“.

Batty uočava da glavna diferencijacija između forme planiranog i organskog grada leži u procesu koji ih kreira. Za razliku od planiranih urbanih matrica, tzv. organski gradovi ne nastaju odjednom, oni bivaju generisani, korak po korak, segment po segment, usled

odluka velikog broja pojedinaca, prilagođavajući se uslovima sredine i drugim faktorima, a svaka od potencijalnih grešaka je korigovana adaptacijama i promjenama geometrijskih karakteristika, što organski nastalim formama daje poseban kvalitet, koji je rezultat samogenerišućih procesa, i koji možemo okarakterisati kao kompleksnost. [3]

Iako je euklidska geometrija istorijski gledano, bila uspješna u nekim aspektima oblikovanja grada, ona nije uspjela da opiše suštinsku kompleksnost koja postoji unutar gradskog tkiva. Naizgled nepravilne organske forme, tako česte u urbanim jezgrima, ona opisuje samo kao amorfne i neuređene. Jedan od glavnih razloga za to je što su one jedan konglomerat strukturalnih elemenata, na različitim skalama posmatranja, od pojedinačne građevine pa do cijelog grada. Čak i na mapama ili planovima možemo otkriti detalje veoma različitih veličina: kada pogledamo rubnu liniju - granicu odabranog naselja, uočavamo male neravnine, koje se smenjuju sa velikim u nepravilnom ritmu. Ta kompleksnost je nemjerljiva cjelobrojom euklidskom dimenzijom. Otuda se javila potreba za novom teorijom urbane forme, koja bolje može objasniti način na koji se gradovi razvijaju ili bi trebalo da se razvijaju.

2.5. Zaključak

Ideja kontrolisanja promjena u gradu kroz determinističke i *top-down* orijentisane planove bilo je rješenje modernističkih planera XIX vijeka. Kao reakcija na loše životne uslove u industrijskim gradovima tog doba, nastao je koncept vrtlog grada i ideja da se kroz namjenu površina može efikasno kontrolisati rast gradova i promjene u namjeni površina, populaciji, gustinama i veličini.

Do sredine XX vijeka vjerovalo se da grad mora biti formiran u određenom prostoru i da njegova dalja ekspanzija mora biti kontrolisana. Sa pojavom teorije sistema, na predviđanje rasta i promjena u gradu počinje se gledati na drugačiji način. Sistemski pristup (svijest o tome da brojni podsistemi međusobnim uticajima kreiraju cjelinu), kao i strateški planovi, obezbjedili su više fleksibilnosti za budući razvoj grada. Grad se više nije sagledavao kao jednostavan, jasno definisan element, pa su se principi urbanog planiranja i njegovi ciljevi promijenili. Cilj planiranja novih gradova je bio kreiranje sistema koji će lako usmjeravati sve aktivnosti stanovnika, a istovremeno biti fleksibilan u skladu sa dinamičkom prirodom gradskog sistema.

Iako su na ovaj način fiksni master-planovi (zasnovani na karti namjene površina) zamijenjeni fleksibilnijim planovima zasnovanim na strategiji, još uvijek je to *top-down* pristup, gdje se pokušavaju predvidjeti rezultati (deterministički pristup), i sistem održati u ravnoteži, odnosno unutar određenih granica. Planiranje usmjereno na održanje te ravnoteže je jasno suprotstavljeno inovaciji, kompeticiji, raznolikosti i heterogenosti, tj. svim obilježjima uspješnog rasta i razvoja grada. Planeri pokušavaju da zamisle vezu

između urbanih faktora iz svoje perspektive i da kreiraju strukture koje će služiti potrebama lokalnih činilaca, ali koje najčešće ne uspijevaju da zadovolje zahtjeve korisnika prostora. To je jedan od glavnih nedostataka konvencionalnog planiranja.

Cilj ovog rada nije da ulazi detaljnije u analizu i ocjenu metoda planiranja. U ovom poglavlju je iznijet samo minimalan osvrt na dosadašnje principe. Ono što se može primjetiti sa geometrijskog aspekta, to je da se razvoj smatrao uspješnim ako je matrica bila pravilna, u cilju postizanja efikasnosti planiranja, izgradnje i koriscenja.

U stvari, ono što se dešava kod grada je „koncentrisana akcija miliona pojedinaca i institucija koji generišu strukture kompleksnosti kojima je virtualno nemoguće upravljati, kontrolisati ili ih preoblikovati *top-down* procedurom“. [5]

Zbog toga što gradovi pokazuju osobine kompleksnosti, moguće ih je proučavati kao kompleksne sisteme. *Batty* tvrdi da se planiranje razvija od klasičnog mišljenja (pozitivizam, redukcionizam, linearni i statički pogledi na svijet) ka kompleksnom sistemu mišljenja (alternativne epistemologije, holizam, nelinearni i dinamički pogledi na svijet, što su sve obilježja teorije kompleksnosti). „To je prelaz sa razmišljanja o gradu kao sistemu koji treba biti dizajniran na razmišljanje o gradu kao sistemu koji se razvija, raste i mijenja na način koji može biti praćen i upravljan ali teško da može biti dizajniran *top-down* procedurom“. [5]

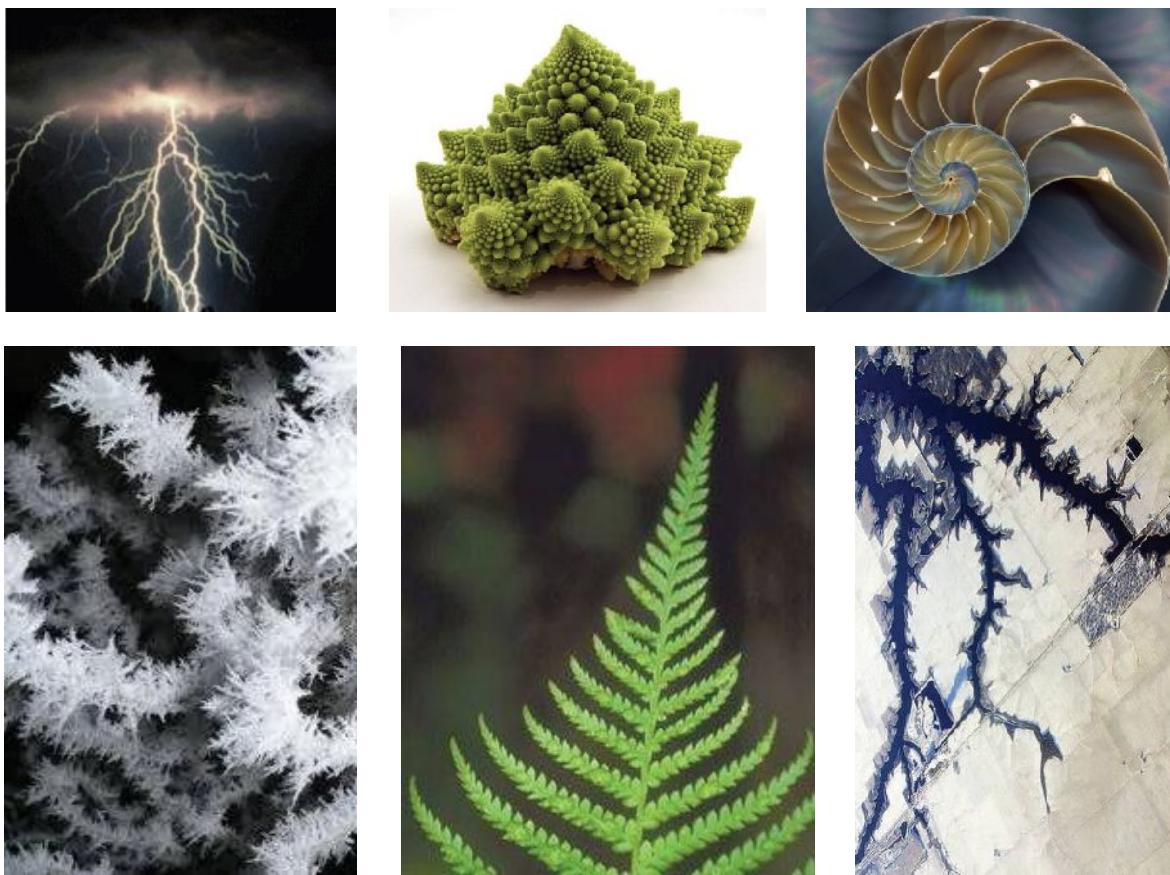
U svijetlu savremene težnje ka planiranju održivih sistema, *Perović*, zagovornica transdisciplinarnosti urbanističkog planiranja, govori o uključivanju korisnika prostora u proces: „Strateške akcije u planiranju i oblikovanju urbanih područja su od primarne važnosti u održivom razvoju građene sredine. Angažovanjem svih interesnih grupa i društvenih činilaca u procesu planiranja i oblikovanja urbanog prostora, moguće je razviti strategije za kreaciju sredine u kojoj će svako naći svoje mjesto i biti slobodan da razvija svoju životnu filosofiju. Ovo zahtijeva fleksibilnost i različitost rješenja. Unifikacija usporava razvoj sistema i svaka greška u praksi ima trajan uticaj na grad i njegove stanovnike“. [16]

3. FRAKTALNA GEOMETRIJA

3.1. Uvod

Fraktalna geometrija se bavi identifikacijom i proučavanjem sistema u kojima se slični elementi ponavljaju u različitim razmjerama posmatranja.

Termin fraktal potiče od latinskog pridjeva *fractus*, što znači izlomljen, a opisuje objekte kojima se, na prvi pogled, ne može pripisati geometrijska pravilnost, zakonitost. Euklidska geometrija ih opisuje kao bezoblične ili amorfne, a načešće se javljaju u prirodi. Fraktali se nalaze u mikrostrukтури organizama - DNK, kristala, biljaka, pojedinih organa kod ljudi i životinja; u megastrukturama oblaka, planina, riječnih tokova, munja, obala, galaksija; u zakonitosti fluktuacija srčanog ritma, vremenskih prilika, zemljotresa... Neki primjeri fraktalasu prikazani na slici 13.

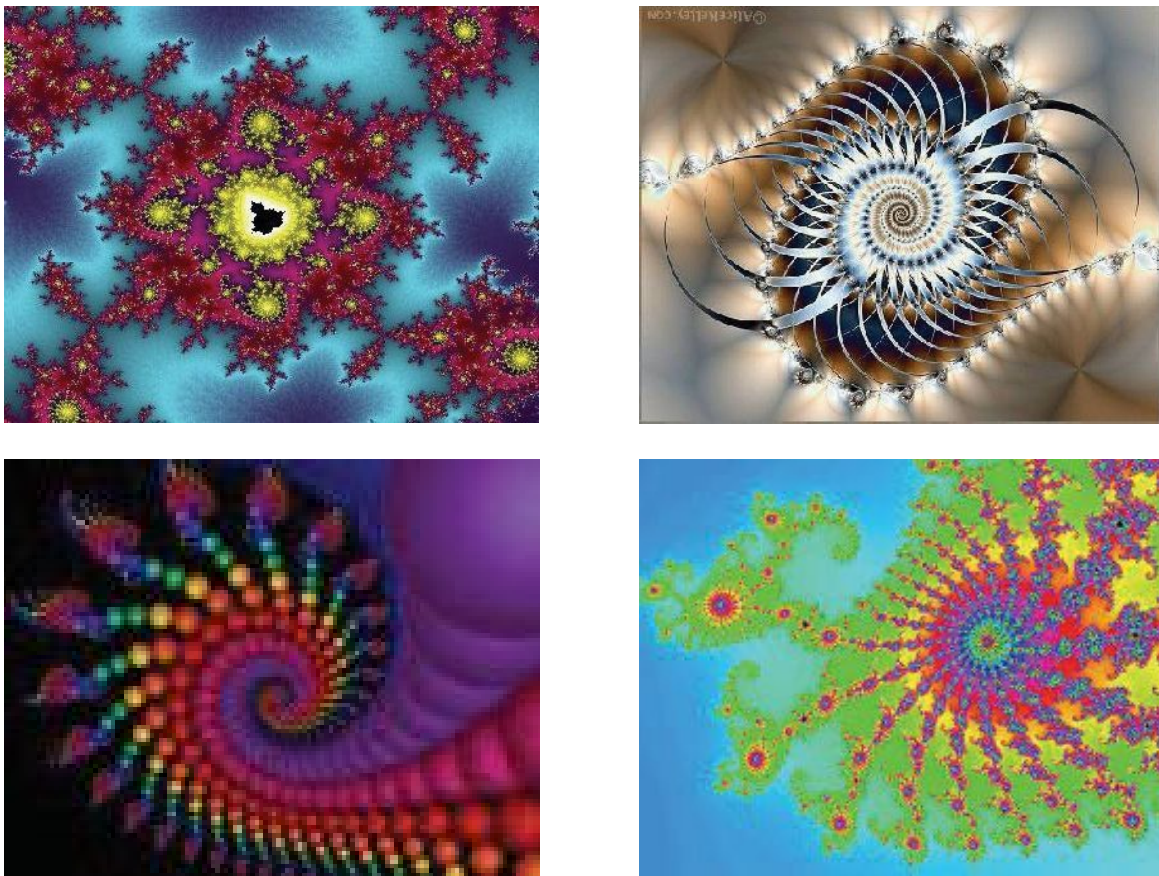


Slika 13. Prirodni fraktali

Benoit Mandelbrot je kroz *Fractal Geometry of Nature*, knjigu koja je dovela do „fraktalne revolucije“, obezbjedio matematički okvir za razumijevanje ovih zanimljivih formi.

3.2. Teorijske osnove fraktalne geometrije

Da bi se mogli shvatiti osnovni pojmovi fraktalne geometrije, potrebno se ukratko osvrnuti na dvije teorije koje su dovele do njenog nastanka, teoriju kompleksnosti i teoriju haosa. Već je pisano o promjeni naučnih paradigmi od kauzalnog determinizma (koji odgovara mehanicističkom poimanju svemira) preko kvantne teorije i teorije haosa (koja u naizgled slučajnim događajima otkriva da ipak postoji red na dubljem nivou i koja bolje opisuje tzv. organski svemir), sve do tzv. holografske paradigme (po kojoj je svemir hologram). Geometrijsku (matematičku) interpretaciju reda u haosu - fraktale, dao je *Mandelbrot*, i time utemeljio fraktalnu geometriju. Primjeri matematičkih fraktala, generisanih kroz algoritam, prikazani su na slici 14.



Slika 14. Matematički generisani fraktali

Haos je ključni termin u razumijevanju teorije kompleksnosti. Karakteristika haotičnih sistema je da je vrijeme u njima ireverzibilno i njihov status u bilo kom trenutku je veoma osjetljiv na početne uslove. Kompleksni sistem se sastoji od više haotičnih sistema i postaje sve kompleksniji kako vrijeme prolazi. *Batty* je kompleksni sistem definisao kao sistem kompleksnih sistema. [17]

Fraktali su jedna od karakteristika haotičnih kompleksnih sistema, tj. fraktal je rezultujuća slika haotičnog ponašanja sistema unutar kompleksnog sistema. [15]

3.2.1. Osnove teorije haosa

Teorija haosa proučava kompleksne nelinearne dinamičke sisteme, a njena primjena na urbane sisteme je relativno nova - još uvijek se istražuju njene mogućnosti. Zato će se ovdje izložiti osnovni pojmovi teorije i dati neophodna pojašnjenja.

Dok se u svakodnevnoj komunikaciji termin haos povezuje sa „zbrkom, neredom“, u naučnom smislu haos sadrži red i iz njega proizilazi red. Haos se sagledava kao ekstremno kompleksna informacija, a ne kao odsustvo reda. Teorija haosa opisuje one sisteme čije je ponašanje predvidivo u principu ali je ta predvidivost ograničena u praksi, odnosno ne možemo sa sigurnošću predvidjeti šta će se dogoditi prije nego što se događaj zaista i odigra. Uz to, kod ovih sistema ne postoji samo jedan mogući ishod aktivnosti.

Teoretičari haosa i kompleksnosti se ne slažu sa redukcionističkim pristupom i strategijama u kojima su pojmovi svedeni na sumu njihovih djelova. Oni teoriju kompleksnosti definišu kao nauku koja proučava žive strukture sa emergentnim osobinama. Ovo znači da kompleksan sistem nije kreiran samo interakcijom podsistema nego nastaje kroz samoorganizujuću prirodu njegove sopstvene žive strukture, o čemu su pisali *Batty* i *Alexander*.

Važan aspekt haosa i kompleksnosti je nelinearnost, što upućuje na to da se ovi sistemi ne mogu okarakterisati linearnim jednačinama, jer male promjene u uzročnim faktorima mogu dovesti do velikih promjena u drugim aspektima sistema, ili u sistemu kao cjelini. Vidimo da je vrijeme dimenzija u kojoj se javlja promjena. Aspekt ireverzibilnosti vremena je takođe veoma značajan aspekt haosa i kompleksnosti, i kao takav, suprotan mehanicističkom modelu. To znači da se radi o procesima koji su nepovratni, pa teorija kompleksnosti ne podržava *Newton*-ov koncept u kom je smjer proticanja vremena nebitan.

Razvoj teorija haosa i kompleksnih sistema se odvijao na neki način slično kao razvoj moderne fizike, koja datira od otkrića linearne mehanike i termodinamike (naučne revolucije XVII vijeka). Ovdje je izložen pregled u tri faze razvoja koje predlaže *Gribbin*

(2004), a naveden je u [15] koja su suštinska za razumijevanje teorija haosa i kompleksnosti. To su:

1) Linearna dinamika

Mnogi pokušaji renesansnih naučnika da matematički objasne postojanje reda u prirodi, rezultirali su novim modelima univerzuma. Radovi Galileja i Kopernika, zasnovani na heliocentričnom modelu galaksije, bili su temelj velikom naučnom otkriću: *Newton*-ovim univerzalnim zakonima kretanja i gravitacije. To je tada bio nov, progresivni način naučnog razumijevanja reda u univerzumu, za razliku od dotadašnjeg poimanja univerzuma kao haotičnog. Iz tog razloga *Gribbin* ovu fazu razvoja naziva „Red iz haosa”.

Razvijena je nova grana fizike, linearna dinamika, koja proučava efekte energije i sila na kretanje fizičkih objekata u euklidskom prostoru. *Newton* je vjerovao da priroda može biti opisana kao zatvoren uzročni sistem determinisan jednačinama kretanja. Po njemu, perfektno predviđanje ponašanja dinamičkih sistema (pa čak i budućnosti univerzuma) je moguće, ako su dostupni neophodni podaci o njima: početni uslovi univerzuma i dovoljno vremena za izvođenje proračuna baziranih na linearnoj vezi uzrok – posledica.

Jedan od ključnih principa *Newton*-ove fizike je taj da je vrijeme reverzibilno u zakonima kretanja, ili drugim riječima, ti zakoni su nezavisni od smjera vremena. U skladu sa tim, predviđenja su moguća. Međutim, jedna za drugom, razne oblasti moderne nauke su počele da osporavaju ovu statičku sliku univerzuma. Drugi zakon termodinamike je pokazao da takva predviđanja nisu moguća u mnogim realnim sistemima.

2) Termodinamika

Drugi zakon termodinamike kaže da procesi kao što su širenje gasa u balonu, rashlađivanje tečnosti ili sagorijevanje drveta mijenjaju stanje materije od niže ka većoj entropiji i nepovratni su. Termodinamika naglašava smjer vremena, nasuprot klasičnoj mehanici.

Razmjena energije u otvorenim sistemima može povećati entropiju i dovesti do gubitka ravnoteže sistema. Entropija je proces koji traje dok sistem ne počne da se nepredvidivo ponaša, što se može nazvati „povratkom haosa”, ili kako *Gribbin* naziva ovu fazu: „Haos iz reda”.

U realnom sistemu, za neki skup čestica možemo tvrditi da je dominantna vjerovatnoća da će entropija da raste, ali je moguće i da će se smanjiti. Iako se u početku nisu svi fizičari slagali sa ovim, dva vijeka poslije *Newton*-a saznalo se da svijet nije deterministički, tj. da vjerovatnoća mora biti uzeta u obzir prilikom opisivanja ponašanja mnogih mikroskopskih i makroskopskih sistema.

Mehanicistički pogled na svijet je okončan početkom XX vijeka. Kvantna i teorija relativiteta su kompletno izmjenile njutnovski pogled na apsolutnost vremena i prostora, otkrivajući važnu ulogu posmatrača sistema.

Neke od razlika mehanicističkog i organističkog univerzuma su: prvi je statički, a drugi dinamički; prvi je determinisan, drugi se razvija; prvi je fabrikovan, a drugi generisan; prvi je linearan, drugi nelinearan; prvi je zadat, a drugi kreativan...

3) Nelinearna dinamika

Sredinom XX vijeka se težilo otkrivanju statističkih pravilnosti u prirodnim procesima kao što su turbulencije fluida, promjene vremenskih uslova, fluktuacija populacije... Ovakvi sistemi, kasnije nazvani nelinearnim sistemima, u principu se mogu povinovati *Newton*-ovim zakonima kretanja i gravitacije, ali se u praksi mogu ponašati i na haotičan i nepredvidiv način, što je *Gribbin* imenovao kao „Granica haosa”.

Većina literature koja opisuje haotične sisteme oslanja se na prva otkrića meteorologa *Edward Lorenz*-a, koji je istraživao sisteme za modelovanje i analizu vremenskih matrica. On je 1963. godine razvio sistem baziran na 12 jednačina koje je koristio da testira razne modele predviđanja vremenskih uslova. Prvi rezultati dobijeni njegovim računarom su bili zadovoljavajući i kao što je i očekivao, vremenski uslovi su se na određenim razmacima ponavljali, kopirali sami sebe. Međutim, u jednom slučaju je dobio neočekivan rezultat: umjesto da novi ciklus bude duplikat starog, matrica vremena je ubrzano divergirala u odnosu na prethodnu iteraciju. Uskoro je shvatio da dinamički sistemi mogu za iste početne uslove, u početku davati identične rezultate, ali kako vrijeme odmiče javlja se divergencija, dok sve sličnosti ne nestanu.

Bilo je jasno da je sistem osjetljiv na početne uslove, odnosno da veoma male varijacije u početnim uslovima nekih sistema rezultuju u ogromnim dinamičkim transformacijama u posledičnim događajima. Kada su vremenski uslovi u pitanju, ovo znači da se „lepet krila leptira u Pekingu može transformisati u oluju sledećeg mjeseca u Njujorku”, što je poznato kao tzv. efekat leptira.

Teorija haosa demonstrira da naizgled nepredvidivi sistemi imaju neki skriveni red, kao što je pokazao i sam *Benoit Mandelbrot*, kada je otkrio postojanje skrivenog matematičkog reda - matrice, u fluktuacijama cijena pamuka.

Teorija haosa proučava nelinearne dinamičke i kompleksne sisteme, gdje nelinearnost podrazumijeva rekurzivne matematičke algoritme, a dinamičnost - promjenljivost u vremenu. To su sistemi koji su osjetljivi na početne uslove. Ovo je osobina velikog broja prirodnih pojava gdje male promjene u sistemu uzrokuju značajne posledice. Za ovakvo ponašanje sistema se kaže da je haotično.

Pozitivna ili negativna sprega je imanentna ovakvim sistemima, tj. sve što sistem radi, utiče na njegovo sopstveno ponašanje. Ova osobina čini sistem nelinearnim. Dakle, haos je definisan kao nelinearno ponašanje koje se javlja u kompleksnim sistemima.

Treba naglasiti da sve gornje definicije ukazuju na dualnost reda i nereda, koja postoji u ponašanju sistema, a koje je poznato kao deterministički haos. Klasičan primjer koji demonstrira ovu dualnost je jednačina promjene broja jedinki u populacijama u prirodi:

$$x_{n+1} = B \times x \times (1 - x_n) \quad (1)$$

Ova jednačina opisuje kako se broj jedinki jedne populacije mijenja iz generacije u generaciju i kako se ponašanje sistema može promijeniti za to vrijeme, od potpuno uređenog do potpuno haotičnog.

Primjer: Pretpostavi se populacija nekog insekta koja broji x jedinki, od kojih svaka polaže B jaja. Nova populacija će imati Bx jedinki, pri čemu $B=0$ znači istrebljenje, a $B<1$ znači da se generacija ne može reprodukovati i mora izumrijeti.

Međutim, ono što $(1-x)$ implicira je činjenica da proces nije linearan već da na njega djeluje parametar kontrole koji predstavlja stopa smrtnosti. Ova stopa zavisi od veličine originalne populacije: što je više jedinki, manje je hrane i preživljavanje je teže. Na *Feigenbaum*-ovom dijagramu vidimo da jednačina daje „čudne“ rezultate za malu promjenu vrijednosti parametra B (malu promjenu početnih uslova sistema):

Faza 1, stacionarno stanje: Za $1 < B < 3$, poslije velikog broja generacija vrijednost x se stabilizuje na stacionaran nivo i kada je B blizu 3, smiruje se na 0.66, što odgovara $2/3$ maksimalno moguće populacije.

Faza 2, periodično stanje: Čim je $B=3$ ili veće, matrica se mijenja i jedan atraktor se razdvaja u dva nivoa u alternativne generacije (bifurkacija). Ovo znači da je jedne godine brojna populacija što rezultuje time da veliki broj jedinki umire od gladi bez reprodukcije. Sledeća generacija ima malu populaciju, pa i dovoljno hrane, izleže se mnogo jaja itd. Znači, jedan atraktor samo zauzima jedan od dva predvidljiva konstantna nivoa.

Faza 3, haotično stanje: Ako B raste dalje, rezultat će biti začuđujući! Na vrijednosti $B=3.4495$ sistem oscilira između 4 različita nivoa populacije. Na $B=3.56$, svaki od ovih atraktora se dijeli na dva, i populacija fluktuiira između 8 različitih nivoa. Na 3.569 još jedno dupliranje daje 16 mogućih nivoa populacije. Na 3.56999 broj atraktora postaje beskonačan: ovo je deterministički haos.

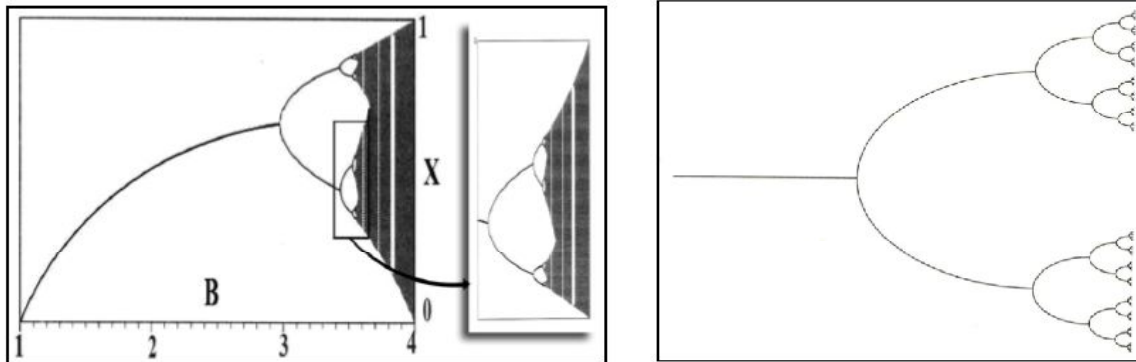
Dalje, iako haotično stanje postoji uglavnom za vrijednosti B veće od 3.56999, postoje mali opsezi vrijednosti B gdje je „čist prostor“ unutar haosa. Za B između 3.8 i 3.9 čini se da sistem dolazi na stabilno stanje i onda, za samo malo veću vrijednost od 3.9, još jednom uočavamo bifurkaciju, nalik ponašanju kad je B bilo oko 3. Uskoro, sistem prolazi kroz iste faze kao prije i haos se opet javlja. Može se zaključiti da je „usred reda haos ali i

usred haosa je red“, navodi *Haghani* [15] *Gribbin*-a. Ovo je objašnjenje bifurkacije u kompleksnim sistemima kada postoji domen između determinističkog reda i proizvoljnosti, a upravo to je kompleksnost.

Sa *Feigenbaum*-ovog dijagrama, prikazanog na slici 15, se vidi kako ponašanje sistema prelazi od potpuno uređenog do potpuno haotičnog i obrnuto. Takođe, dijagram pokazuje samosličnu matricu koja stoji iza njegovog haotičnog ponašanja - manja verzija matrice je slična cjelini. Drugim riječima, ponavlja samu sebe. To je fraktal. Fraktalna teorija sada može biti shvaćena kao podskup teorije haosa i može biti nazvana „geometrijom kompleksnosti“, kako to predlaže *Batty*.

Iz prethodnog primjera se vidi kako se dobija haotično ponašanje iz jednostavne jednačine i sa samo jednom promjenljivom. Da bi vidjeli šta se dešava blizu kritične vrijednosti $B=3$, trebalo bi uraditi mnogo iteracija za različite, a jako bliske vrijednosti B .

Broj iteracija za kompleksne sisteme, koji se sastoje od mnogo podсистема, od kojih svaki ima više promjenljivih, je veoma velik, pa je napredak računarske tehnologije bio neophodan za dalji razvoj teorija haosa i kompleksnosti.



Slika 15. *Feigenbaum*-ov dijagram (lijevo) i njegova pojednostavljena shema (desno)
(preuzeto iz [15])

3.2.2. Kompleksni sistemi

U svakodnevnoj upotrebi pridjev kompleksno označava nešto što je „sastavljeno od međusobno povezanih djelova“³. Kompleksnost je veća ako je više djelova i ako je broj veza među njima veći. Pošto komponente kompleksnih sistema ne mogu biti razdvojene, metod analize ili dekompozicije u nezavisne module ne može biti upotrebljen da se takav

³ Značenje riječi po Rečniku stranih reči i izraza, Klajn, Šipka, 2006

sistem modeluje. Kompleksni sistemi su zbog toga veoma nepogodni za modelovanje, kao i za upotrebu u cilju predviđanja ili kontrole.

Glavne karakteristike kompleksnosti su: distinkcija u ponašanju djelova sistema;

i konekcija, koja podrazumijeva ograničenja u tom ponašanju, odnosno zavisnost jednog dijela od drugih. Distinkcija vodi haosu, entropiji, kao u gasu gdje je pozicija svakog molekula nezavisna od ostalih molekula. Konekcija vodi redu ili negtropiji, kao u kristalnoj rešetki, gdje je pozicija svakog molekula strogo određena pozicijom drugih molekula sa kojima je vezan. Kompleksnost postoji jedino ako su prisutna oba ova aspekta: između uređenosti i neuređenosti, na granici haosa.

Kompleksnost se povećava kada se distinkcija i konekcija djelova sistema povećavaju ili u nekoj od tri prostorne dimenzije geometrijske strukture u razmjeri (skali) posmatranja sistema i/ili u dimenziji vremena (dinamička skala). Koncept kompleksnosti se, dakle, odnosi na sistem koji se razlikuje od poznatog linearnog sistema Njutnove fizike.

Definicije kompleksnosti su obično povezane sa terminima „ivica haosa“, nelinearna dinamika, samoorganizujući sistemi... Svaki od ovih termina opisuje neki aspekt kompleksnosti, međutim *Batty* tvrdi da „ne postoji opšteprihvaćena precizna definicija, ali postoji konsenzus o karakteristikama koje kompleksan sistem posjeduje“. Ovdje navodimo one koje se najčešće pominju u literaturi koja je istraživana, a u cilju provjere da li koncept kompleksnosti može biti primjenjen na urbane sisteme.

Dok neki teoretičari navode dvije osobine sistema (osjetljivost na početne uslove i postojanje petlje) koje su potreban i dovoljan uslov kompleksnosti istog, drugi tvrde da sistem mora posjedovati još neke karakteristike da bi bio nazvan kompleksnim. *Haghani* [15] je objedinio istraživanja *Valle* (2000), *Cilliers* (1998), *Cooper* (2000) i dao sveobuhvatan niz karakteristika kompleksnih sistema. Ovdje ih navodimo, uz kratak opis svake od njih.

1) Raznovrsnost (veliki broj komponenti u dinamičkoj interakciji)

Kompleksan sistem se sastoji od raznovrsnih podsistema ili velikog broja elemenata. Kada je taj broj dovoljno veliki nije više lako razumjeti ponašanje sistema. Međutim, veliki broj elemenata je neophodan, ali ne i dovoljan uslov za konstituisanje kompleksnog sistema. U kompleksnom sistemu, elementi moraju djelovati međusobno i ta interakcija mora biti dinamička.

2) Nesvodljivost (na sumu sastavnih djelova ili konstituenata sistema)

Kompleksni sistem se sastoji od velikog broja elemenata, komponenti i podsistema ali on ne može biti rekonstruisan jednostavnim dodavanjem elemenata. On je više od sume njegovih djelova. Na takve primjere nailazimo u biologiji, ekologiji, sociologiji, ljudskoj fiziologiji...

Djelovi kreiraju cjelinu koja posjeduje nove, emergentne osobine u odnosu na osobine njenih sastavnih djelova. Djelovi utiču na cjelinu, ali su i njihove osobine i ponašanje određeni cjelinom. To su sistemi gdje imamo svrsishodne djelove i kao konačnu vrijednost – poseban kvalitet; za takve sisteme je tradicionalni redukcionizam neprikladan.

3) Deterministički kaos (dualnost determinizma i proizvoljnosti)

Ponašanje činilaca u nelinearnom kompleksnom sistemu nije ni potpuno određeno ni potpuno neodređeno, odnosno pokazuje i jednu i drugu karakteristiku. Ova dualnost je nazvana deterministički kaos ili „kompleksnost po pravilima“, navodi *Haghani*. [15]

Dok jednostavno determinisani sistem koji se sastoji od nekoliko elemenata, može generisati proizvoljno ponašanje, u kompleksnim determinisanim sistemima, proizvoljno ponašanje je generisano bez narušavanja pravila koja vladaju u cijelom sistemu. Ovo znači da postoje neke zakonitosti koje određuju ponašanje sistema, a proizvoljno ponašanje je dozvoljeno unutar granica postavljenih takvim regulacijama.

4) Pozitivna i negativna petlja

Kompleksnost se može demonstrirati definisanjem sistema od n komponenti i m stanja koje svaka od komponenti može da zauzme, i sračunavajem broja kombinacija kada jedno stanje može postojati ili ne:

$$C = \sum_{n=1}^k (n! k! (n - k)!) \quad (2)$$

Ovo je najjednostavniji izraz kompleksnosti, koji objašnjava haotično ponašanje sistema sačinjenog od velikog broja podsistema, koji međusobno djeluju nelinearno. U ovoj jednačini $n!(n-k)!$ predstavlja povratnu petlju. Kada kriterijum raste, odnosno kada podsystem napreduje unutar takvog sistema, uvijek postoji jedan ili više drugih kriterijuma/podsistema koji napreduju u suprotnom pravcu da bi kontrolisali preovlađujuće ponašanje sistema. Oni mogu zaštititi sistem od dalje progresije da bi pomogli da cijeli sistem ostane stabilan.

Petlja (ponavljanje, rekurzija) je jedna od najvažnijih osobina kompleksnih sistema i javlja tamo gdje ponašanje jednog elementa utiče na ponašanje drugog elementa, pa kroz niz međusobnih relacija efekti inicijalnog uticaja se vraćaju prvom elementu.

U linearnim vezama, ulazni podatak daje rezultat (izlaz) bez primanja ikakvog povratnog uticaja. U nelinearnim relacijama, kao posledica petlje, izlazni podatak se koristi kao ulazni u sledećoj iteraciji. Dok pozitivna petlja može uzrokovati nestabilnost nelinearnog sistema, negativna petlja teži da stabilizuje takav sistem. Ako se ne vrati tačno u stanje u kom je bio, ravnoteža je labilna i sistem zadržava nelinearnost. Ako se vrati na tačno one početne uslove, sistem gubi nelinearnost i prelazi u linearni periodični sistem.

Pozitivna petlja uvijek označava prelazak u novo stanje. Efekat leptira je primjer pozitivne petlje unutar sistema. Pozitivna petlja može biti poželjna ali nekada može voditi strukturnim promjenama i mogućem kolapsu.

5) Osjetljivost na početne uslove („efekat leptira“)

Osjetljivost sistema na početne uslove je jedna od osnovnih karakteristika haotičnih sistema, a znači da veoma male promjene u početnim uslovima kompleksnog nelinearnog sistema mogu rezultirati velikim promjenama u izlaznim podacima.

6) Ograničena predvidljivost

Kada su realni sistemi u pitanju, nije dovoljno poznavati zakone prirode i stanje sistema u početnom trenutku, da bismo mogli predvidjeti precizno ponašanje sistema u budućnosti. Veoma malo odstupanje od inicijalnih uslova postepeno može dovesti do velike promjene u sistemu. Dakle, možemo da predvidimo ponašanje kompleksnog sistema kratkoročno ali ne i dugoročno. Što je broj elemenata veći, teže je predvidjeti rezultate njihovih međusobnih reakcija.

7) Emergencija

Emergencija podrazumijeva ne samo spontano nastajanje, već i viši stepen razvoja novonastalog sklopa, u odnosu na elemente iz kojih nastaje. To znači da se novi sistemi pojavljuju sa novim osobinama, koje ne mogu biti objašnjene samo osobinama njihovih elemenata.

Unutar kompleksnih sistema nastaju složene matrice, bez očiglednog uzroka ili uređenosti. Ponašanje sistema kao cjeline nastaje iz skupa interakcija na nižem hijerarhijskom nivou, o kojima u principu, znamo veoma malo, ali koje rezultuju kompleksnim ponašanjem gledano makroskopski.

8) Samoorganizacija

Mogućnost samoorganizacije je osobina kompleksnih sistema koja im omogućava da se spontano razvijaju ili mijenjaju unutrašnju strukturu tako da se uklope u okolinu. Struktura i ponašanje takvog sistema nisu unaprijed određeni osobinama komponenti sistema, nego su rezultat kompleksnih matrica interakcije između njega i okoline.

Kompleksni sistemi zahtijevaju neku formu kontrolnog mehanizma da zaštiti njihov integritet. Oni se mogu samoorganizovati kroz centre kontrole njihovih podsistema.

9) Adaptibilnost

Samoorganizujući kompleksni sistemi imaju sposobnost da se adaptiraju novoj situaciji u okolini. Ta osobina je rezultat evolutivnog procesa jer sistem ne bi preživio bez mogućnosti prilagođavanja.

10) Međupovezanost (sinergija)

Komponente kompleksnog sistema su povezane na lokalnom nivou i sa okolinom na globalnom nivou. Međupovezanost je takva osobina kompleksnih sistema koja kao rezultat ima efekte grupnog djelovanja, kada sistem pokazuje kvalitet sličan sinergiji.

11) Hijerarhija i nivoi posmatranja sistema

Kompleksan sistem se samoorganizuje kreiranjem uređene hijerarhije veza na nekoliko različitih nivoa razmjere. To su veze između podsistema, podsistema sa cjelinom, cjeline sa okolinom itd. U gradu, to je primjer ulične mreže.

Međutim, ne kreira hijerarhijska struktura uvijek kompleksnost. *Alexander* definiše dva tipa hijerarhija, „drvo“ i „polurešetka“. Oba tipa pokazuju kako skup elemenata ili podsistema pravi sistem hijerarhijske strukture, ali samo ova druga vodi ka kompleksnosti. U „drvo“ strukturi svaki podsistem je potpuno nezavistan od drugih podsistema na njegovom nivou i otuda može sa njima djelovati međusobno samo preko podsistema na višim nivoima. U polurešetkastoj strukturi, gdje su prisutna preklapanja između podsistema istog nivoa, do interakcije može doći vertikalno, horizontalno i ukoso. Nisu samo preklapanja ta različitost, nego još važnije, „polurešetka“ je potencijalno kompleksnija struktura nego „drvo“. „Hijerarhija tipa „polurešetka“ teško može biti uspostavljena odjednom, a ako nedostaje samo jedan povezujući nivo, urbana mreža je patološka“, tvrdi *Salingaros*, i ističe značaj postojanja strukture na svim razmjerama posmatranja sistema. [18]

12) Samosličnost i fraktalna matrica (slika kompleksnosti)

Sa morfološkog aspekta najvažnija karakteristika haotičnog kompleksnog sistema je samosličnost, a to je svojstvo matrice ili slike da je na bilo kom nivou (razmjeri) posmatranja slična cjelini. *Mandelbrot* kaže da je to „geometrija prirode“, a *Batty* da je to „geometrija kompleksnosti“.

Kroz osobinu samosličnosti je naročito vidljiv fizički karakter kompleksnosti. Možemo je shvatiti kao znak da je kompleksni sistem generisan kroz nelinearan proces. Svi kompleksni sistemi se sastoje od takvih matrica sa generisanom strukturom. *Alexander* u svojim istraživanjima tvrdi da je generisana struktura nešto što ima određenu duboku kompleksnost i kreirana je na način da se pojavljuje skoro kao biološka, i dostiže dublje nivoe finije strukture nego one koje su karakteristične za dizajnirane objekte, navodi *Haghani*. [15]

Jasan primjer procesa generisanja fraktalnih matrica možemo vidjeti u logaritamskoj jednačini. Objašnjeno je da je takva matrica rezultat povratnih procesa u otvorenom sistemu. Kako je pokazano ranije, matrice na manjim skalama su slične originalnoj matrici cjeline, tj. cijela matrica ponavlja samu sebe na manjim skalama. *Bhutta* piše da

„matematički, fraktali su slike koje rezultuju iz iteracija nelinearnih jednačina, obično u petlji. Koristeći izlaznu vrijednost za sledeći unos, proizvodi se niz tačaka. Grafička obrada ovih tačaka daje slike. Opet, kreiranjem dovoljnog broja tačaka koristeći računar, matematičari su otkrili ove predivne kompleksne slike, koje su nazvali fraktalima“. [19]

3.3. Fraktali

Riječ fraktal, *Benoit Mandelbrot* prvi put spominje u svojim radovima 1975. godine, a „Fraktalna geometrija prirode“ (1985) je njegovo najznačajnije djelo, koje je otvorilo široko polje primjene fraktala u različitim oblastima. Zbog toga se ovaj matematičar često naziva ocem fraktala. Njegova istraživanja su prvi put objavljena 1967. godine u radu pod naslovom: „*How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension*“ („Koliko je duga britanska obala? Statistička samosličnost i razlomljena dimenzija“) u kom opisuje zavisnost dužine izmjerene obale od razmjere u kojoj se ta dužina mjeri, odnosno od mjerne jedinice. *Mandelbrot* taj fenomen objašnjava svojstvom samosličnosti obale. To je svojstvo objekta da je „sam sebi sličan“, odnosno da u sebi sadrži umanjene kopije samog sebe.

Kad se dužina krive linije mjeri (aproksimira) dužima različitim dužina, kao na slici 16, dobiće se različiti rezultati: mjerenjem najvećom mjernom jedinicom dobija se najmanja dužina te obale, dok se mjerenjem kraćim dužima dolazi do veće dužine obale jer se tada uzimaju u obzir i manje zakrivljenosti obalne linije. U graničnom procesu, kada dužina mjerne duži teži nuli, zbir njihovih dužina teži dužini krive linije.



Slika 16. Ilustracija mjerenja krive dužima različitih dužina

Petruševski to svojstvo objašnjava na primjeru jedne matematičke krive o kojoj će biti više riječi u nastavku. To je tzv. *Koch*-ova kriva, jedan od najpoznatijih fraktala, slika 17.



Slika 17. Određivanje dužine *Koch*-ove krive

„Prva aproksimacija dužine Kohove krive je dužina duži L_0 , određene početnom i završnom tačkom. Dodajući tri tačke između krajnjih tačaka Kohove krive dobija se izlomljena kriva linija koja se sastoji od 4 duži dužine $1/3$.

$$L_1 = 4 \times \frac{1}{3} = \frac{4}{3} \quad (3)$$

Druga aproksimacija je:

$$L_1 = 4 \times \frac{1}{3} = \frac{4}{3}, \text{ itd.} \quad (4)$$

Pa je n-ta iteracija:

$$L_n = \left(\frac{4}{3}\right)^n \quad (5)$$

tj. Kohova kriva je beskonačne dužine“. [22]

Mandelbrot je dao sledeću definiciju fraktala: „Fraktali su skupovi tačaka kojima je fraktalna dimenzija veća nego topološka dimenzija“.

Osnovni pojmovi geometrije - tačka, linija i ravan imaju poznatu topološku dimenziju: tačka 0, linija 1, ravan 2. Međutim, „otac fraktala“ kaže: „Oblaci nisu sfere, planine nisu konusi, razučene obale nisu krugovi, kora drveta nije glatka“, pa time ni Euklidova geometrija sa svojim pravilnim geometrijskim oblicima ne može na najbolji način opisati forme koje pronalazimo u prirodi. [20] Uvodi se tzv. fraktalna dimenzija.

Za fraktale se može reći da su to objekti koji imaju tri važna svojstva: sličnost samom sebi kroz razmjere (samosličnost), fraktalnu dimenziju i nastajanje kroz iteraciju.

Samosličnost je svojstvo objekta da liči sam sebi bez obzira koji njegov dio se posmatra i bez obzira na razmjeru u kojoj se posmatra; svaki njegov dio je umanjena kopija cjeline.

Fraktalna dimenzija naziva se još i razlomljena dimenzija zato što ne mora biti cijeli broj, kao što je to euklidska dimenzija. Ona opisuje i neka svojstva objekta kao što su izlomljenost i hrapavost. Specifično za fraktalnu dimenziju je to što ona ostaje konstantna bez obzira na razmjeru. Možemo reći da ona mjeri porast strukturalnosti (ili pojavljivanja detalja) prilikom zumiranja. Dakle, ona je mjera kompleksnosti posmatrane strukture.

Nastajanje iteracijom znači da se objekat može generisati nekim računskim ili geometrijskim postupkom koji se uzastopno ponavlja, tj. postoji početni objekat - inicijator, u koji se iterativno ugrađuju svojstva drugog objekta - generatora.

Fraktal je „kompleksan, a može biti opisan jednostavnim algoritmom što znači da iza najvećih neravnina i nepravilnosti postoji neka (čak veoma jednostavna) zakonitost“, kaže Petruševski. [21]

Izgled bilo koje obale je tipičan primjer fraktala u prirodi. Postoji još mnogo primjera fraktala u prirodi koja nas okružuje. Neki od njih su: planine, krošnje, oblaci, riječni tokovi, biljke i još mnogi drugi, kao na slici 18.



Slika 18. Prirodni fraktali

Polje primjene fraktala danas je veoma široko, pogotovo za opisivanje prirodnih fenomena. Koriste se u: seizmologiji, biologiji, geologiji, prenošenju signala, medicini, fizici, grafičkom dizajnu, umjetnosti, geografiji, meteorologiji, digitalnoj grafici i fotografiji, kompjuterskom dizajnu, mehanici tla, muzici, analizama različitih prirodnih i društvenih fenomena...

3.3.1. Nastajanje fraktala

Fraktali (u matematičkom smislu) nastaju primjenom iterativnih funkcionalnih sistema u kojima se generator sastoji od jedne ili više skaliranih kopija inicijatora. Nastajanje fraktala, Petruševski objašnjava na sledeći način: „Na svaku od vrijednosti „ulaza“ (X) djeluje niz pravila (funkcija F) i daje određeni „izlaz“ $F(X)$. Izlaz iz funkcionalnog sistema (prva iteracija), preko povratne sprege, postaje njegov novi ulaz i proces se ponavlja, tj. funkcija djeluje na taj novi ulaz i daje novi izlaz (druga iteracija), koji opet preko povratne sprege, može da postane ulaz. Broj izvršenih ciklusa, ponavljanja, naziva se brojem izvršenih koraka ili iteracija.

U geometriji ravni ili prostora ulaz u funkcionalni sistem je geometrijski oblik, a izlaz neka njegova, funkcionalnim sistemom definisana, afina transformacija. Uobičajen naziv za ulaz (početno stanje) je inicijator, a za izlaz generator. Transformacijom (preslikavanjem) inicijatora u generator određen je funkcionalni sistem, pravila u okviru tog sistema, i

samim tim, izlaz posle svake iteracije. Konačni izlaz (dobijeni grafički prikaz) zavisi od broja iteracija, inicijatora i generatora. U sledećoj iteraciji, na svaku od skaliranih kopija inicijatora djeluje sistem istovremeno...

Fraktali u matematičkom smislu postoje samo u graničnom procesu beskonačnog broja izvedenih iteracija. I baš tada se sastoje od djelova koji predstavljaju skalirane kopije samog sebe". [21]

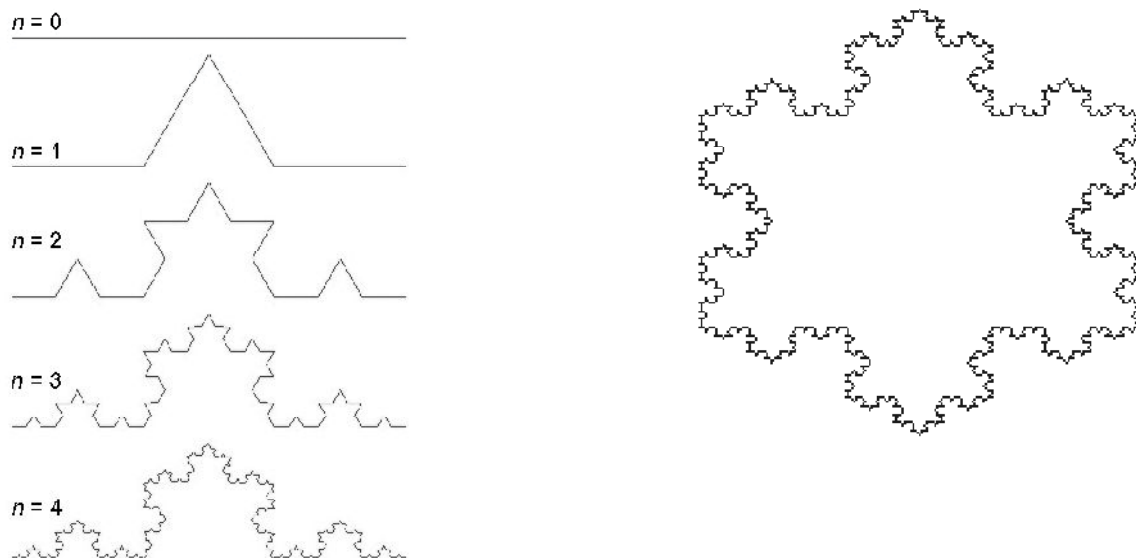
Funkcije koje se koriste kod iterativnih funkcionalnih sistema su afina preslikavanja: rotacija, translacija, skaliranje i refleksija. Svako afino preslikavanje može se vršiti u odnosu na jednu ili obje ose u ravni, odnosno sve tri ose u prostoru.

Fraktali koji nastaju kroz preslikavanja sa istim faktorom skaliranja u pravcu x-ose i y-ose su samoslični fraktali. Ako su faktori skaliranja u pravcu x-ose i y-ose različiti, nastaju samoafini fraktali.

Nastajanje fraktala pokazaćemo na tri poznata primjera, mada je postupak uvijek isti: počinjemo od oblika koji se zove inicijator (ili baza); zatim svaki dio početnog oblika zamijenimo sa drugim oblikom, koja se zove generator (ili motiv); u novodobijenom obliku, ponovo zamjenjujemo svaki dio generatorom.

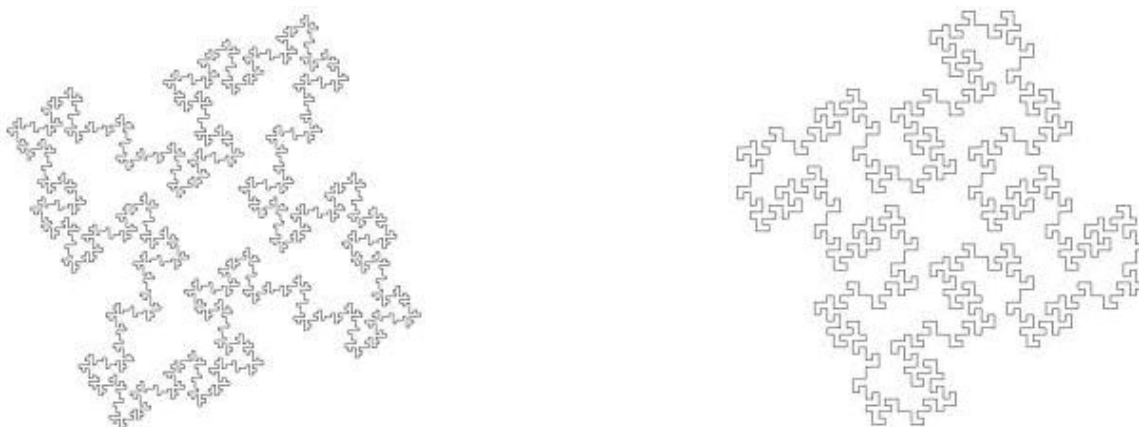
1) Kohova kriva (*N.F.Helge von Koch*)

Inicijator Kohove krive je duž, a ako joj srednju trećinu zamijenimo sa dvije duži koje su duge kao četvrtina početne duži, dobijamo generator. Ako dalje, svaku od duži zamjenjujemo generatorom, dobijamo krivu kao na slici. Spajanjem tri takve krive, dobija se zatvorena kriva poznata pod imenom Kohova pahulja.



Slika 19. Nastajanje Kohove krive (lijevo) i Kohova pahulja (desno)

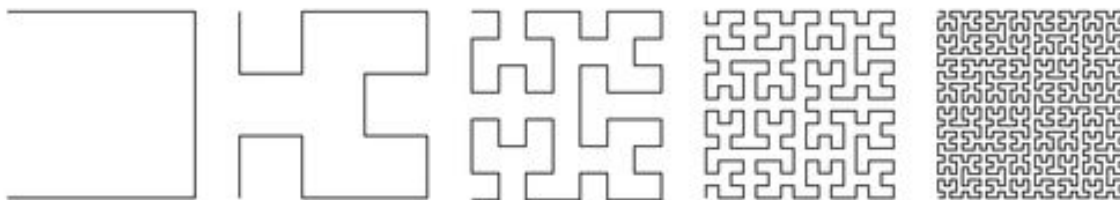
Ako je inicijator poligon, a generator neka kriva ili poligonalna linija, dobijamo razne vrste Kohovih ostrva. Jedan od poznatih primjera je prikazan na slici 20.



Slika 20. Fraktal Kohovo ostrvo, poznat i kao teragon

2) Hilbertova kriva (D. Hilbert)

Hilbertova kriva nastaje zamjenom baze (duž) motivom (otvorena poligonalna linija). Oblik kao na slici 21 dobija se kroz četiri iteracije. Ako bi se iteracije odvijale beskonačno, Hilbertova kriva bi ispunila cijelu površinu, što znači da bi od jednodimenzionalne početne linije prešla u površinu topološke dimenzije 2.



Slika 21. Nastajanje Hilbertove krive

3) Sierpinski trougao (W. Sierpinski)

Kao što se vidi na slici dolje, *Sierpinski* trougao je fraktal koji nastaje kada se baza – trougao zamijeni motivom – istim takvim trouglom čiji je srednji od četiri identična trougla uklonjen.



Slika 22. Nastajanje *Sierpinski* trougla

3.3.2. Tipovi fraktala

Postoji više kriterijuma za klasifikaciju fraktala, ali ako se želi dati sveobuhvatna klasifikacija, u vidu treba imati u vidu način nastajanja fraktala i stepen samosličnosti koji fraktali pokazuju.

Podjela prema načinu nastajanja je sledeća:

- 1) Iterativni funkcionalni sistemi (IFS), koji nastaju iteriranjem geometrijskih pravila nad nekim oblikom (npr. *Koch-ova*, *Hilbert-ova* ili *Pean-ova* kriva). Njih je *Mandelbrot* nazvao linearnim fraktalima. O njima je već bilo govora.
- 2) Matematički generisani fraktali, koji nastaju iteriranjem formule (npr. *Mandelbrot* i *Julia* skup). Njih je *Mandelbrot* nazvao nelinearnim fraktalima.

Mandelbrot skup i *Julia* skup su najpoznatiji primjeri matematički generisanih fraktala. Petruševski ih opisuje na sledeći način [21]:

„*Mandelbrot* skup predstavlja jedinstvo jednostavnosti i kompleksnosti. Veoma jednostavne formule koje sadrže samo množenje i sabiranje kompleksnih brojeva generišu veoma složene i prirodno lepe figure, slike s beskonačno mnogo varijacija“.

Iterativni proces u kompleksnoj ravni koji generiše skupove *Mandelbrot* i *Julia* je oblika:

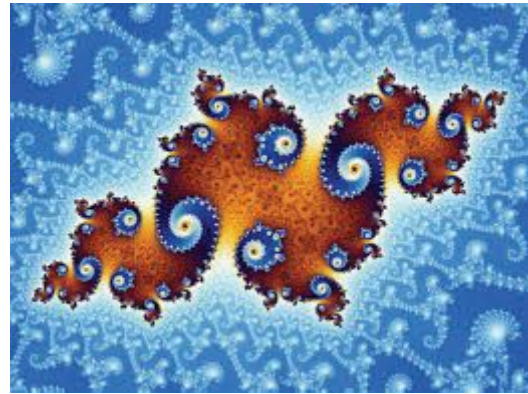
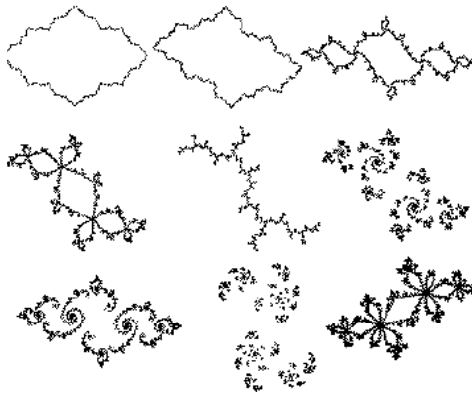
$$z_{n+1} = z_n^2 + c \quad (6)$$

gdje su z i c kompleksni brojevi. Proces započinje izborom brojeva z_0 i c koji daju z_1 , iz koga se dobija z_2 itd.

Polje *Julia* skupa K_c se definiše za svaki kompleksan broj c . Za svaku tačku z_0 kompleksne ravni, generiše se niz z_1, z_2, z_3, \dots . Ako niz ne odlazi u beskonačnost nego je ograničen, z_0 pripada K_c , a ako teži beskonačnosti – onda z_0 ne pripada polju K_c . Kriterijum za provjeru je rastojanje tačke (člana niza) z_j od koordinatnog početka – ako je ono veće od 2, niz odlazi u beskonačnost. Potreban broj iteracija da se dođe do takvog člana niza može biti veliki. Zato je u praksi potrebno utvrditi maksimalan broj iteracija. Ukoliko posle toliko iteracija, rastojanje nije veće od dva, smatra se da z_0 pripada polju K_c i pikselu z_0 se dodjeljuje crna boja. Ako se pojavi član niza z_j za koje je rastojanje od koordinatnog početka veće od 2, onda se piksel z_0 boji različitim nijansama zavisno od broja potrebnih iteracija da se pojavi takav z_j . Ako je $z_j = z_1$ onda se piksel z_0 boji u bijelo.

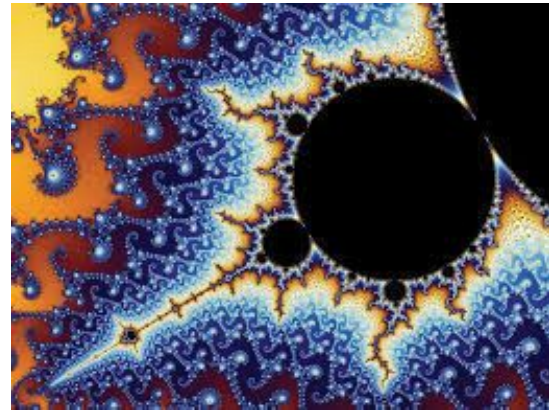
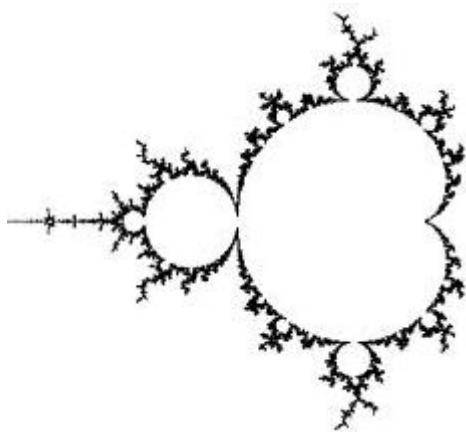
Julia skup je granica polja K_c .

Isti iterativni proces za različite vrijednosti parametra c generiše različite *Julia* skupove.



Slika 23. Julia skupovi

Mandelbrot skup nastaje u sličnom iterativnom postupku, gdje je početna vrijednost $z_0=0$, a formira se u parametarskoj ravni istom logikom kao *Julia* skupovi: za svaku tačku c kompleksne parametarske ravni, generiše se niz z_1, z_2, z_3, \dots . Ako niz ne odlazi u beskonačnost, onda c pripada *Mandelbrot* skupu, a ako odlazi onda ne pripada.



Slika 24. Mandelbrot skup

- 3) Prirodni fraktali (ili „slučajni“, kako su negdje u literaturi prevedeni, a sa čim se ne bismo mogli složiti). Nastaju obično u prirodi kao posledica prirodnih procesa i upravo njihova geometrija je dokaz da se u prirodi ništa ne odvija slučajno, već po određenim zakonima. Njih karakteriše ograničen broj iteracija (npr. paprat, brokoli, reljef...).

Prema stepenu samosličnosti tipovi fraktala su:

- 1) Samoslični fraktali, fraktali geometrijske samosličnosti; svaki dio fraktala je identična kopija cjeline, na bilo kojoj skali posmatranja; to su najčešće IFS.
- 2) Samoafini fraktali, fraktali geometrijskog samoafiniteta; pojavljuje se samosličnost na pojedinim skalama posmatranja, odnosno djelovi fraktala nisu identične kopije cjeline, već sadrže i neku deformaciju u odnosu na original; to su najčešće

matematički fraktali. *Batty*: „Objekti koji su deformisani ili skalirani u odnosu na fraktal na drugim razmjerama su i dalje fraktali, iako njihovo skaliranje obuhvata svojstvo samoafiniteta, prije nego samosličnosti“. [3]

- 3) Fraktali statističke samosličnosti, kod kojih se invarijantnost razmjere prepoznaje samo aproksimativno; ovoj grupi pripadaju prirodni fraktali.

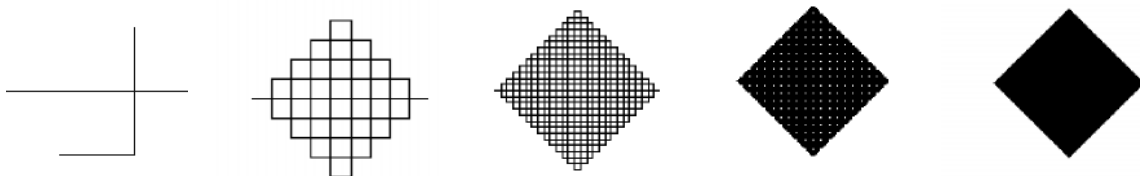
3.4. Fraktalna dimenzija

Euklidska (topološka) dimenzija nekog geometrijskog oblika se vezuje za koordinatni sistem, odnosno broj koordinatnih osa, u kome se može predstaviti geometrijski element, pa slijedi da tačka nema dimenziju (0), linija ima 1, kvadrat ima dimenziju 2, a kocka 3.

Iako je ljudski um naviknut na cjelobrojnu dimenziju preko 2500 godina, *Mandelbrot* otkriva da većina objekata u našoj okolini pokazuje dimenziju koja nije cio broj, tzv. fraktalnu dimenziju. Necjelobrojna dimenzija je pogodnija za analizu organskih formi, nego cjelobrojna euklidska dimenzija. Značenje racionalne fraktalne dimenzije je suštinsko za razumijevanje fraktalne teorije i njene primjene.

Ideja dimenzije fraktala javila se prilikom uočavanja da se podesnim savijanjem prave linije dimenzije 1 može popuniti kvadrat dimenzije 2, što je na slici 21 prikazano na primjeru tzv. Hilbertove krive. [21]

Sličan primjer je *Pean*-ova kriva, koja nastaje tako što se duž (inicijator - jednodimenzionalan geometrijski element) zamijeni oblikom na slici 25:

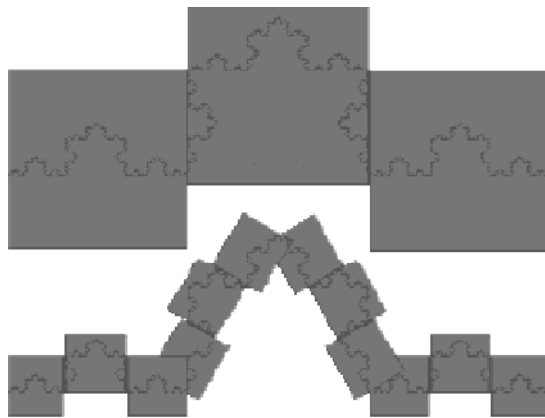


Slika 25. Nastajanje *Pean*-ove krive kroz 5 iteracija

Ako se i u sledećim iteracijama svaka duž zamijeni odabranim oblikom, dobija se tzv. *Pean*-ova kriva, koja popunjava čitav kvadrat (topološka dimenzija 2)! Pojam topološke dimenzije ne odgovara u ovom slučaju.

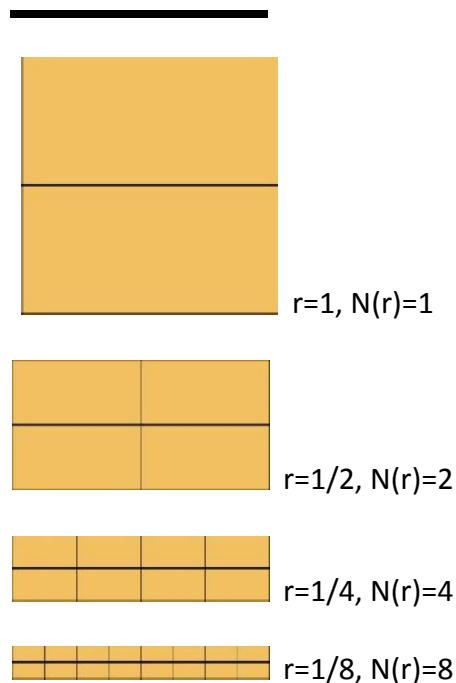
Za fraktalnu dimenziju bi se moglo reći da je to broj koji „mjeri“ koliko dobro neki objekat ispunjava prostor u kom se nalazi.

Kohova kriva je primjer krive koja ima beskonačnu dužinu. Ako pokrivamo krivu boksovima (kvadratima ili pravougaonicima) dužine stranice r , kao što je prikazano na slici 26, tada je potrebno $N(r)$ boksova da pokriju dužinu. Znači da je dužina jednaka $N(r)*r$,



Slika 26. Pokrivanje Kohove krive kvadratima

gdje $N(r)$ predstavlja broj kvadrata, $N(r)*r$ aproksimaciju dužine, a $N(r)*r^2$ površine.



Slika 27. Pokrivanje duži kvadratima stranice r , pri čemu se r smanjuje u svakoj narednoj iteraciji

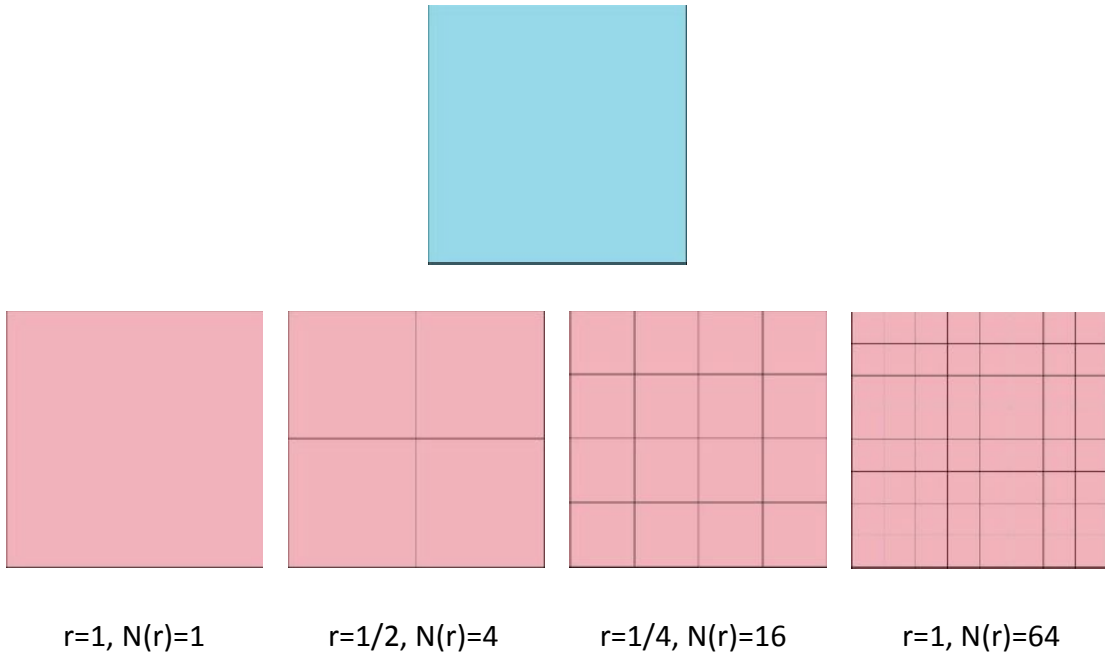
Sa slike 27 se vidi da ako se pokriva duž dužine r , broj kvadrata potreban za pokrivanje zavisi od dužine stranice r : ako je kvadrat stranice r , potreban je 1 kvadrat; ako je kvadrat stranice $r/2$, potrebna su dva kvadrata; ako je kvadrat dužine $r/4$, četiri kvadrata itd.

Izraženo formulom, broj kvadrata potrebnih za pokrivanje ove duži je:

$$N(r) = \left(\frac{1}{r}\right)^2 \quad (7)$$

Ako se pokriva kvadratna površ, kvadrat na slici 28, onda je potreban broj kvadrata stranice r:

$$N(r) = \left(\frac{1}{r}\right)^2 \quad (8)$$



Slika 28. Pokrivanje površine kvadratima stranice r, koja se smanjuje u svakoj narednoj iteraciji

Ako pokrivamo kocku, kockama stranice r: $N(r) = \left(\frac{1}{r}\right)^3 \quad (9)$

Uopšteno, za složene geometrijske figure: $N(r) = k \times \left(\frac{1}{r}\right)^D \quad (10)$

Iz ovoga slijedi da je dimenzija fraktala, dobijena metodom pokrivanja:

$$\log N(r) = \log k + D \times \log \left(\frac{1}{r}\right) \quad (11)$$

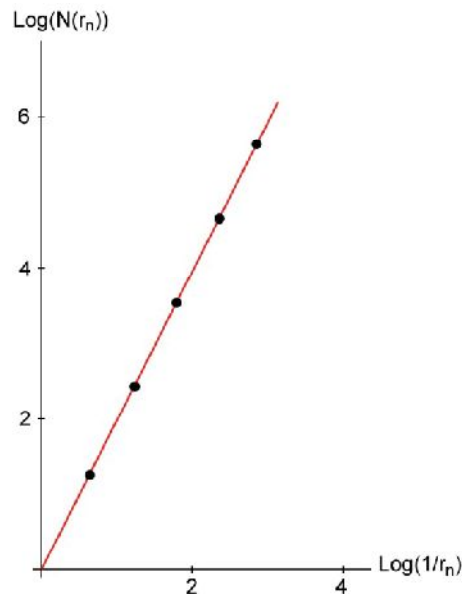
$$D = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\log N(r)}{\log \left(\frac{1}{r}\right)} \quad (12)$$

Odnosno, za dovoljno malo r:

$$D \approx \frac{\log N(r)}{\log \left(\frac{1}{r}\right)} \quad (13)$$

Predstavljeno grafički, pri čemu je D koeficijent pravca:

$$\log N(r) = \log k + D \times \log \left(\frac{1}{r} \right) \quad (14)$$



Slika 29. Grafik zavisnosti N od r

Kod samosličnih fraktala, formula za dimenziju dobija jednostavniji oblik. Ako je r - faktor skaliranja ($0 < r < 1$), N - broj kopija skaliranog inicijatora, onda se fraktalna dimenzija dobija iz:

$$D = \frac{\log N}{\log \frac{1}{r}} \quad (15)$$

Kod linearnih fraktala, fraktalna dimenzija ostaje konstantna kroz sve razmjere posmatranja, dok kod nelinearnih ona varira.

Primjeri iz prirode, kao što su korijen drveta, krvni sudovi, mozak, pluća i dr., pokazuju dobro popunjavanje prostora u kom se nalaze. Na sličan način i mreža ulica u gradu teži da zađe u svaki dio grada, da stigne do svakog objekta. Fraktalna dimenzija krive je mjera njene izlomljenosti, fraktalnosti.

Više definicija fraktalne dimenzije je dato do danas, kroz različita istraživanja. *Mandelbrot* (1977) je definisao dimenziju samosličnosti; *Falconer* (1990) *Hausdorff*-ovu dimenziju, kao i dimenziju informacije; *Block* (1990) „*Box-counting*“ dimenziju (prebrojavanje kvadrata) i *Addison* (1997) dimenziju korelacije.

U naučne svrhe najviše je korišćena *box-counting* dimenzija pa je i najviše zastupljena u gotovim računarskim alatima za fraktalnu analizu i na taj način se lako i automatski izračunava.

3.4.1. Metode za mjerenje fraktalne dimenzije

Zavisno od oblika i prirode strukture čija se fraktalna dimenzija mjeri, jedna metoda ili više njih mogu biti odgovarajući. Sve metode se zasnivaju na istom principu logaritamske jednačine i nastoje da formulišu odnos između dimenzija objekta (dužina, površina, obim...) i različitih razmjera na kojima se fraktalna dimenzija mjeri.

Box-counting dimenzija, dimenzija korelacije i radijalna analiza su vrlo primjenljive kada je u pitanju mjerenje fraktalne dimenzije urbanih formi uključujući urbane matrice i gradske granice, koje su i centralna tačka ovog istraživanja. Ipak, sve se zasnivaju na razdvajanju naseljenih i nenaseljenih područja (zauzetih i slobodnih piksela, kada je u pitanju slika naselja) po binarnoj logici - dodjeljivanju jedne boje zauzetim pikselima i druge boje slobodnim. Na taj način može se opisati distribucija izgrađenih površina na nekom prostoru.

Proces mjerenja se sastoji od prebrojavanja zauzetih piksela i procjene dobijenih grafika. Za svaku od metoda koje slijede, procesi prebrojavanja imaju sledeće sličnosti:

- odvijaju se kroz iteracije;
- u svakoj iteraciji prebrojava se broj crnih (zauzetih) piksela koji pripadaju označenom „prozoru“ (*window*);
- kroz iteracije, taj „prozor“ se uvećava, čime se simulira promjena razmjere, odnosno nivo na kome se slika analizira. Na taj način za svaku razmjeru posmatranja dobija se novi broj zauzetih piksela;
- crta se grafik, na kome jednu osu predstavlja veličina prozora, a drugu broj zauzetih piksela u njemu.

U zavisnosti od toga kako se biraju pojedini parametri analize, izdvojile su se sledeće metode [22]:

1) Metoda rešetke

Slika koja se analizira prekriva se „rešetkom“ čiji su otvori kvadratnog oblika dužine stranice ϵ . Ta vrijednost se kroz iteracije mijenja, i za svako ϵ prebrojava se broj kvadrata mreže koji sadrže zauzete piksele $N(\epsilon)$. Crta se grafik ove zavisnosti i upoređuje sa fraktalnim zakonom.

2) Metoda radijus-masa

Ovaj metod podrazumijeva odabir određene tačke kao centra prebrojavanja i daje zakon raspodjele zauzetih mjesta oko te tačke. Iscrtava se kružnica sa centrom u toj tački, pa se

njen poluprečnik postepeno povećava. Na svakom koraku prebrojava se broj zauzetih piksela unutar posmatranog kruga.

3) Metoda dilatacije

Svaka zauzeta tačka se zamijeni kvadratom stranice ε , i ta površina se smatra potpuno zauzetom. Veličina ovih kvadrata se postepeno povećava, a mjeri se ukupna zauzeta površina $A(\varepsilon)$ na svakom koraku. Kako iteracije odmiču, svi detalji sa slike manji od ε nestaju i dobija se aproksimacija prvobitne forme. Dijeljenjem ove ukupne površine površinom kvadrata ε^2 , dobija se aproksimativno broj elemenata $N(\varepsilon)$ potrebnih da prekriju cjelinu.

4) Metoda korelacije

Kod ove metode se oko svake tačke analizirane slike iscrtava kvadrat odabrane dimenzije. Broj zauzetih piksela unutar svakog prozora se prebrojava i dalje sračunava srednji broj piksela po prozoru date dimenzije. Zatim se veličina prozora povećava i postupak se ponavlja. Iscrtava se grafik na način kako je već rečeno.

5) Gausova konvolutivna metoda

Kada je objekat analize kriva, može se primjeniti ovaj metod analize. U svakoj iteraciji kriva postaje sve više glatka. Promjenljiva koja se nanosi na apscisu, ovdje je varijansa (disperzija, σ^2) Gausove funkcije, a na ordinatu se nanosi dužina krive (izražena preko broja piksela) podijeljena varijansom.

6) Metoda boksova (*box-counting*)

Ova metoda se zasniva na iznalaženju najmanjeg broja kvadrata stranice ε , potrebnog da se prekriju svi zauzeti pikseli. Algoritam dolazi do ovog minimuma u beskonačnosti, pa je rezultat koji realno dobijamo samo aproksimacija optimalnog pokrivanja slike. I ovdje se nanosi niz tačaka i dobija kriva na grafiku čija je apscisa ε , a ordinata $N(\varepsilon)$.

Procjena krive dobijene nanošenjem niza tačaka (empirijska kriva) vrši se tako što se ona upoređuje sa računskom krivom. Ako empirijska kriva slijedi fraktalni zakon, veoma je bliska računskoj krivoj koja je eksponencijalna (parabolična ili hiperbolična):

$$N = \varepsilon^D \text{ ili } N = \varepsilon^{-D} \quad (16)$$

U programu *Fractalyse*, koji je u ovom radu i poslužio za jedan broj mjerenja, dozvoljavaju se i sledeće aproksimacije:

$$\begin{aligned} N(\varepsilon) &= a * \varepsilon^D \\ N(\varepsilon) &= \varepsilon^D + c \\ N(\varepsilon) &= a * \varepsilon^D + c, \end{aligned} \quad (17)$$

gdje c odgovara vrijednosti ordinate, a a se zove faktor oblika i ukazuje na lokalne devijacije od fraktalnog zakona (u realnim strukturama, ne očekujemo da će raspodjela izgrađenih područja slijediti striktno fraktalni zakon, pa takve slučajne devijacije obuhvatamo ovim parametrom).

Jedna od mogućnosti da se aproksimira empirijska kriva je linearna logaritamska regresija gdje se računski kriva transformiše logaritamskom transformacijom.

Tada jednačina $N = \varepsilon^D$ postaje:

$$\log(N(\varepsilon)) = \log(\varepsilon^D) \Rightarrow \log(N(\varepsilon)) = D * \log(\varepsilon) \quad (18)$$

Ako se na apscisu nanese vrijednost $\log(\varepsilon)$, a na ordinatu $\log(N(\varepsilon))$, računski funkcija postaje linearna, a njen nagib predstavlja fraktalnu dimenziju D .

Rezultujući grafik obično nije prava linija, osim kod samosličnih linearnih fraktala. Kod samoafinih fraktala, nagib linije varira za različite razmjere ispitivanja.

Jasno je da poklapanje empirijske krive sa računskom može biti bolje ili lošije. U cilju procjene kvaliteta poklapanja, provjerava se koeficijent korelacije. Ako je poklapanje perfektno, koeficijent korelacije iznosi 1.0000. U praksi se to ne dešava, već se za dobro poklapanje proglašava ono za koje je ovaj koeficijent veći od 0.999, a za loše ono za koje je koeficijent korelacije manji od 0.999.

Kada je objekat analize naselje, kao što je u ovom radu slučaj, često se dešava da dva metoda ne daju identične rezultate kada se primjene na isto područje, zbog činjenice da urbane matrice nisu ekvivalentne teorijskim fraktalima i često pokazuju osobine multifraktala. Svaki metod mjeri različite osobine područja i zato ih je potrebno kombinovati.

4. PRIMJENA TEORIJE KOMPLEKSNOSTI I FRAKTALNE GEOMETRIJE NA OBLIKOVANJE GRAĐENE SREDINE

4.1. Uvod

Teorija kompleksnosti i fraktali mogu se primjeniti na mnoge prirodne i vještačke sisteme čija dinamika, tj. međusobno djelovanje lokalnih faktora generiše uređene matrice. Fraktalna teorija daje objašnjenje kompleksnosti koja nastaje u formi i strukturi takvih sistema.

U *Fractal Cities*, nezaobilaznoj knjizi kada je ova tema u pitanju, fraktalna geometrija se opisuje kao „geometrija poretka kroz više razmjera, geometrija organizovane kompleksnosti“. Autori zaključuju da gradovi kao većina realnih sistema pokazuju beskonačnu kompleksnost i da ta činjenica mora promijeniti naše koncepte urbanog planiranja koji su do sada bili pojednostavljeni i nerealni. [3]

4.2. Fraktalnost – inherentno svojstvo čovjekovog okruženja

Na fraktalne strukture nailazimo u mnogim oblastima nauke (više o tome u poglavlju broj 3), pa je sve veći broj istraživača koji fraktalnoj teoriji pristupaju sa različitih polja istraživanja, od nauke do umjetnosti. Navešćemo najznačajnije.

Salingaros i *Padron* (2000), razmatraju pitanje fraktalnosti sredine koja nas okružuje i njenog uticaja na čovjeka. *Salingaros* piše da na čovjeka utiče ono što vidi, tj. njegova okolina, te da je ljudski um fraktalan iz razloga što je njegova okolina fraktalna. „Ljudska bića su okružena fraktalima milionima godina. Veliki dio strukture našeg uma dolazi iz ove prastare veze. Tek od skoro smo okruženi strukturama koje nisu fraktalne“. [4]

Moderne gradove *Salingaros* kritikuje kao anti-fraktalne, zasnovane na geometrijskoj matrici krupne razmjere, koja nastaje zbog prilagođavanja grada potrebama saobraćaja i ubrzanom rastu populacije. Za razliku od njih, tradicionalni gradovi posjeduju svojstva

raznolikosti, slikovitosti, čovjeku primjerene razmjere, a on to povezuje sa njihovim fraktalnim svojstvima.

Salingaros navodi *Jung*-ovo učenje: „Estetsko iskustvo u umjetnosti sastoji se od podizanja arhetipskih slika u svjesni um, u smislu stimulusa generisanih umjetničkim djelom. Ove arhetipske slike su deponovane u kolektivnom podsvjesnom. Upravo kako ljudsko tijelo čuva tragove naših predaka sisara, tako i ljudski um skladišti slike utisnute u najdublji dio naše psihe - strukture i modele uhvaćene tokom naše evolucije. Naši instinktivni sudovi o nečem su upravljani univerzalnim arhetipovima, koji su konfigurisani interakcijom ljudskih bića sa njihovom okolinom tokom različitih faza naše evolucije“. *Salingaros* dodaje da su ti arhetipovi nalik nekim povezujućim strukturama, slikama koje um kodira u cilju momentalnog prepoznavanja nekih pojmova. On dalje ukazuje na to da su prirodne strukture fraktalne, nasuprot građenim strukturama, kod kojih samo u rijetkim primjerima, najčešće tradicionalnim, srećemo fraktalnost. Naša okolina, ono što vidimo, djeluje na nas, zato je i naš um fraktalan. On se zalaže za ekološki pristup planiranju, tj. za povezivanje čovjeka sa njegovom okolinom. Fraktalnost starih gradova je u najvećem dijelu poništena i time je ljudsko biće odvojeno fizički i psihološki od okoline, što kao posledicu daje nepogodnu sredinu za život, a pogotovo odrastanje. Gubimo podršku od okoline koju je naš um koristio da gradi svoju mentalnu strukturu. [4]

Ako je fraktalni princip način na koji se i priroda organizuje, kako je to pisao *Mandelbrot*, onda je očekivano da i ljudska bića na isti način doživljavaju svoju okolinu.

Mišljenje da ljudski um reaguje na stepen kompleksnosti je možda najbolje sumirano u tvrđenju njemačkog fizičara *Gert Eilenberger*-a: „Zašto siluetu munje koja pogađa ogoljeno drvo i ocrtava se na zimskom večernjem nebu doživljavamo lijepom... Odgovor, čini mi se, slijedi iz novih uvida u dinamičke sisteme. Naš osjećaj za lijepo je inspirisan harmoničnim rasporedom reda i nereda kakav se javlja kod objekata u prirodi – oblaka, drveća, planinskih masiva ili kristala leda. Njihovi oblici jesu dinamički sistemi zgusnuti u fizičke forme, a kombinacije uređenosti i neuređenosti su tipične za njih“. [15]

Sa aspekta kompleksnosti možemo takođe sagledati i holistički pristup nauci, čovjeku, životu... Holistički pristup je onaj koji podučava o cjelosti i koji je svojstven „cijeloj osobi“. Kao što smo vidjeli, u kratkom pregledu razvoja nauke u poglavlju 3, dosadašnja nauka je bila primjerena prevashodno analitičkom umu koji teži da u potpunosti kontroliše procese. Danas se, po teoriji lateralizacije, analitičko mišljenje pripisuje samo lijevoj moždanoj hemisferi, a postoji i drugi dio (druga polovina!) ličnosti koji ima veze sa intuitivnom percepcijom cjeline – za šta je zadužena desna hemisfera... Taj drugi dio nas je sposoban za doživljaj kompleksnosti okruženja, doživljaj ljepote u prirodnim fraktalima o kome govore *Eilenberger* i *Mandelbrot*. Kako je vijekovima unazad dominirala aktivnost lijeve hemisfere, a specijalizacije desne hemisfere (možda čak i namjerno) marginalizovane, nije neočekivano to što savremeni čovjek osjeća nedostatak smisla i nema pred sobom jasnu sliku cjeline.

Stoga je od velikog značaja podržati kompleksnost sredine koja nas okružuje, a prilikom odlučivanja o građenoj sredini imati u vidu da fraktalni pristup može doprinjeti konačnom čovjekovom „ucjeljenju“, odnosno poželjnoj aktivaciji obje moždane hemisfere.

4.3. Kompleksnost urbanih sistema

Premda je sagledavanje urbanih sistema kroz teoriju kompleksnosti relativno nova ideja, rezultati do kojih se došlo u dosadašnjim razmatranjima ukazuju na to da gradski sistemi pokazuju fraktalnu strukturu. Iz tog razloga potrebno je iznova sagledati neke njihove osobine koje su do sada smatrane suviše kompleksnim da bi bile analizirane, pa je kao posledica toga problematika urbanih sistema bila pojednostavljivana.

Ne postoji opšteprihvaćena definicija termina kompleksnosti, a u literaturi razni istraživači navode različite karakteristike kompleksnih sistema preko kojih se teorija može bolje razumjeti. Svaka od tih karakteristika može biti razmatrana i u gradskom sistemu, pa možemo tvrditi da su gradovi kompleksni sistemi, a time i „dobri kandidati za primjenu teorije kompleksnosti i fraktalne geometrije“ (*Batty*).

U prethodnom poglavlju su navedene najvažnije karakteristike kompleksnih sistema, a ovdje će biti ukazano na iste osobine gradskih sistema (veliki broj činilaca u interakciji; efekat sinergije; nepredvidljivost; petlja; osjetljivost sistema na početne uslove; emergencije; samoorganizacije; adaptacija; hijerarhija veza; samosličnost), kako bi se potvrdila opravdanost primjene teorije kompleksnosti i fraktala na polju urbanizma. [15]

U urbanim sistemima definitivno postoji veliki broj činilaca koji djeluju međusobno u dinamičkoj interakciji, a najočigledniji primjer za to su socio-ekonomski odnosi između činilaca. Sama povezanost elemenata na lokalnom nivou i njihova povezanost sa okolinom daje efekat sinergije, što proizvodi određeni kvalitet matrice grada ili procesa u njemu.

Redukcionistički pogled na grad (koji pretpostavlja da pozicija svakog elementa može biti određena unaprijed, a kompozicija takvih elemenata formira cijeli grad) zanemaruje određeni kvalitet, koji kao emergentna osobina može nastati iz te interakcije. Jedan oblik tog redukcionizma predstavljaju zoniranje i mape namjene površina kao način planiranja.

Unutar kompleksnog sistema, proizvoljno ponašanje činilaca se javlja bez narušavanja pravila koja vladaju u cijelom sistemu. Ovo znači da postoje neke zakonitosti koje određuju ponašanje sistema, a u slučaju grada to mogu biti politika planiranja, regulative, pravila upravljanja... Unutar tih i takvih regulacija dešavaju se sve nepredvidive odluke i akcije pojedinaca i zajednica kao slobodnih činilaca koji djeluju u urbanom kontekstu.

Petlja (ponavljanje, rekurzija) je jedna od najvažnijih osobina kompleksnih sistema pa se i u urbanim sistemima javlja tamo gdje ponašanje jednog elementa izaziva reakciju drugog

elementa ali se kroz niz međusobnih relacija, efekti njegovog inicijalnog uticaja vraćaju prvom elementu. Kada govorimo o gradu, glavni uzročnik petlje su sami stanovnici, korisnici tog prostora: kroz percepciju svoje okoline i dešavanja u njoj, oni djeluju ili reaguju u smislu pozitivne ili negativne petlje. Ovdje najviše do izražaja dolazi demografski i socio-kulturni aspekt urbanizacije.

Osjetljivost sistema na početne uslove („efekat leptira“) znači da će veoma male promjene u početnim uslovima kompleksnog nelinearnog sistema rezultirati velikim promjenama u izlaznim podacima, moguće na dugoročnom planu ili u velikim razmjerama. Ove male promjene u gradskom sistemu obično djeluju na način što indukuju nove promjene. Jedan činilac djeluje na drugi, drugi na treći, itd. u višestrukom efektu koji kao rezultat može dati veliku promjenu cijelog sistema.

Već je navedeno da je moguće predvidjeti ponašanje kompleksnog sistema kratkoročno ali definitivno ne i dugoročno, tim teže što je broj elemenata veći. Gradovi imaju veliki broj nezavisnih faktora koji čine konačnu formu grada nepredvidivom. Saznanja o ograničenoj predvidljivosti urbanih sistema dovode u pitanje konvencionalno master planiranje koje pokušava da primjeni determinističke principe na planove grada.

Svojstvo emergencije koje je takođe karakteristično za kompleksne sisteme, a podrazumijeva ne samo nastajanje, već i viši stepen razvoja novonastalog sklopa, u odnosu na elemente iz kojih nastaje, može se uočiti i kod gradova. Iako gradska jezgra, urbani nukleusi, mogu nastati u vremenski bliskom trenutku, na sličnom terenu i u istoj kulturi, pa i imati sličnu matricu (primjer kastruma), svaki grad će se razvijati drugačije i imati svoj identitet.

Mogućnost samoorganizacije je osobina kompleksnih sistema koja im omogućava da se razvijaju ili mijenjaju unutrašnju strukturu spontano na takav način da se uklape u okolinu. Primjer samoorganizacije u rastu grada je razvoj lokalnih uprava. One nisu u jednom trenutku osmišljene i implementirane, već su se razvijale, mijenjale, samoorganizovale kao odgovor na promjenljive potrebe korisnika prostora, najčešće u smislu poboljšanja uslova života u gradu.

Samoorganizujući kompleksni sistemi imaju sposobnost da se adaptiraju novoj situaciji u okolini, što se u gradskim sistemima najbolje uočava na primjeru proširivanja saobraćajnica ili preparcelacije unutar postojećeg sistema ulica.

Kompleksan sistem se samoorganizuje kreiranjem uređene hijerarhije veza na nekoliko različitih nivoa razmjere. To su veze između podsistema, podsistema sa cjelinom, cjeline sa okolinom itd. U gradu, to je primjer ulične mreže koju sagledavamo počevši od najmanje razmjere - pješačkih putanja, pa sve do saobraćajnica velikog kapaciteta. Ipak, potrebno je uspostaviti takvu hijerarhijsku vezu elemenata da ni jedan povezujući nivo ne nedostaje, „jer u tom slučaju bi urbana mreža bila patološka“, tvrdi *Salingaros*. [18]

Sa morfološkog aspekta najinteresantnija karakteristika haotičnog kompleksnog sistema je samosličnost. Fraktalne strukture se karakterišu ponavljanjem istih principa raspodjele elemenata kroz mnogo razmjera posmatranja. Ponavljanje istog principa distribucije znači ponavljanje izmjene slobodnih i zauzetih mjesta pri čemu nije neophodna repeticija iste forme, a što prepoznajemo u slučaju gradova.

Kroz prizmu teorije kompleksnosti, možemo zaključiti da su gradovi kompleksni sistemi jer se razvijaju kroz postepene akcije lokalnih činilaca – korisnika prostora i veza između njih, koje generišu visoko uređene matrice, a mala promjena u ponašanju lokalnih činilaca može rezultirati neočekivanim osobinama urbanih matrica. Pokušaj da se takve matrice unaprijed odrede master-planom, značio bi nerazumijevanje prirode urbane promjene koja se odvija od manjih ka većim razmjerama. Ipak, nerijetko se baš to dešava, da se problemi urbane sredine pojednostavljaju, a sve u cilju veće kontrole nad njom kroz planiranje „odozgo“.

Budući da se urbanizacija razmatra sa više aspekata (istorijsko-geografski, demografski, socio-ekonomski, socio-kulturni, prostorno-fizički), i osobine kompleksnosti gradskih sistema treba tražiti u okviru njih. Ipak, jedan od ovih aspekata se izdvaja po tome što se svi ostali oslikavaju, reflektuju, u njemu, a to je prostorno-fizički. Stoga ćemo se u ovom radu posebno osvrnuti na tu činjenicu, tim prije što je taj aspekt urbanizacije prirodno najlakše povezati sa fraktalom, koji je specifičan „otisak“ procesa koji su doveli do njegovog stvaranja. U tom smislu će se i odvijati ovo istraživanje.

4.4. Dosadašnja primjena fraktalne geometrije u oblikovanju građene sredine

Primjena fraktalne geometrije u arhitekturi je tema obrađivana od strane nekoliko istraživača (*Vaughan, Ostwald, Bovill, Cooper, Haghani...*) koji su ispitivali fraktalnost objekata, fasada, ulica, gradskih obrisa i sl.

Međutim, u ovoj disertaciji se zadržavamo isključivo na analizi prve projekcije urbane matrice. U tom smislu, dosadašnja primjena fraktalne geometrije u oblikovanju građene sredine generalno se odvijala na dva načina.

Prvi način se odnosi na korišćenje fraktalnog koncepta u oblikovanju građene sredine, a drugi na upotrebu fraktalne analize u smislu procjene karakteristika građene sredine (gde je fraktalna dimenzija služila kao mjera kompleksnosti forme objekta).

Drugi vid primjene fraktalne geometrije je značajniji i interesantniji za ovaj rad, jer se na dosadašnja istraživanja u tom smislu i nadovezuje, ali ćemo se prethodno osvrnuti i na to

što fraktalni koncept predstavlja, zbog velike važnosti fraktalnosti čovjekovog okruženja za njegovo dobrostanje, o čemu je već bilo govora.

4.4.1. Fraktalni koncept u oblikovanju građene sredine

Kod upotrebe fraktalnog koncepta u dizajnu generalno, prvenstveno se koristi ideja samosličnosti i hijerarhije. Nerijetko za posledicu ima specifičan vizualni kvalitet koji proizilazi iz dobre integrisanosti različitih elemenata cjeline. Istorijski gledano, možemo reći da je korišćen uglavnom intuitivno ili sintezom različitih znanja koja su bila u posjedu društvenih zajednica koje su gradile na taj način.

Iako do 80-ih godina prošlog vijeka nije bila poznata veza samosličnosti i fraktala, u prošlosti postoji mnogo primjera u kojima je ta ideja primjenjena, najčešće u cilju stvaranja hijerarhijske strukture elemenata, a imitirajući forme iz prirode. Pri tom su, tradicionalni koncepti koristili procese koje im je priroda i trenutak tehnološkog (i njihovog ukupnog civilizacijskog!) razvoja nametala, dok se moderni koncepti ograničavaju na linearne geometrijske procese koji proizilaze iz kartezijanske paradigme i njoj svojstvene euklidske geometrije. Dakle, možemo utvrditi da je razlika između tradicionalne i savremene arhitekture u različitim geometrijskim procesima koji ih stvaraju.

Poznati primjer oblikovanja grada kroz povećanje kompleksnosti njegove granice je *Cittadela* u Lille-u. *Vauban*, najpoznatiji vojni inženjer XVII vijeka, je koristio geometriju da značajno poveća odbrambenu moć utvrđenja na sledeći način: pošto su sa pojavom topova, stari srednjovekovni zidani zidovi postali nedovoljni, oko njih su dodati nabijeni nasipi i jarak čiji je glavni tok obezbjeđivao prostor van dometa neprijateljske vatre. Uglovi su zato istureni i prošireni u topovske kule trougaonog oblika, da bi se obezbijedio potreban domet odbrambene vatre. Sledeći korak je bio da ga obuhvate iskopani rovovi u cik-cak matrici. Vojni inženjeri su u još jednoj ili više iteracija, korigovali pobredljive uglove utvrđenja, te je geometrijska dubina ovakvog koncepta utvrđenja rasla.

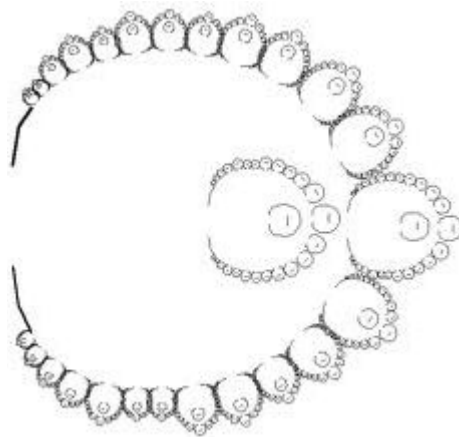


Slika 30. Citadela u Lille-u

Značajan aspekt kompleksnosti ovog primjera je adaptivnost njegove konfiguracije. Oblik grada i okruženja je proizvoljan i složen ali se utvrđenje savija da bi povezalo i obavilo područje grada. Svaka komponenta utvrđenja je definisana kao rekurzivna transformacija osnovnog elementa zida i to je ono što ovaj primjer čini fraktalnim. [15]

Ron Eglash piše o fraktalnim strukturama naselja Jola, male etničke grupe u južnom dijelu Senegala. Na slici 31 se vidi da naselje ima nekoliko struktura baziranih na konceptu fraktalne geometrije. Vazdušni snimak sela odmah asocira na fraktal. *Eglash* ukazuje na samosličnost od nivoa kuće do nivoa sela kao cjeline: izgled tipične kuće sastoji se od naizmjeničnih spavaona i ambara koji okružuju centralni zajednički dio. Ove kuće su grupisane na isti način kao i pojedinačni objekti: privatni, intimniji, prostori su na periferiji, a javni prostor je u centru. Ova relacija je ponovljena u strukturi naselja. Uočava se isti poredak na više nivoa (razmjera) posmatranja: soba, kuća, skup kuća... Fraktalna dimenzija iznosi 1.8.

Njegova početna hipoteza je bila da su ove strukture, poput prirodnih, kreirane nesvjesnom samoorganizacijom, ali poslije mnogo rada na terenu došao je do dokaza da je takvo promišljanje dizajna svjesno i sa svrhom, kao i da postoji nešto u afričkom sistemu znanja analogno tehnikama konstrukcije fraktala. Takođe je pokazao da su mnoga afrička sela nastala u „bottom-up“ procesu, gdje je samoorganizacija imala glavnu ulogu, a ne neki red nametnut „odozgo“. [27]



Slika 31. Fraktalna matrica *Ba-ila* naselja u Africi

Sledeći primjer su tzv. *Trulli* kuće u italijanskoj oblasti *Puglia* (ima ih preko 400 u gradu *Alberbello*). Uočava se isti dizajn kuće koji se ponavlja, ali konfiguracija naselja je takva da se svaki objekat različito adaptira u odnosu na druge kuće. Ponavljanje često vrlo jednostavnog dizajna se odlično uklapa u prirodni pejzaž, pod uslovom da su pojedinačni objekti dobro prilagođeni lokaciji, a elementi dizajna kuće takvi da podržavaju ove adaptacije.



Slika 32. *Trulli* kuće u italijanskoj oblasti *Puglia*

Relativno noviji primjer je *Monaco*, koji je zbog male površine kopna, odnosno građevinskog zemljišta, morao biti građen dio po dio. Takav proces izgradnje je omogućio da konfiguracija sveke zgrade bude u skladu sa lokacijom, a posledica toga je pejzaž dobro uklopljen u prirodni ambijent, uprkos činjenici da je dizajn zgrada u modernom stilu.

Sličan primjer je i *Santorini*, prikazan na slici 33.



Slika 33. Monako (lijevo) i Santorini (desno)

Na slici 34 je *Rocinha*, favela u *Rio de Janeiro*-u. Zbog lošeg materijalnog stanja stanovništva favele, kuće su građene uz minimalna ulaganja, pa je i pogled na pojedinačne objekte, blago rečeno, neprijatan. Međutim, uočava se da je rezultujuća konfiguracija adaptirana obliku brda i drugim kućama i favela kao cjelina ipak odaje utisak prilagođenosti.



Slika 34. *Rocinha*, favela u *Rio de Janeiro*-u

Na primjerima u prirodi može se primjetiti sličan princip: teorija haosa se ogleda u tome što su elementi uvijek bar malo različiti jedan od drugog, ali izbor konfiguracije elemenata doprinosi utisku prirodnosti, cjeline i jednoobraznosti. Slično su i tradicionalni graditelji gradili gradove: oblici i elementi sistema su bili definisani ali su njihove konfiguracije birane tako da adaptacija postojećim uslovima bude perfektna. [24]

Na primjeru Barselone, slika 35, se uočava ponavljanje blokova (do sad ih je izgrađeno preko 600), negdje u geometrijski pravilnom redu, a negdje sa, na planu primjetnim, uvrtnjima i transformacijama bloka. Taj poznati *Cerda*-in plan je zaživio iz razloga što je blok u startu planiran, ali ne potpuno; ostavljena je doza fleksibilnosti tako da se svaki može prilagoditi uslovima lokacije.

Hausmann nije imao tu mogućnost da Pariz proširi novim blokovima, već je morao da uvede novi element – avenije. Ono što je učinilo njegov plan od krucijalne važnosti i za

današnji život Pariza, je činjenica da je plan avenija do kraja izgradnje ostao otvoren i one su postavljene tamo gdje su naišle na najmanje otpora, uspjevši tako da postignu maksimalnu prilagodljivost uslovima lokacije.

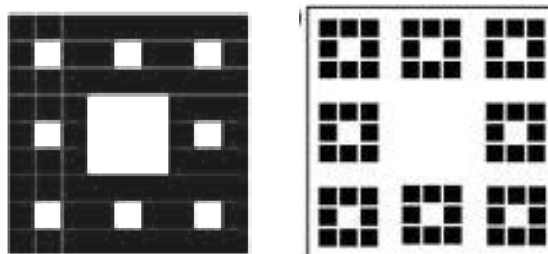


Slika 35. Barselona (lijevo) i Pariz (desno)

4.4.2. Fraktalna dimenzija kao mjera kompleksnosti

Za razliku od prvog koncepta, za ovaj način primjene fraktalne geometrije na urbane matrice možemo reći da je više racionalan i podložan analizi. Ipak, on se razlikuje od uobičajenog opisa urbanih matrica, koji se zasniva na pojmu gustine, kao količniku mase i površine na kojoj je masa lokalizovana. Gustina je konstantna na površini na kojoj se određuje, pa kao takva daje globalnu informaciju o raspodjeli mase na datom području, ne vodeći računa o rasporedu objekata na njemu.

Mjera gustine nije adekvatna za fraktale jer zavisi od površine/razmjere koju posmatramo. Na primjeru dva poznata fraktala, *Sierpinski Carpet* i *Fournier Dust* čija je gustina ista (odnosno broj crnih polja na bijeloj površini), uočava se razlika u prostornoj hijerarhiji: kod Sierpinskog trake koje odvajaju crne kvadrate imaju istu širinu, a kod Furnijea slijede definisanu hijerarhiju. Iako je prostorna hijerarhija strožija kod Furnijeovog i sličnih fraktala, fraktalna dimenzija je niža, 1.50, naspram 1.89 kod Sierpinskog, slika 36.



Slika 36. Sierpinski Carpet i Fournier Dust

Zato je potrebno istraživanjem raspodjele zauzetih/izgrađenih površina kroz različite razmjere, naći parametar koji karakteriše posmatrane objekte jednom konstantnom vrijednošću, a to je fraktalna dimenzija. [25]

Fraktalna dimenzija u istraživanjima forme građene sredine ima jasno značenje i funkciju: mjeri koncentraciju zauzetih mjesta kroz razmjere, tj. relativan pad mase sa porastom distance od bilo kog mjesta gdje je masa koncentrovana.⁴ [26]

Iz obimnih istraživanja koja su vršili *Frankhauser* i *Batty* sa svojim timovima, izvodi se zaključak da fraktalna dimenzija može biti dobar indikator morfologije građene sredine.

Fraktalna dimenzija građene sredine opisuje raspodjelu elemenata u prostoru i može imati vrijednosti između 0 i 2. Ako je fraktalna dimenzija jednaka 2, to znači da je matrica uniformna, dok 0 odgovara graničnom slučaju u kome urbanu matricu čini jedna tačka, tj. izolovani objekat. Fraktalna dimenzija $D_f < 1$ odgovara matrici koja se sastoji od odvojenih, nepovezanih elemenata. Fraktalna dimenzija $D_f > 1$ ukazuje na fraktalno povezane elemente koji formiraju manje ili veće grupe, u kojima se takođe mogu javiti izolovani elementi. Što je D_f bliže 2, više je elemenata povezanih međusobno koji pripadaju jednom velikom klasteru. [27]

Takođe, o kompleksnosti kao poželjnoj osobini građene sredine (kojom se izbjegava homogenost, uniformnost, nedostatak tekture i čovjekomjerne razmjere...) već je bilo govora. Sa tim u vezi, potrebno je razmotriti vezu fraktalne dimenzije sa postojećim ili željenim nivoom kompleksnosti građene sredine. U ovom radu razmatramo samo plan urbane matrice, dakle prvu projekciju. U dosadašnjim istraživanjima, u tom smislu, nisu date preporuke o vrijednostima fraktalne dimenzije, što je i logično jer na posmatrača/pješaka/korisnika prostora mnogo više ima uticaja ono što direktno vidi, a to je ulica, blok zgrada, pojedinačni objekat ili obris grad - u perspektivi. Zato su se i ta istraživanja (pomenuta u 1.5. i 4.3.) uglavnom odnosila na direktan uticaj okoline na posmatrača, odnosno drugu ortogonalnu projekciju ili perspektivu objekta. Najdetaljnije se time bavio *Cooper* (2000, 2003, 2007), koji je uradio niz projekata da nađe vezu između fraktala i urbane sredine na nivou ulice. „Fraktalna analiza uličnih vizura sračunavanjem njihovih fraktalnih dimenzija pomaže nam da odmjerimo nivoe vizualne raznovrsnosti (fizičke kompleksnosti) prisutne na ulicama svakodnevno“. [28]

⁴ U zavisnosti od toga koju definiciju, odnosno metod mjerenja fraktalne dimenzije koristimo.

4.5. Mogućnosti primjene fraktalne geometrije u oblikovanju građene sredine

Fraktali su po definiciji kompleksne, hijerarhijski uređene strukture koje pokazuju svojstvo samosličnosti kroz različite razmjere posmatranja. Ovo i ostala svojstva upućuju na značajne sličnosti fraktala sa matricama građene sredine (posmatranih u prvoj projekciji, kako je već naglašeno), urbanim granicama ili kartama namjene površina... U dosadašnjim istraživanjima fraktali su korišćeni:

- da ispituju način na koji se gradovi razvijaju u vremenu i prostoru (*Batty i Longley, 1994*);
- da se formiraju različite urbane tipologije i da se rade uporedne analize gradova (*Frankhauser, 2004*);
- da mjere stepen urbanog rasipanja i granica urbanog područja i njihovog širenja (*Frankhauser, 2008*).

Fraktalna geometrija obezbjeđuje adekvatnije modele za opis prostornih formi nego euklidska geometrija jer su osobine heterogenosti, samosličnosti i hijerarhije suštinske osobine fraktalnih struktura. [29]

Mogućnost korišćenja geometrijskog pristupa dozvoljava konstruisanje prostornih referentnih modela koji mogu biti upoređeni sa realnim situacijama. Oni mogu biti korišćeni da ilustruju različite tipove prostorne organizacije, fragmentaciju ili kompleksnu morfologiju granica.

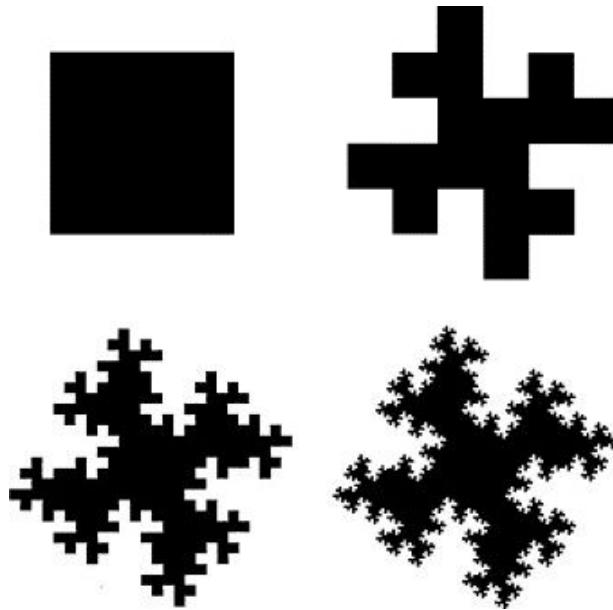
Frankhauser predlaže tri osnovna modela: *Sierpinski Carpet*, *Fournier Dust* i *Teragone*, koji imaju slične uloge kao krug, kvadrat i sl. u euklidskoj geometriji. Ta tri modela mogu poslužiti za analizu prostorne distribucije građene sredine (urbane matrice) i razuđenosti urbane granice. [25] U tom smislu, analizu forme građene sredine moguće je sprovesti dvojako:

- kroz analizu prostorne distribucije izgrađene površine i
- kroz analizu forme urbane granice.

4.5.1. Analiza prostorne raspodjele izgrađene površine

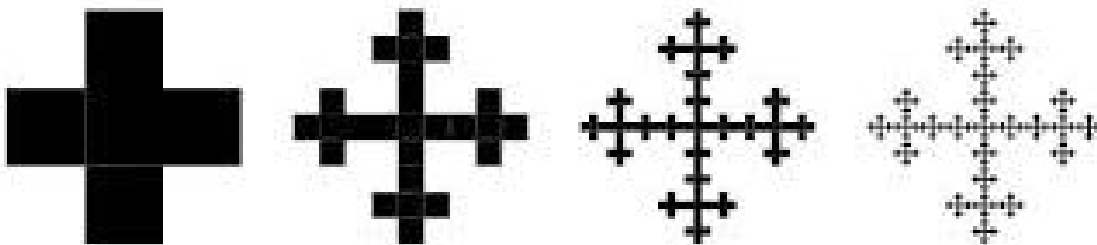
Fraktalna geometrija, na način drugačiji od poznatog euklidskog pristupa, omogućava analizu onih prostornih struktura koje ne mogu biti opisane uobičajenim konceptima

mjerjenja. Navodimo primjer teragona za koji granica postaje sve kompleksnija dok površina ostaje konstantna, pa konvencionalno mjerenje njegove granice nije moguće.



Slika 37. Nastajanje teragona kroz 4 iteracije

Nasuprot njemu, linearni tip *Sierpinski* fraktala (*Vicsek* fraktal) dozvoljava upliv slobodnog prostora u površinu fraktala i za njega je karakteristična maksimalna kontaktna zona popunjenog i praznog prostora. Iz oba primjera uočavamo da euklidske mjere dužine, površine, obima... ne pružaju dovoljno informacija o navedenim osobinama ovih figura.

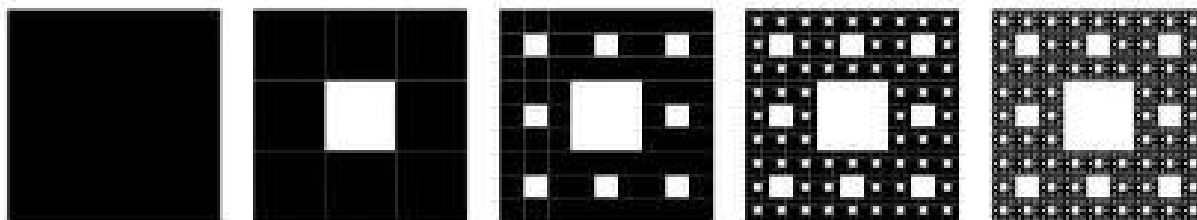


Slika 38. Nastajanje *Vicsek* fraktala kroz 4 iteracije

Različiti primjeri fraktala mogu poslužiti za opisivanje forme zauzetosti zemljišta sa aspekta prostornih hijerarhija sistema, a sama vrijednost fraktalne dimenzije može da ukaže na intenzitet te zauzetosti. Najviše su ih izučavali *Frankhauser*, *Tannier*, *Pumain* i *Thomas*, prethodno definišući fraktale kao geometrijske objekte u kojima masa ne mora biti distribuirana homogeno, već može biti koncentrisana u klasterima na različitim razmjerama posmatranja. Osobnosti fraktala, kao i način njihove primjene u ovoj oblasti, najbolje se mogu uvidjeti ako se posmatra iterativni proces njihovog generisanja.

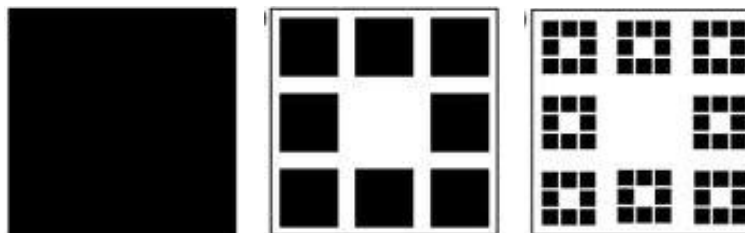
Na primjeru dva poznata fraktala, *Sierpinski carpet* i *Fournier dust*, može se vidjeti da postoji veza fraktalne dimenzije i prostorne hijerarhije, kao i razlika između fraktalne dimenzije i gustine. U daljem radu ide se na to da se poveže proces nastajanja fraktala sa procesom urbanizacije.

U *Sierpinski Carpet* fraktalu elementi u generatoru se međusobno dodiruju, a u svim iteracijama fraktal se sastoji iz jedinstvene cjeline.



Slika 39. Iterativno nastajanje *Sierpinski Carpet* fraktala

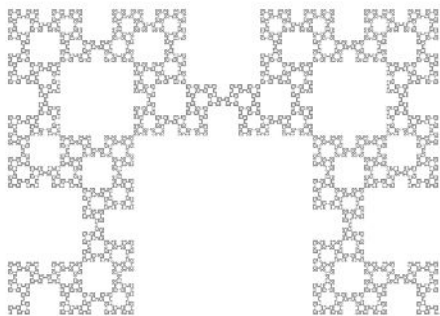
Kod *Fournier dust* inicijator je kvadrat, a umanjen 4 puta i multipliciran 8 puta unutar područja inicijalne figure postaje generator. Crna polja se grupišu po nekoj hijerarhiji, a prostori koji ih razdvajaju su različiti: oni koji su generisani u prvoj iteraciji su veći, a u sledećim iteracijama sve manji. Aspekt hijerarhije je jasan: sve manji i manji elementi leže sve bliže i bliže.



Slika 40. Iterativno nastajanje *Fournier Dust* fraktala

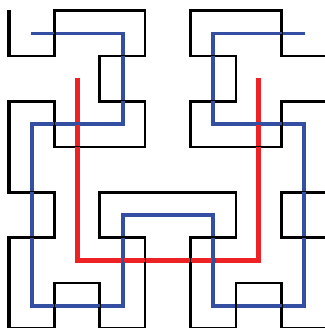
Osim pomenutih modela, mogu se analizirati i mnogi drugi, sa aspekta nekih njihovih osobina koje su značajne sa obzirom na vrstu istraživanja u kojoj bi se koristili; tako će neki od njih biti pogodni za analizu urbane granice ili urbanog rasipanja, neki drugi za analizu raspodjele slobodnih prostora u urbanoj matrici, a treći za analizu saobraćajne mreže. U nastavku su prikazani: *Fibonnaci* fraktal, *Hilbert*-ova kriva, *Dragon Curve*, *Cantor Dust* i *Vicsek* fraktal.

- 1) *Fibonnaci* fraktal - fraktalna dimenzija 1.6379, sa slobodnim prostorima različite veličine i rasporeda, može biti korišćen za analizu distribucije sadržaja u naselju.



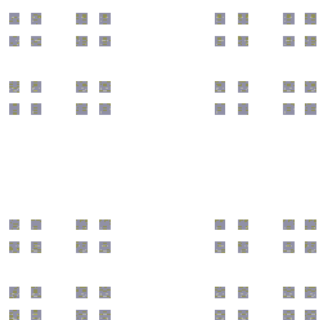
Slika 41. *Fibonnaci Word*

- 2) *Hilbert-ova kriva* – fraktalna dimenzija 2, sa dobrim mogućnostima za analizu dostupnosti određenih sadržaja, uz odlično pokrivanje prostora, odnosno površine.



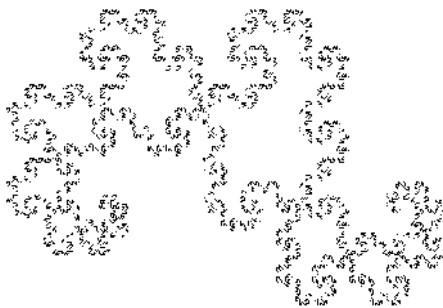
Slika 42. *Hilbert-ova kriva, tri iteracije (u tri boje)*

- 3) *Cantor Dust* - dimenzije 1.2619, koji podsjeća na hijerarhiju gradske ulične mreže.



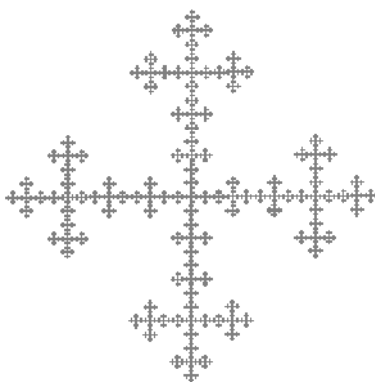
Slika 43. *Cantor Dust*

- 4) *Dragon fraktal* - fraktalna dimenzija 1.5236, koristan za analizu urbane granice i upliva slobodnih ili zelenih površina u rubna područja grada.



Slika 44. Dragon fraktal

- 5) *Vicsek* fraktal – fraktalna dimenzija 1.4649, može poslužiti za analizu hijerarhije ulične mreže ali i upliva slobodnih površina u građenu sredinu.



Slika 45. Vicsek fraktal

4.5.2. Analiza forme urbane granice

Fraktalna dimenzija se može shvatiti kao mjera relativnog izduženja granice kada se uporedi sa pravom linijom.

Morfologija granice grada je zanimljiv pokazatelj urbanog rasipanja, a moguće je izračunati fraktalnu dimenziju ivice i uporediti sa poznatim fraktalima. Time bi se moglo ići ka tipologiji urbanog rasipanja ili razdvajanja urbanih od ruralnih cjelina.

Za fraktale kao što je *Sierpinski Carpet*, slika 39, fraktalna dimenzija spoljašnje granice fraktala je 1, međutim fraktalna dimenzija ukupne granice, uključujući granice šupljina, je ista kao fraktalna dimenzija površine, 1.89.

Ili primjer teragona, slika 37: crna površina ostaje konstantna i homogena tokom iteracija, samo granica postaje kompleksnija. Ona ima fraktalnu dimenziju 1.5 dok unutrašnja površina ima dimenziju 2. Pokazuje se da tokom iteracija srednja distanca do centra strukture raste manje nego što srednja distanca do ivice opada. Ovo može dati intuitivno

objašnjenje za urbano rasipanje: smanjena pristupačnost gradskog centra je dobro nadomještena boljim prilazom zelenim površinama van grada.

Ovakav pristup može pomoći analizi uticaja različitih planerskih odluka na morfologiju urbanih cjelina. [30] Takođe, vidimo primjenu ovakvog pristupa kod analize mogućeg nastajanja konurbacija, a što bi bilo od velikog značaja za planiranje na regionalnom nivou.

4.5.3. Fraktalna klasifikacija urbanih cjelina prema vrijednosti fraktalne dimenzije

Ako urbane matrice pokazuju zaista osobine fraktalnih objekata, možemo zaključiti da uprkos njihovom visoko nepravilnom izgledu, oni slijede dobro definisan princip prostorne organizacije, koji može biti kvantifikovan. Fraktalna dimenzija je pokazatelj kompleksnosti naselja, koja ukazuje na prisustvo različitih dinamičkih procesa koji oblikuju urbano tkivo.

Kroz mjerenje faktalne dimenzije može se mjeriti matematički stepen homogenosti urbane matrice koji može biti korišten kao parametar kontrole prilikom usmjeravanja budućeg razvoja urbane matrice. Na primjer, prilikom planiranja urbanih intervencija, moguće je unaprijed utvrditi željeni opseg fraktalne dimenzije novodobijene matrice. Ovo može pomoći očuvanju kvaliteta koji se povezuje sa kompleksnošću urbane matrice.

Fraktalna klasifikacija se vrši na osnovu fraktalnih parametara za određenu matricu. Najčešće je to fraktalna dimenzija (mada su korišćene i krive fraktalnih karakteristika kod *Isabel Thomas*), na osnovu čije vrijednosti se grupišu matrice. Svaki metod klasifikacije urbanih matrica ima svojih prednosti, ali metod fraktalne klasifikacije može obezbijediti matematičku mjeru stepena kompleksnosti forme urbane matrice. U tom smislu, urbane matrice mogu biti klasifikovane u zavisnosti od vrijednosti njihove fraktalne dimenzije, što može pomoći planerima da preciznije identifikuju granice gdje treba primijeniti neke odluke u cilju očuvanja fizičkih karakteristika područja.

Do sada je fraktalna klasifikacija rađena na osnovu jednog parametra, a to je najčešće bila fraktalna dimenzija. *Haghani* na primjeru Teherana [15] i *Lagarias* na primjeru Soluna [31] su pokazali kako se mogu napraviti fraktalne mape nekog područja, pomoću programa za fraktalnu analizu *Benoit 1.3*.

U programskom paketu koji je korišćen u ovom radu (*Java* aplikacija za obradu slike *Image J* i njen plugin za fraktalnu analizu *FracLac*) takođe postoji mogućnost izrade fraktalnih mapa područja. Postupak se zasniva na sledećem: posmatrana oblast se izdijeli na mrežu kvadrata željene dužine stranice. Fraktalna dimenzija se sračunava za svaki od kvadrata i nanosi brojčano na odgovarajuće polje. Brojčana vrijednost dodijeljena svakom kvadratu može biti zamijenjena i bojom, odnosno različite boje se pridružuju različitim opsezima

vrijednosti fraktalne dimenzije i na taj način po boji kvadrata na mapi možemo na prvi pogled ocijeniti opseg u kome se nalazi pripadajuća fraktalna dimenzija.

Ono što je primjećeno tokom fraktalne analize odabranih matrica u poglavlju koje slijedi, je da fraktalna dimenzija nije dovoljan parametar koji jednoznačno klasifikuje urbane matrice. Pojedini istraživači su prijavili da su dobili slične vrijednosti fraktalne dimenzije za veoma različite urbane matrice (nastale u različitim vremenskim periodima ili kroz različite faze urbanizacije) ili suprotno: relativno daleke vrijednosti fraktalne dimenzije za slične ili slično nastale urbane matrice.

U našem istraživanju se pojavio sličan problem, o čemu će detaljnije biti govora u narednom poglavlju. Rezultati ispitivanja fraktalne dimenzije, kao i razmatranje problema sa kojima su se suočili ostali istraživači, navelo nas je da fraktalnoj dimenziji pridružimo lakunoznost kao dodatni parametar kompleksnosti matrice.

4.5.4. Fraktalne simulacije

Pionir u oblasti fraktalnih simulacija svakako je *Michael Batty*, koji razrađuje mogućnosti primjene fraktalne analize na simulaciju rasta grada, prvenstveno širenja njegove granice. Metodama koje uključuju celularne automate (*cellular automata*) i *agent based* sisteme, on radi na razvoju raznih mogućih scenarija rasta određene urbane cjeline. Sigurno je da od takvih predviđanja na bazi teorije haosa i kompleksnih sistema, možemo doći do validnih inputa potrebnih za donošenje boljih upravljačkih odluka kada je sudbina grada u pitanju. Međutim, ova oblast se još uvijek razvija u „laboratorijskim uslovima“, odnosno nije došla do faze primjenjivosti u realnosti.

4.6. Zaključak

Osnova, plan grada, je uvijek (i od najranijih početaka planiranja) zapravo simbolička, magijska predstava svijeta. Kroz približno 6 milenijuma postojanja gradova u civilizaciji koja ih nastavlja, to i dalje postoji na mnogim saznavnim nivoima. Ta izvorna slika jeste fraktal, koji se dalje umnožava kroz različite geometrijske veze sa drugim fraktalima (najčešće, i po pravilu, iz prirodnih oblika i uticaja). Nekada se iz načina razvijanja/deformacije osnovnog fraktala očitava razvoj tehnike (naročito ratne, u nekim istorijskim periodima), tehnologije i dr.

Iz svega navedenog u ovom poglavlju, mogu se izvesti sledeći zaključci o mogućnosti primjene fraktalne geometrije na oblikovanje urbane matrice:

- 1) Građena sredina koja posjeduje fraktalna svojstva kao što su samosličnost, hijerarhičnost i kompleksnost je poželjna, ugodna, potrebna ili čak neophodna za ljudsko dobrostanje. Fraktalnost naselja u tzv. primitivnim zajednicama dokazuje da je takva strukturalnost duboko kodirana ili imanentna ljudskom biću i njegovom graditeljskom promišljanju, kao i prirodi uopšte.
- 2) Prethodni zaključak potvrđuje opravdanost jednog od ciljeva rada koji glasi: Fraktalnu klasifikaciju prevesti u informaciju planerima kako i gdje da održe, očuvaju ili poboljšaju postojeće fraktalne karakteristike područja.
- 3) Upotreba fraktalnog koncepta je poželjna iz razloga što istu formu, obrazac, možemo ponavljati u više razmjera, uvijek uz određeni stepen transformacije početne forme, a ujedno dozvoljavati da se cjelina adaptira uslovima okruženja, prirodnog ili građenog, što zajedno dovodi do toga da konačna forma ima poseban kvalitet, ostavlja dobar estetski i kompletan utisak na posmatrača, pješaka, stanovnika, odnosno korisnika tog prostora.
- 4) Fraktalna dimenzija pruža informaciju ne o gustini izgrađenosti, ne o tome koliko je popunjen prostor, nego o načinu na koji je popunjen, o uniformnosti matrica. Međutim, postoje ozbiljne indicije da fraktalna dimenzija nije dovoljan parametar za jedinstvenu kategorizaciju matrica. Za sada vidimo da je lakunoznost, koja mjeri heterogenost praznina u matrici, taj parametar koji sa fraktalnom dimenzijom u sprezi može dati jednu novu informaciju o matrici, koju ne možemo dobiti primjenom euklidske geometrije.
- 5) Osobine nekih poznatih fraktala mogu biti korisno primjenjene u planiranju naselja kada je u pitanju distribucija praznih prostora/zelenila i njihova veličina ili razuđenost granice urbanog područja, kao i hijerarhije saobraćajnih mreža.
- 6) Razvoj različitih modela baziranih na teoriji haosa (*cellular automata, agent based modeling*) omogućava ispitivanje efekata različitih scenarija na razvoj urbanih matrica. Iako ovi modeli još nisu u praktičnoj upotrebi, korisno je razraditi više scenarija razvoja grada u cilju donošenja boljih upravljačkih akcija.

Kako ove zaključke koristiti prilikom donošenja odluka o prostoru? Kako planiranje, kao faza upravljanja, može biti unaprijeđeno u kontekstu teorije kompleksnosti?

Ako planeri grad sagledaju kao kompleksan sistem, onda će se i način na koji mu pristupaju promijeniti. Umjesto razvijanja prognoza rasta populacije, stanovanja, ekonomije ili saobraćaja koje mogu imati ograničenu vrijednost, njihovi naponi treba da budu usmjereni ka saradnji sa ministarstvima, investitorima i institucijama koje donose odluke o posmatranom području. Podjednako važno je jačanje organizacija koje će biti veza planera sa krajnjim korisnicima prostora na nivou susjedstava, što odmah pozitivno utiče i na poziciju građana u procesu planiranja. Istovremeno bi informacije o urbanim

intervencijama trebalo da postanu dostupnije i/ili drugačije prezentovane. Ovo nisu nove ideje, ali su u kontekstu teorije kompleksnih sistema transformisane i jasno stavljene nasuprot konvencionalnom racionalizmu i redukcionizmu u planiranju. Posebno imajući u vidu jedno od glavnih obilježja kompleksnosti, a to je adaptibilnost. Planeri, kao i donosioci odluka, moraju biti spremni da se, kao i njihove odluke, uklope u sredinu, okruženje i da se adaptiraju promjenljivim uslovima i zahtjevima te sredine.

Jasno je da postoje neusaglašenosti građene sredine (koja je rezultat dosadašnjih koncepata upravljanja i planiranja) i novih modernijih shvatanja korisnika prostora. U svakoj zajednici dolazi period sve većeg uključivanja zainteresovanih činilaca, što se odražava na planove. Neminovno se javlja i više potreba, odnosno inputa, pa je za očekivati da i kompleksnost sistema raste. Simulacijama se može postići da provjerimo varijante „šta ako...”.

Ipak, ovdje se zahtijeva opreznost. Sa bržim razvojem svake zajednice koji je praćen i razvojem određenih tehnologija, planski horizont neminovno postaje kraći. Moguće je donekle anticipirati razvoj određenih sektora i njihov uticaj na prostor ali je mnogo teže predvidjeti kompleksnost tih uticaja na prostor. Susretno planiranje je upravo odgovor na tu mnogo dinamičniju promjenljivost inputa. Ako se na hijerarhijski nižem planu uoči nedostatak koji potiče iz hijerarhijski višeg plana, onda se inicira promjena u tom višem planu da se ne bi umnožavale greške u nižim planovima. Prostorni, odnosno razvojni planovi - kao hijerarhijski viši, i urbanistički, odnosno regulacioni - kao hijerarhijski niži, svakako karakterišu svaki savremeni proces planiranja.

Naravno, ovo ne treba da znači da nema nekih vrijednih smjernica koje treba da budu obavezne i obavezujuće, kao na primjer: da prirodnu sredinu ne treba ugrožavati u cilju razvoja; da je veoma važno očuvanje istorijskih i kulturnih, kao i estetskih aspekata; da je neophodna zaštita od klizišta; promovisanje urbane ambijentalnosti i sl. a što su sve tzv. prostorne konstante. Ako se kroz dalja istraživanja fraktalnosti urbane matrice bude potvrđivalo da je i kompleksnost jedna od prostornih konstanti, zbog svega onoga što ona za čovjekov um predstavlja, onda i očuvanje kompleksnosti, odnosno fraktala nekog prostora može postati obavezujuće.

5. FRAKTALNA ANALIZA URBANIH MATRICA PODGORICE I INTERPRETACIJE

5.1. Uvod

„Analiza građene sredine je fascinantna i kompleksna tema“. [5]

Geometrija fizičkih struktura sadrži informaciju o genezi razvoja, prema sledećim obrascima [42]:

- organsko-spontano – bez formalne regulacije;
- plansko-regulisano – sa neminovnim promjenama usled socijalnih, istorijskih i demografskih uslova;
- spontano regulisano – kasnije dorađeno formalno regulacijom;
- planska regulacija – kasnije izmijenjena administrativnim prostornim odlukama

Jedinstvenost svake urbane forme može biti identifikovana mjerenjem nivoa kompleksnosti koji ona pokazuje. Orto-foto snimci mogu pružiti informacije o kompleksnosti različitih morfoloških komponenti: gustine izgrađenosti, razgranatosti ulične mreže, veličine ulica, gustine, tipa i grupisanja vegetacije itd., koje mogu biti analizirane zajedno ili odvojeno na bilo kojoj razmjeri posmatranja.

Fraktali imaju sposobnost da sumiraju kompleksnost, kompaktnost i heterogenost prostorne distribucije u jednoj vrijednosti – fraktalnoj dimenziji, koja je nezavisna od skale, tvrde *Batty, Frankhauser i Salingaros*. [5], [30], [18].

Fraktalna analiza urbane matrice može matematički identifikovati nivo kompleksnosti njene strukture. Može se očekivati da su homogeniji gusto urbanizovani gradovi (fraktalna dimenzija blizu 2), ali i ona razućenija naselja u ćijem planiranju ima dosta ponavljanja. Heterogenije matrice pojavljuju se kao posledica odrećenih planerskih koncepata ili manje kontrolisanog razvoja. Na primjer, razvoj duć rijećnih dolina ili glavnih saobraćajnica, uzrokuje niće vrijednosti fraktalne dimenzije nego što je slućaj kod kompaktnih urbanih matrica.

U Crnoj Gori su značajne koncentracije stanovništva u najvećim gradovima – oko 30% populacije Crne Gore živi na teritoriji opštine Podgorica i uočava se tendencija da to bude jedna urbana konglomeracija. I većina drugih gradova ima tendenciju širenja u riječnim dolinama gdje je po pravilu najkvalitetnije zemljište za poljoprivrednu proizvodnju.

5.2. Odabir urbanih matrica za analizu

Potvrđena fraktalnost urbane matrice ukazuje na ponavljanje slične strukture kroz različite razmjere posmatranja matrice, a to upućuje na postojanje nekih procesa koji se odvijaju na različitim nivoima strukture i generišu tu sličnost.

Iz tog razloga su ovdje odabrane određene urbane jedinice za razmatranje njihove prostorne organizacije, kao i područje cijele Podgorice. Cilj nije samo mjerenje njihove fraktalne dimenzije, već i dobijanje korisnih informacija o njima; traganje za fraktalnošću koja bi dozvolila neku vrstu generalizacije osobina matrica. Teorijski, naselja kreirana na nekom prostoru kroz djelovanje istih procesa, trebalo bi da pokazuju sličnost u prostornoj organizaciji. Na slici 55, prikazane su odabrane urbane cjeline, kao predstavnici pravilnih i nepravilnih, planiranih i neplaniranih prostornih matrica:

- 1) Stara Varoš, slika 47 – dio grada koji sadrži djelove srednjovjekovne matrice (ali nije sačuvana kao cjelina), mada je taj model napušten u kasnijoj urbanizaciji. U prikazanom dijelu Stare Varoši su ostaci nekadašnje i elementi nove regulacije sa početka 70-ih godina.



Slika 47. Stara Varoš

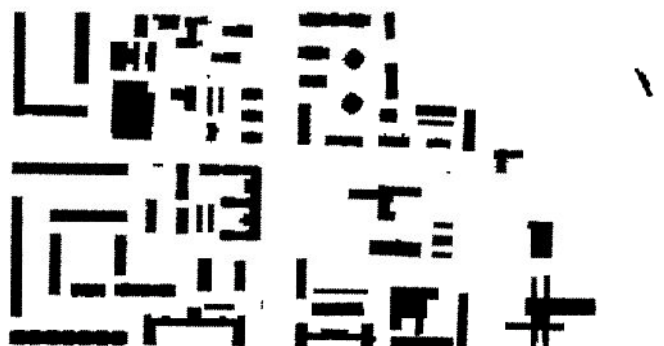
- 2) Nova Varoš, slika 48 - centralni dio Podgorice, a izgrađen je po prvom urbanističkom planu rađenom od 1882. do 1885. godine. Cio prostor je razvijen po ovom planu sve

do kraja Drugog svjetskog rata. Fizičke strukture su pretrpjele velika oštećenja usled savezničkog bombardovanja 1944. godine ali je kasnija obnova rađena unutar prvobitne regulacije. Jedino su pojedinačni objekti unutar blokova bili veći od primarne matrice. Ovakvo stanje se održalo do 70-ih godina kada su počele osjetnije promjene fizičkih struktura u okviru iste regulacije.



Slika 48. Nova Varoš

- 3) Novi Grad, slika 49 - novi dio Podgorice na desnoj obali Morače čija intenzivnija izgradnja je počela krajem 50-ih godina. Ova prostorna matrica potiče iz prostorne matrice Nove Varoši sa krupnijim strukturama blokova kao i razmacima između blokova, odnosno većom širinom saobraćajnica.



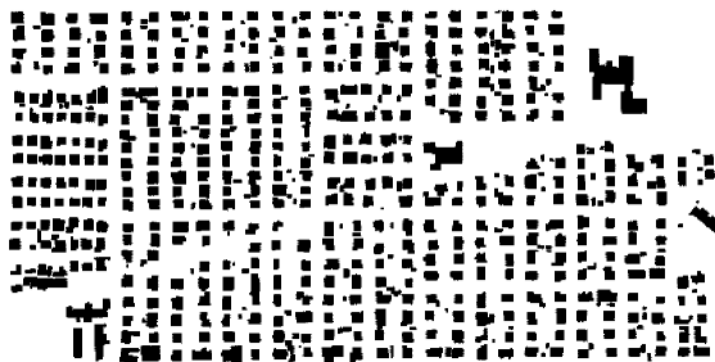
Slika 49. Novi Grad

- 4) Blok V, slika 50 – stambeni blok rađen od početka 70-ih do sredine 80-ih godina kao urbana forma koja nastavlja saobraćajnu regulaciju ali se slobodno formira unutar pripadajućeg prostora u vidu otvorenih blokova.



Slika 50. Blok V

- 5) Vrela Ribnička, slika 51 – naselje rađeno na osnovu jednostavne regulacije, gdje se prateći sadržaji nalaze u kontaktnim zonama, a u posmatranoj zoni skoro isključivo individualno stanovanje.



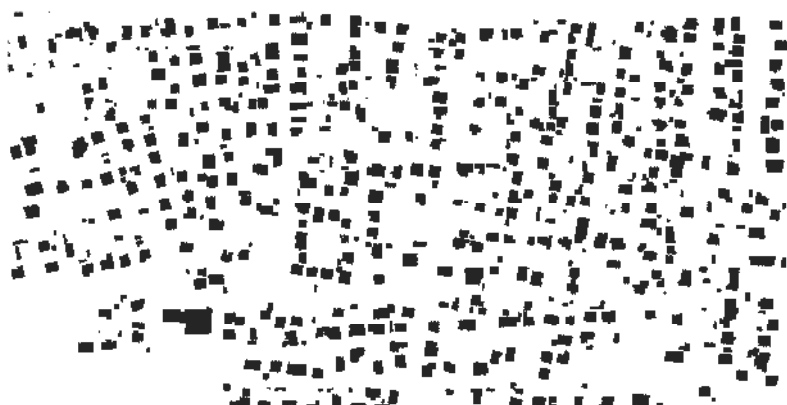
Slika 51. Vrela Ribnička

- 6) Konik, slika 52 – oblikovan djelimičnom regulacijom sa dosta elemenata spontanog (neregulisanog) razvoja fizičkih struktura sa naknadnim objedinjavanjem intervencijama kroz planove sanacije.



Slika 52. Konik

- 7) Tološi, slika 53 - naselje sa početnom regulacijom i brojnim elementima spontanih fizičkih struktura.



Slika 53. Tološi

- 8) Stari Aerodrom, slika 54 – primarno nastao planski, sa početnim konceptom jednorodnog stanovanja u nizu, grupisanog oko objekata društvenog standarda i snabdijevanja. Plan je urađen početkom 80-ih godina, iako je čitava zona, po tada važećem GUP-u, bila pred viđena kao rezervna zona za stanovanje koja će se aktivirati posle 2000. god. Tačnost projekcije iz GUP-a, pa samim tim i pogrešnost odluke da se rezervna zona aktivira dvije decenije ranije, potvrđena je u potpunosti kroz više izmjena i dopuna tog DUP-a, radi izgradnje zgrada za kolektivno stanovanje i poslovnih zgrada.



Slika 54. Stari Aerodrom



Slika 55. Mapa područja Podgorice sa označenim urbanim jedinicama odabranim za analizu

5.3. Analiza urbane matrice područja Podgorice

Pri pogledu na mapu vidimo da je rast i razvoj grada uslovljen položajem rijeka Ribnice i Morače i brda Gorice i Ljubovića. U centralnom dijelu uočava se urbani nukleus, Stara Varoš, oko koje su nastajali planirani Nova Varoš i Novi Grad, a ove matrice su dalje indukovale planski razvoj i rast, kao i neplanski rast. Takođe se primjećuje prisustvo izrazito pravilne rešetkaste matrice na području Vrela Ribničkih, a unekoliko je ta matrica obogaćena kod Starog Aerodroma. Na sjeverozapadu je očuvana park šuma u Tološima, na sjeveroistoku Gorica i Zatica, a na jugu Ljubović. Sa sjeverne strane je širenje grada uslovljeno položajem Malog brda, gdje je i pored postojanja planske dokumentacije za područja naselja Malo brdo i Momišići, dio građenih struktura izgrađen neplanski. Na jugu su plantaže na Čemovskom polju. Uočava se tendencija širenja grada duž riječnih tokova Morače i Mareze i duž saobraćajnica put Nikšića, Petrovca i Kolašina.

Kada su padine okolnih brda u pitanju (Malo brdo, Vranići i Kakaricka gora), tendencija spontanog rasta u vidu neplanskih naselja pokazuje izvjesnu zakonomjernost. Po pravilu, radi se o državnom zemljištu za koje zajednica nema mogućnost cjelovitog komunalnog uređenja, te na osnovu uređenog zemljišta i privlačenja investitora. Drugi tip spontanog urbanog rasta je nastao na rubnim djelovima zone GUP-a, na privatnom poljoprivrednom zemljištu, a kasnije je regulisan tzv. sanacionim planovima (Donja Gorica, Gornja Gorica, Vranjske Njive, Vranići).

Fraktalna analiza urbanog područja Podgorice urađena je pomoću softverskog paketa *Fractalyse*. Odabrani metod analize je tzv. metod dilatacije.

Program analizira sliku tako što svaku zauzetu tačku zamijeni sa kvadratom stranice ϵ , i ta površina se smatra potpuno zauzetom. Veličina ovih kvadrata se postepeno povećava, a mjeri se ukupna zauzeta površina $A(\epsilon)$ na svakom koraku. Kako iteracije odmiču, svi detalji slike manji od ϵ nestaju i dobija se aproksimacija prvobitne forme. Dijeljenjem ove ukupne površine površinom kvadrata ϵ^2 , dobija se aproksimativno broj elemenata $N(\epsilon)$ potrebnih da prekriju cjelinu. Ostatak procedure je isti kao za ostale metode fraktalne analize: iscrtavanje logaritamskog grafika, upoređivanje dobijene krive sa računskom krivom itd., kao što je opisano u poglavlju 3.4.

U zavisnosti od broja dilatacija originalne slike, dobija se različita vrijednost fraktalne dimenzije, ali i poklapanje dvaju krivih nije istovjetno, odnosno i koeficijent korelacije se mijenja. Iz tog razloga je urađeno više analiza da bi se provjerilo koji broj dilatacija slike je optimalan. Rezultati su prikazani u donjoj tabeli.

Broj dilatacija	D_f	Koef. korelacije	Poklapanje krivih
3	1.313	0.99969	Dobro
4	1.402	0.99998	Odlično
5	1.379	0.99996	Odlično
10	1.32	0.99991	Odlično
30	1.293	0.99990	Odlično

Tabela 1. Vrijednosti fraktalne dimenzije za Podgoricu dobijene metodom dilatacije pomoću programskog paketa *Fractalyse*

Za prvi slučaj, odnosno usvojen broj dilatacija 3, računski kriva pokazuje linearnu regresiju na logaritamskom grafiku (koeficijent korelacije 0.99969), što upućuje na fraktalnu strukturu. U ostalim slučajevima, računski kriva je upoređivana sa opštom, nelinearnom funkcijom. Vidimo da je poklapanje bolje sa generalizovanim fraktalnim zakonom te se može usvojiti da područje Podgorice ima fraktalnu dimenziju 1.4, uz zadržavanje na 4 dilatacije. Očekivano, vrijednost fraktalne dimenzije nije velika, usled postojanja velikih neizgrađenih površina i neurbanizovanih područja.

Ovdje je potrebno naglasiti da se kod programa *Fractalyse* kao izlaz dobija jedan prilagođeni koeficijent korelacije (*adjusted correlation coefficient*) koji je mjera stepena poklapanja računski sa teorijskom krivom. Za vrijednosti ovog koeficijenta iznad 0.996, poklapanje se proglašava zadovoljavajućim. [32]

Istraživana je i fraktalna dimenzija granice urbanog područja tako što je granica prvo izdvojena, a zatim analizirana *box-counting* tehnikom. Prethodno je u *Java* apletu za obradu slike *Image J*, mapa prebačena u binarni zapis, dilatirana i popunjeni zatvoreni prazni prostori unutar urbanih granica. Time je centralni dio Podgorice pretvoren u jedinstveni (popunjen) prostor. Odabrana je takva razmjera da je slika u *tiff* formatu veličine 10000x7000 piksela, što je maksimalna veličina koju *FracLac* može da obradi. Isprobano je više varijanti kada je u pitanju razmjera i broj dilatacija, ali je najkvalitetnija procjena dimenzije dobijena za 50 dilatacija. Fraktalna dimenzija urbane granice Podgorice iznosi 1.406.

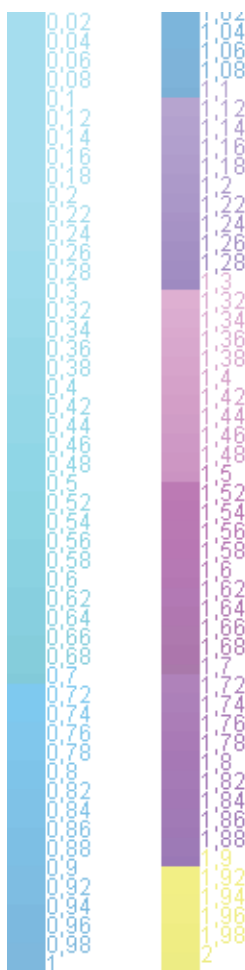
Komparativna analiza aglomeracija drugih evropskih gradova pokazuju da je fraktalna dimenzija površine u periurbanim područjima između 1.60 i 1.87, a granice između 1.2 i 1.55. Generalno, zaključuje se da fraktalna dimenzija površine oko 1.7 i granice oko 1.4-1.5 obezbjeđuju dobru artikulaciju urbanizovanih i zelenih površina. Zelene površine su lako dostupne, ali matrica očuvava određeni stepen kompaktnosti. [26]

Povećanje fraktalne dimenzije urbane granice može biti način da se izvede lokalno povećanje gustine bez gubitka u kvalitetu života. Fraktalne dimenzije i granice i površine u Podgorici imaju „prostora“ da rastu i tu činjenicu treba kroz planiranje imati u vidu.

Takođe, niska fraktalna dimenzija granice ukazuje na jednu od dvije okolnosti: da nema interesovanja ili uslova za (kvalitetno) naseljavanje rubnih područja grada! Na ovom stepenu izučenosti problema, radi se o niskom kvalitetu komunalne infrastrukture i saobraćajnica.

U velikim gradovima sve je izraženija težnja stanovništva da bude u blizini otvorenih prostora i/ili prirodne sredine, iz razloga smanjenja stresa, buke, zagađenja, gužve, nerijetko i toplote, vreve itd. imanentne gradskim prostorima. U Podgorici je primjećeno da takva težnja postoji, a kroz sprovedeno istraživanje (anketu) je i potvrđeno. Međutim, kada je Podgorica u pitanju, potrebno je razmatranje problema i sa nivoa države. Naime, politika prostornog i ekonomskog razvoja Crne Gore, proklamuje ravnomjieran regionalni razvoj. Sve veća privlačnost Podgorice zbog ekonomskog opadanja sjevera države, suprotna je politici ravnomjernog regionalnog razvoja.

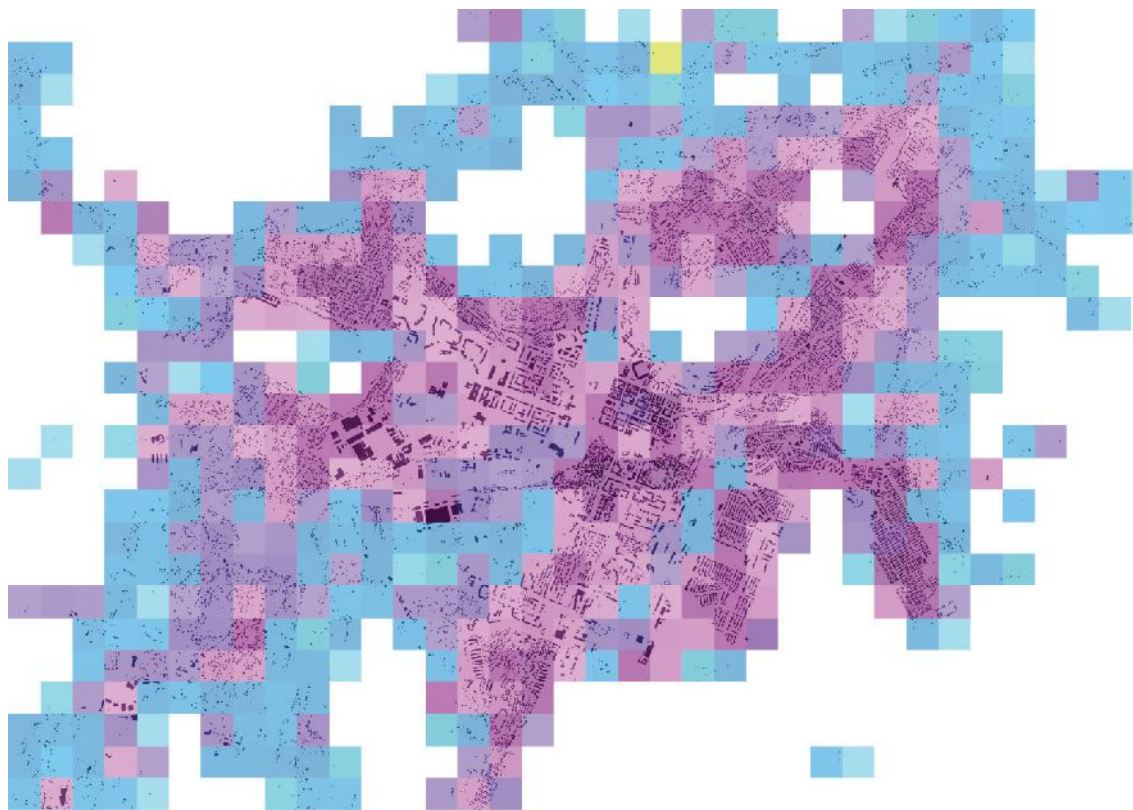
U sklopu fraktalne analize područja Podgorice, napravljena je i njegoa fraktalna mapa. Posmatrana površina je izdijeljena mrežom kvadrata stranice 40 piksela i za svaki od njih je određena fraktalna dimenzija. Da bi se dobio vizuelni utisak o varijaciji fraktalnih dimenzija u okviru grada, određenim opsezima dimenzija su dodijeljene boje, kao na slici 58.



Slika 56. Boje pridružene vrijednostima fraktalne dimenzije

Radi jednostavnosti, sveli smo podjelu na tri opsega dimenzija (niska, srednja i visoka fraktalnost):

- od 0.0 do 1.3 (plava boja);
- od 1.3 do 1.7 (lila boja);
- od 1.7 do 1.9 (ljubičasta boja).



Slika 57. Fraktalna mapa za područje Podgorice

Pri pogledu na fraktalnu mapu vidimo neka područja na kojima se graniče visoka i niska kompleksnost. Na ovom stupnju istraživanja možemo reći da ta područja valja detaljnije preispitati, odnosno prilikom donošenja odluka o njima, treba imati u vidu njihovu kompleksnost. Osim korita rijeka i njihove najbliže okoline, za koje je očekivano niska kompleksnost (i izgrađenost, naravno), na ostalim prelazima iz visoke u nisku kompleksnost ili obrnuto moguće je nekim urbanim intervencijama ublažiti taj oštar prelaz.

Sa mape se takođe, mogu „čitati“ i neke tendencije u urbanizaciji. Povećanje vrijednosti fraktalne dimenzije na perifernim područjima grada ukazuje na gušće, homogene, matrice i tendenciju popunjavanja postojećih praznih prostora. Suprotno, smanjenje vrijednosti fraktalne dimenzije ukazuje na fragmentisani rast.

5.4. Analiza odabranih naselja

Pri prvom pogledu na mapu Podgorice uočavaju se djelovi grada koji svojim oblikom i rasporedom objekata podsjećaju na neke poznate fraktale. Bilo je interesantno uporediti vrijednosti fraktalne dimenzije matematičkih i realnih fraktala.

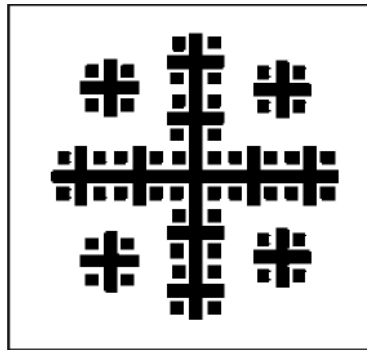
Tako u prvom primjeru (slika 58), imamo fraktalnu dimenziju naselja Konik 1.7665, dok njemu sličan fraktal ima dimenziju 1.7129. U drugom primjeru (slika 59) imamo dio naselja Nova Varoš sa fraktalnom dimenzijom 1.8493, nasuprot dimenziji odabranog fraktala 1.89. U trećem primjeru (slika 60) vidimo dio naselja Vrela Ribnička sa dimenzijom 1.6704 i fraktal *Fournier dust* dimenzije 1.6417. U posljednjem primjeru (slika 61) je prikazan dio naselja Pobrežje sa fraktalnom dimenzijom 1.6970, dok je njemu sličan fraktal *Cantor set* 1.7299.

U prvom primjeru je razlika u dimenzijama 0,05, dok je u ostalima 0,02 i 0,03. Sličnost dimenzije ali i oblika naselja sa određenim fraktalima, povezujemo sa sličnim postupkom njihovog nastajanja, odnosno procesom generisanja. Preporuka je da se i u daljem razvoju urbane matrice može i treba uzeti u obzir ovaj aspekt.

Uočene sličnosti fraktala iskazane kroz fraktalnu dimenziju konkretnih urbanih zona Podgorice, u poređenju sa određenim urbanim matricama iz uporedivih istraživanja, ukazuju na mogućnosti i konkretne vrijednosti kompariranja u sledećim slučajevima:

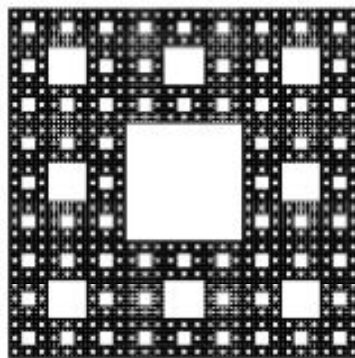
- a) Kod urbane rekonstrukcije planski formiranih urbanih matrica;
- b) Za urbanu rekonstrukciju spontano formiranih urbanih matrica;
- c) Za nalaženje optimalne matrice povezivanja planskih i spontano nastalih urbanih zona/matrica.

Primjer na slici 58 se lako može povezati sa urbanizacijom nekog naselja koje se širi duž glavnih saobraćajnica, ali postoje i novi djelovi građeni duž nekih sekundarnih saobraćajnica. Na primjeru fraktala (desno) očitava se da bi ovakva matrica imala značajne prednosti za stanovnike koji žive duž ovih sekundarnih saobraćajnica: razdaljine do gradskog centra su kraće nego da su smješteni dalje uz glavnu saobraćajnicu, a prednost je i blizina otvorenog prostora njihovom mjestu stanovanja.



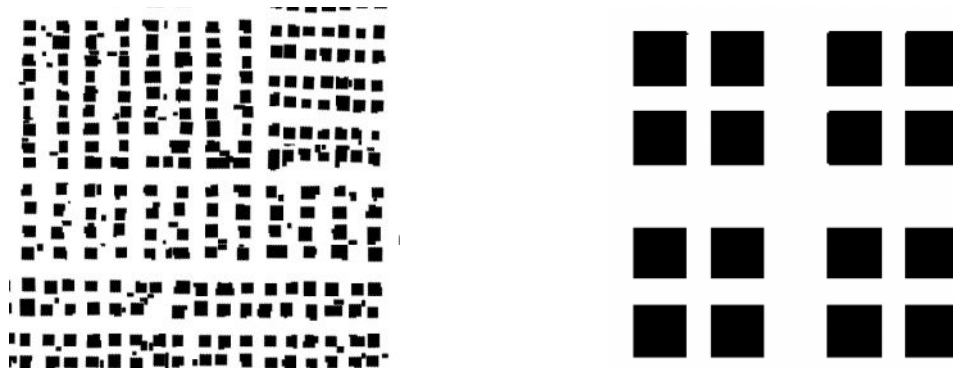
Slika 58: Dio naselja Konik (lijevo) i jedna varijanta fraktala *Sierpinski carpet* (desno)

Primjer na slici 59 pokazuje kompaktniju strukturu, čija je ivična linija kvadrat. Takva struktura odgovara situaciji kada planeri unutar urbanog područja uvode veoma oštre granice. Ako bi planiranje ovakvog naselja usmjerili ka primjeru na slici desno, vidimo da bi unutar naselja postojao veliki broj slobodnih poligona/kvadrata različite veličine: nekoliko velikih koji bi mogli biti veliki parkovi i veći broj sve manjih i manjih koji mogu biti manje zelene površine, gradske oaze ili, u krajnjem slučaju, dvorišta. Važno je primjetiti da kumulativna dužina ivice svih praznina teži beskonačnosti (u idealnom slučaju to bi značilo da svi korisnici prostora imaju pristup zelenilu ili slobodnim prostorima), što se može iskoristiti kao jedan poseban kvalitet cjelokupnog prostora.



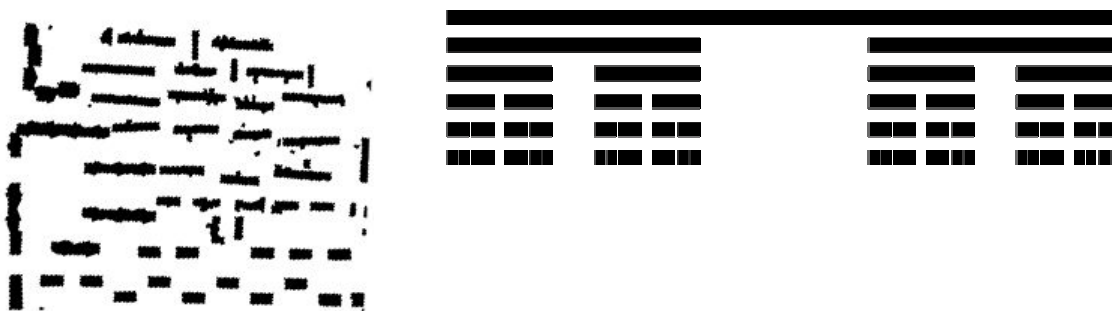
Slika 59: Dio naselja Nova Varoš (lijevo) i fraktal *Sierpinski carpet*

Na primjeru na slici 60 vidimo da je u pitanju slična rešetkasta struktura i naselja i fraktala. Ipak, na slici lijevo je hijerarhija ulične mreže manje uočljiva nego kada je u pitanju fraktal desno. Naravno, planiranje saobraćajnica u skladu sa njihovom hijerarhijom i na različitim nivoima posmatranja, kao što vidimo na fraktalu, je preporuka.



Slika 60: Dio naselja Vrela Ribnička (lijevo) i fraktal *Fournier dust* (desno)

Na kraju, primjer Kantorovog skupa na slici 61, koji je takođe moguće „prepoznati“ kao model naselja, ali uz obavezno promišljanje druge ortogonalne projekcije, odnosno visina objekata. Sličnost sa realnim naseljem je očigledna.



Slika 61: Dio naselja Pobrežje (lijevo) i fraktal *Cantor set* (desno)

Jasno je da realne matrice nisu identične sa matematičkim fraktalom ali kombinovanjem planerskih i geometrijskih metoda izvjesno je da se može unaprijediti planerski postupak.

Na osnovu rečenog, na ovom nivou istraženosti primjene fraktala za upravljanje prostorom, izvjesno je da se može doći do važnih smjernica planerima kako neki prostor sačuvati za budućnost uz istovremeno korišćenje, a sa minimalnim investicijama i maksimalnim efektima.

5.5. Odabir alata za fraktalnu analizu i metodologija

U ovom istraživanju korišćeni alati su *Fractalyse* i dvije metode u okviru alata *FracLac*: SLAC metoda (*sliding box counting*) i BC metoda (*box counting*).

5.5.1. Fractalyse

Fractalyse je softver razvijen za mjerenje fraktalnosti objekata, u našem slučaju grada. Za rad u njemu su potrebne slike u raster formatu, binarne, pri čemu crni pikseli predstavljaju izgrađenu sredinu.

Analiza se odvija iterativno. Formira se tzv. prozor - površina unutar koje se vrši brojanje. U svakoj iteraciji se broji broj piksela koji se nalaze u „prozoru“ čija se veličina povećava iz iteracije u iteraciju. Na taj način se vještački mijenja nivo analize slike, odnosno razmjera u kojoj posmatramo. Dakle, u svakoj iteraciji, za određenu veličinu prozora (datu veličinom njegove stranice ε) dobijamo broj piksela u tom prozoru (N). Ova zavisnost se predstavlja na grafiku, gdje je na y-osi predstavljen broj piksela N , a na x-osi veličina prozora ε , i zovemo je empirijska kriva. Nju treba uporediti sa drugom, računskom krivom. Ako empirijska kriva slijedi fraktalni zakon, računska kriva ima formu funkcije stepena (paraboličke ili hiperboličke). Eksponent D je fraktalna dimenzija.

$$N = \varepsilon^D \quad (19)$$

ili

$$N = \varepsilon^{-D} \quad (20)$$

Da bi se našao zakon vjerovatnoće koji najbolje odgovara empirijskoj krivoj, upotrebljava se nelinearna regresija. Ako slika nije matematički fraktal, onda je jedino moguće aproksimirati fraktalni zakon funkcijom:

$$N = a\varepsilon^D + c \quad (21)$$

U programu *Fractalyse*, poklapanje dvaju krivih se procjenjuje pomoću prilagođenog koeficijenta korelacije (*adjusted correlation coefficient*). Ako je poklapanje loše tada matrica koju ispituje nije fraktal ili je multi fraktal. U ovom drugom slučaju empirijsku krivu treba podijeliti na više djelova od kojih svaki odgovara različitoj računskoj krivoj (za svaki dio krive, nelinearna regresija daje različite vrijednosti za tri parametra a , D i c). [22]

Pitanje minimalnog koeficijenta kojim se struktura potvrđuje kao fraktalna nije jednoznačno definisano u literaturi. Dok se u nekim izvorima (literatura iz statistike generalno) zahtijeva da je vrijednost za koeficijenta korelacije r^2 veća od 0,999, u literaturi koja se bavi fraktalnom analizom urbanih matrica nailazimo na predloge da vrijednosti ovog prilagođenog koeficijenta korelacije (koji se dobija kao izlazni podatak *Fractayse*-a) veće od 0,996, budu prihvatljive (*Benguigui* [33]), a kod *Batty* [32] te vrijednosti mogu biti još i manje.

5.5.2. FracLac

FracLac, plug-in za *Image J* (Java aplet za obradu slike), izračunava fraktalnu dimenziju na osnovu *box-counting* metode, takođe, a i procedura je slična kao kod *Fractalyse*. Program postavlja mrežu preko slike koju analizira, u svakoj iteraciji povećavajući dimenziju otvora na mreži, u zavisnosti od parametara definisanih od strane korisnika. Za svaku veličinu mreže, registruje se broj kvadrata koji sadrže bar jedan pixel. Program iscrtava grafik i sračunava fraktalnu dimenziju kao nagib logaritamskog grafika čija x-osa predstavlja veličinu kvadrata, a y-osa broj piksela. [34]

I naravno, kada je u pitanju validnost izvršenih analiza, kao i stepen podudaranja empirijske krive sa računskom, odnosno tačnost dobijene fraktalne dimenzije, mora se imati u vidu koeficijent korelacije, u tabelama označen sa r^2 .

5.5.3. Metodologija

Odabrane matrice koje su analizirane dobijene su iz katastarskih podloga Podgorice. Sve izgrađene površine su popunjene crnim pikselima, a zatim podešen *threshold*, odgovarajuća razmjera i prebačene u binarni zapis.

Uprkos očekivanjima, matrice koje su vizuelno potpuno različite, na primjer, Stara Varoš i Nova Varoš ili Vrela Ribnička, pokazale su veoma bliske vrijednosti fraktalne dimenzije. Takva sličnost u vrijednostima fraktalnih dimenzija ne može se objasniti ni sličnim procesima koji su doveli do nastajanja baš takvih matrica. Procesi urbanizacije i ostali uslovi koji su generisali takve matrice su u navedenom slučaju potpuno različiti. Postavlja se pitanje potencijala fraktalne dimenzije kao (jedinog) pokazatelja određenog poretka koji je doveo do date morfološke slike grada. Ipak, sve tri navedene matrice pokazuju kompaktnost i heterogenost u sličnoj mjeri, što za kompleksnost ipak ne možemo tvrditi.⁵

Iz ovih razloga se javila potreba za analizom dodatnog parametra urbane morfologije, a odabrana je lakunoznost, budući da predstavlja fizičku veličinu komplementarnu fraktalnoj dimenziji.

⁵ Pitanje potencijala fraktalne dimenzije kao pokazatelja „urbanog otiska“ konkretne fizičke strukture, nedvosmisleno ukazuje na dalji pravac razmatranja primjene fraktala kod istraživanja malih i relativno malih urbanih aglomeracija. Nameće se poređenje sa mozaikom od, recimo, oblutaka. Za manje formate mozaika, neminovno se primjenjuje oblutak sitnije frakcije, jer krupnijim komadima nije moguće prikazati željenu sliku. Isto je ako u okviru mozaika većih razmjera želimo da prikažemo neki fini detalj – koristimo finiju frakciju oblutka. S druge strane, forma oblutka je slična, bez obzira na veličinu.

5.5.4. Lakunoznost

Iako su fraktalne metode postale dio standardne procedure prilikom analize prostornih matrica, tokom rada na određivanju njihovih fraktalnih dimenzija, pokazalo se da matrice različite teksture mogu imati iste fraktalne dimenzije, odnosno da fraktalna dimenzija nije sama po sebi dovoljan parametar za opisivanje teksture matrice. S obzirom na to da urbana matrica može, a i ne mora biti fraktal, analiza lakunoznosti je sveobuhvatniji metod jer može biti primjenjen na fraktalne, multifraktalne ili nefraktalne matrice. Omogućava određivanje promjena u prostornoj strukturi koje su zavisne od razmjere posmatranja, što može dati uvide u procese koji su doveli do njih.

Lakunoznost se prvi put pominje kod *Mandelbrot*-a [20], gdje je on opisuje kao karakteristiku fraktala komplementarnu fraktalnoj dimenziji. Naziv *lacunarity* potiče od riječi *lacuna* što znači šupljina i kod nas se sam termin prevodi kao šupljikavost. Ipak, lakunoznost kao fizička veličina, ne predstavlja samo procenat šupljina u objektu, već ima drugo, složenije fizičko značenje. Ovdje će se termin lakunoznost koristiti za mjeru homogenosti raspodjele šupljina u prostoru. Kada je ta raspodjela homogena, lakunoznost prostorne strukture je niska. Nasuprot tome, strukture čija lakunoznost je visoka imaju heterogenu distribuciju šupljina različitih veličina. [35]

Važno je naglasiti jednu bitnu razliku lakunoznosti i fraktalne dimenzije kao parametara morfologije urbane matrice. Za razliku od fraktalne dimenzije koja ne zavisi od razmjere posmatranja, nego ta njena konstantnost kroz razmjere baš oslikava fraktalnost matrice, lakunoznost strogo zavisi od skale. Objekti (ili praznine, slobodni prostori unutar urbane cjeline) koji su homogeni na manjoj razmjeri mogu oslikavati heterogenost na većoj ili obrnuto.

Postoji nekoliko metoda za sračunavanje lakunoznosti. Ovdje je korišćen *sliding box* iz *FracLac*-a. On se zasniva na već opisanom metodu *box counting*-a, s tim što boksovi nijesu fiksirani nego „klizaju“ preko slike koju analiziramo. [34]

Za ovo ispitivanje podešeni su sledeći parametri *FracLac*-a:

- minimalna veličina stranice kvadrata je 2 piksela;
- maksimalna veličina kvadrata je 25% od veličine slike;
- „klizanje“ kvadrata je podešeno po 1 piksel horizontalno i vertikalno.

Lakunoznost se određuje postupkom „brojanja klizećih kvadrata“ (*sliding box*) koji se slažu preko cijele slike, a registruje se broj piksela unutar kvadrata u svakom pojedinačnom koraku procesa. Na kraju se sračunava srednja vrijednost, kao i standardna devijacija broja piksela u svakoj iteraciji. *FracLac* sračunava ε , srednju vrijednost broja piksela (μ) u

kvadratu određene veličine i standardnu devijaciju (σ), a zatim i lakunoznost (Λ) po formuli:

$$\Lambda = \sigma^2 / \mu^2 \quad (22)$$

Lakunoznost neke strukture se najbolje može proučavati iz grafika koji ilustruju njenu promjenu u zavisnosti od razmjere posmatranja, tj. veličine kvadrata mreže.

Na graficima su predstavljene krive lakunoznosti. Ako su konkavne naviše, predstavljaju matrice čije su šupljine nasumično raspoređene i imaju manju lakunoznost. Ako su konveksne naviše, predstavljaju one matrice koje su sastavljene iz grupisanih objekata i šupljina, pa imaju veću lakunoznost. Krive koje su slične pravoj liniji kroz sve skale mogu predstavljati fraktale, jer imaju iste karakteristike na svim skalama. [35]

5.6. Rezultati analize i njihova interpretacija

Batty tvrdi da vrijednost fraktalne dimenzije za većinu urbanih matrica prelazi 1.4, a najviše ih je u opsegu između 1.6 i 1.8. [5]

Ispitujući francuske i evropske gradove, *Frankhauser* je zaključio da:

- gradski centri imaju fraktalnu dimenziju između 1.8 i 1.95;
- pravilne matrice bez javnih prostora 1.8 do 1.99;
- novi gradovi između 1.6 i 1.77;
- nepravilne matrice ili one čiji je rast manje kontrolisan 1.64 do 1.85.

Naravno, ovo su okvirne vrijednosti i moguća su preklapanja ovih opsega. [26]

Mada analiza ovdje odabranih urbanih matrica nije urađena sa ciljem provjere uklapanja njihovih fraktalnih dimenzija u ove opsege, pogled na tabelu rezultata potvrđuje tvrdnje navedenih istraživača.

U tabeli 2 su prikazane vrijednosti sledećih parametara:

- fraktalna dimenzija D_f ;
- koeficijent korelacije r^2 ;
- Λ_F lakunoznost mjerena na osnovu varijacije u broju boksova koji sadrže piksele;
- Λ_E lakunoznost mjerena na osnovu varijacije u broju praznih boksova.

BOX COUNTING ANALIZA								
<i>Naselje</i>	D_f	r^2	Λ_F	Λ_E	D_f	r^2	Λ_F	Λ_E
Nova Varoš	1.7726	0.9986	0.1054	0.2253	1.7600	0.9986	0.1157	0.4519
Blok V	1.4560	0.9989	0.2730	1.5785	1.4628	0.9992	0.2382	1.6222
Konik	1.5333	0.9999			1.6827	0.9980	0.1370	0.4836
Novi Grad	1.5567	0.9988	0.1963	0.7419	1.5739	0.9987	0.1911	1.0113
Pobrežje	1.5832	0.9958	0.1622	0.6509	1.5885	0.9961	0.1758	0.9325
St. Aerodrom	1.6870	0.9963	0.1060	0.3427	1.6640	0.9967	0.1176	0.6123
Vrela Ribnička	1.7760	0.9967	0.0880	0.2005	1.7683	0.9963	0.0946	0.3780
Tološi	1.6930	0.9952	0.1192	0.3152	1.6841	0.9953	0.1295	0.5241
Stara Varoš	1.7807	0.9985	0.1533	0.4890	1.7719	0.9982	0.1666	0.8998

Tabela 2: Rezultati dobijeni pomoću programskog alata *FracLac*

Podaci o fraktalnim dimenzijama urbanih jedinica trebalo bi da pokazuju osnovnu teorijsku vezu između dimenzije i urbanog konteksta na koji se ona odnosi. Iako je već bilo govora o tome da fraktalna dimenzija nije isto što i gustina izgrađenosti, za očekivati je da je ona, kao jedna od mjera popunjenosti prostora, veća za centralne, gušće izgrađene zone, a manja za periferne, pogotovo one na prvoj fazi razvoja, kada su uglavnom nepravilne i fragmentisane.

Za naselja Stara Varoš, Vrela Ribnička i Nova Varoš dobili smo bliske vrijednosti fraktalnih dimenzija po prvoj metodi (tabela 2). Razlika je na drugoj decimali i minimalna. Ako pogledamo planove ovih naselja, vidimo da približne vrijednosti fraktalne dimenzije oslikavaju sličan odnos jedinica građenih struktura prema veličini parcele ali je urbana matrica bitno drugačija. Već je rečeno o suštinskim razlikama u njihovim procesima nastajanja.

Sledeći korak je bio da istu analizu izvršimo drugim alatom. U tabeli 3 su prikazani rezultati dobijeni pomoću *Fractalyse*, koji za razliku od *FracLac*-a daje mogućnost izbora između linearne i nelinearne aproksimacije empirijske krive.

<i>Naselje</i>	Nelinearna aproksimacija		Linearna aproksimacija	
	D_f	r^2	D_f	r^2
Nova Varoš	1.858	0.99996	1.659	0.9972
Blok V	1.850	0.99997	-	n.r.
Konik	1.661	0.99978	-	n.r.
Novi Grad	1.780	0.99995	-	n.r.

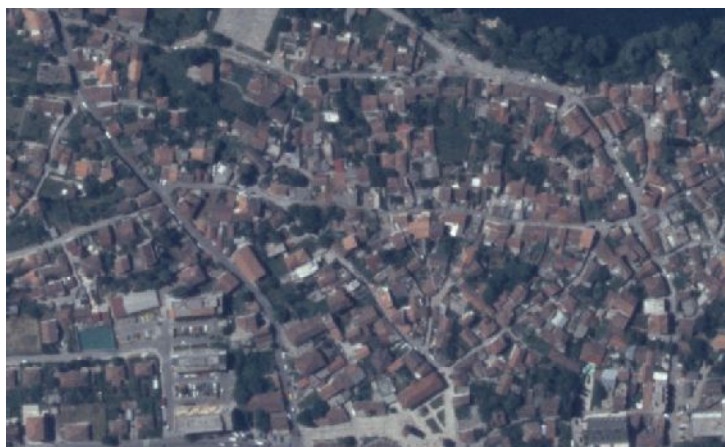
Pobrežje	1.743	0.99983	-	n.r.
St. Aerodrom	1.709	0.99985	1.604	0.9988
Vrela Ribnička	1.686	0.99980	-	n.r.
Tološi	1.636	0.99971	-	n.r.
Stara Varoš	1.685	0.99989	1.648	0.9989

Tabela 3: Rezultati dobijeni pomoću programskog alata *Fractalyse*

Ovdje smo dobili dobru (visoki koeficijenti korelacije!) linearnu aproksimaciju za Staru Varoš, Novu Varoš i Stari Aerodrom, što ih karakteriše kao fraktale. Za ostale matrice je adekvatna bila nelinearna aproksimacija dobijene krive, ali takođe sa dobrim koeficijentima korelacije, što potvrđuje da je izbor parametara bitnih za analizu (razmjera, kvalitet slike, podešavanja) bio odgovarajući.

Prilikom ove analize došli smo do bitnog zaključka. Matrice sa potpuno različitom istorijom urbanizacije, mogu pokazivati fraktalne karakteristike i to u sličnoj mjeri! Ovdje je to očigledno na primjerima Stare Varoši, Nove Varoši i Starog Aerodroma. „Uzrok“ fraktalnosti može biti spontana regulacija, samoorganizacija, jednako kao i planerski koncepti.

Međutim, i ovdje se javio sličan slučaj da matrice različite u fizičkom i urbanističkom smislu imaju približne vrijednosti fraktalne dimenzije. Ovaj podatak je od bitne važnosti za urbaniste. Naime, odnos jedinica građenih struktura prema veličini parcele je nešto što se u urbanističkom planiranju zadaje/utvrđuje indeksima zauzetosti i izgrađenosti. Međutim, dobijena fizička struktura može biti različitih prostornih, tj. urbanih kvaliteta, o čemu se, donekle, može dobiti utisak i na osnovu fotografija, odnosno orto-foto snimaka odabranih naselja.



Slika 62. Orto-foto snimak Stare Varoši



Slika 63. Orto-foto snimak Nove Varoši

Na snimcima navedenih naselja, vidimo da se radi o različitim planerskim konceptima ali i o kvalitetu objekata, uređenosti dvorišta, razgranatosti i hijerarhiji saobraćajnica.

I dok se nepravilna matrica Stare Varoši i vizuelno odvaja od ortogonalnih i pravilnih matrica Nove Varoši i Vrela Ribnička, a grafici lakunoznosti potvrđuju to svojim odstupanjem, zanimljivo je uočiti razliku među dvijema poslednjim, geometrijski sličnijim, matricama. Prva je centar modernog grada, karakterišu je dobri uslovi stanovanja i postojanje različitih centralnih sadržaja. Druga je građena sa malo kapitala, osim stanovanja praktično nema drugih sadržaja i uslovi života su mahom veoma loši.

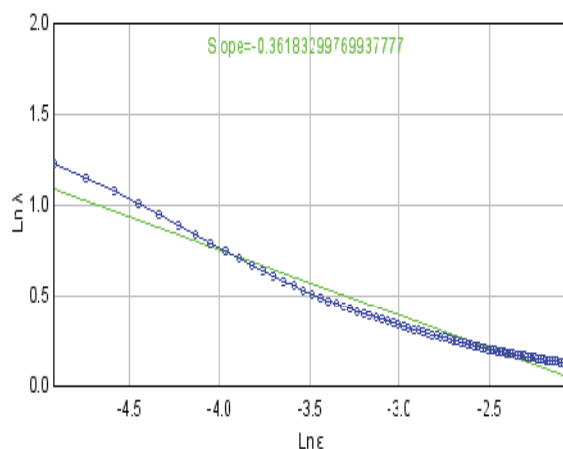


Slika 64. Orto-foto snimak Vrela Ribničkih

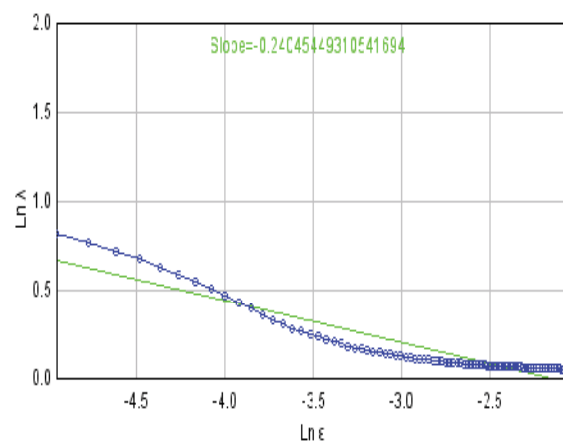
Kada uporedimo vrijednosti za lakunoznost uočavamo da nepravilna matrica Stare Varoši ima duplo veću lakunoznost od ortogonalnih matrica Nove Varoši i Vrela Ribničkih.

Kada uporedimo grafike dvaju zadnjih matrica (slike 66 i 67), vidimo da Vrela Ribnička imaju krivu lakunoznosti sa izraženijom konveksnošću, odnosno konkavnošću... Kriva lakunoznosti za Staru Varoš (slika 65) je najpribližnija pravoj liniji, pa zaključujemo da što je matrica više nalik ortogonalnoj pravilnoj rešetki, dakle što je homogenija, njena kriva lakunoznosti ima veća odstupanja od prave linije.

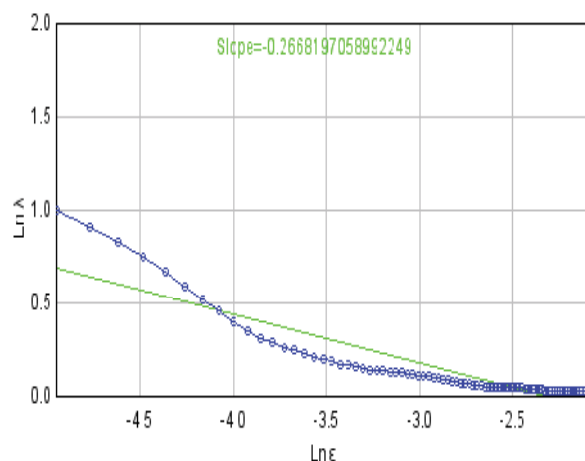
Fraktalne matrice imaju sličnu homogenost na svim skalama pa daju pravolinijske dijagrame lakunoznosti, tako da se fraktalna priroda matrice Stare Varoši potvrđuje i na ovaj način.



Slika 65. Grafik lakunoznosti za naselje Stara Varoš

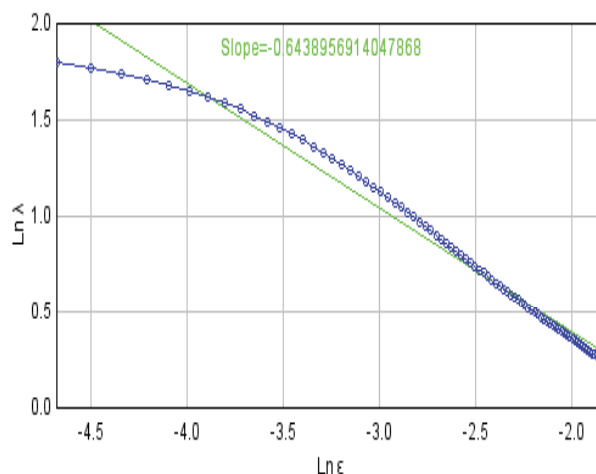


Slika 66. Grafik lakunoznosti za naselje Nova Varoš



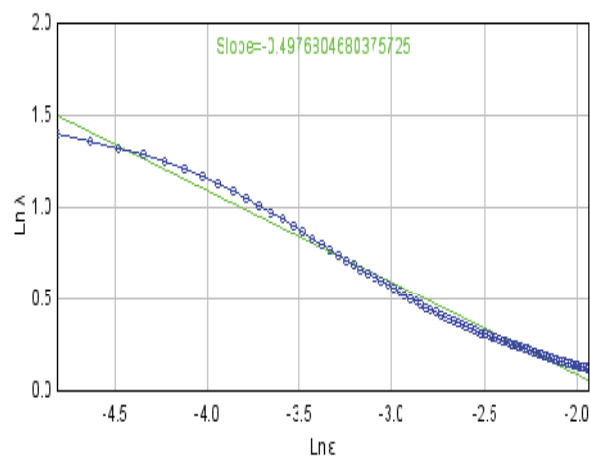
Slika 67. Grafik lakunoznosti za naselje Vrela Ribnička

Blok V ima krivu lakunoznosti sasvim drugačijeg oblika od svih ostalih (slika 68), što ukazuje na njegovu posebnost u morfološkom smislu, a koja je ovdje posljedica planerskog koncepta. Takođe, najveći pad krive i njena pretežna konkavnost govori da se radi o slučajno, nepravilno lociranim objektima. Konveksnost krive, suprotno, upućuje na grupisanje objekata.

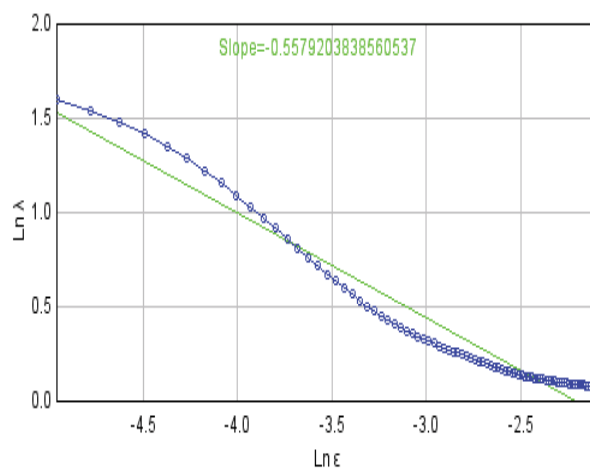


Slika 68. Grafik lakunoznosti za naselje Blok V

Kada se analiziraju vrijednosti lakunoznosti uočavaju se dvije grupe matrica. Veće vrijednosti lakunoznosti se javljaju kada postoje praznine ili pravilna mreža širokih ulica i čak niže gustine izgrađenosti. To su u našem primjeru, modernija naselja (Novi Grad, Pobrežje i Blok V), sa vrijednostima lakunoznosti iznad 0.6, vjerovatno uzrokovane planerskim konceptima (slike 69, 70).

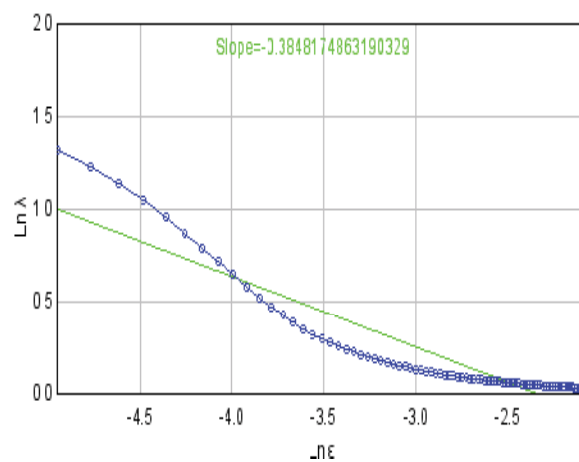


Slika 69. Grafik lakunoznosti za naselje Novi Grad

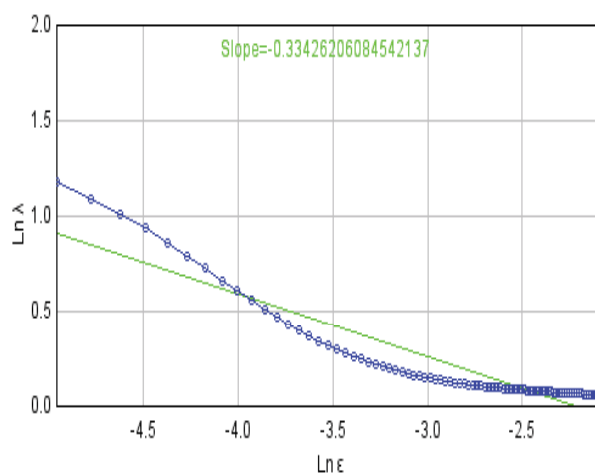


Slika 70. Grafik lakunoznosti za naselje Pobrežje

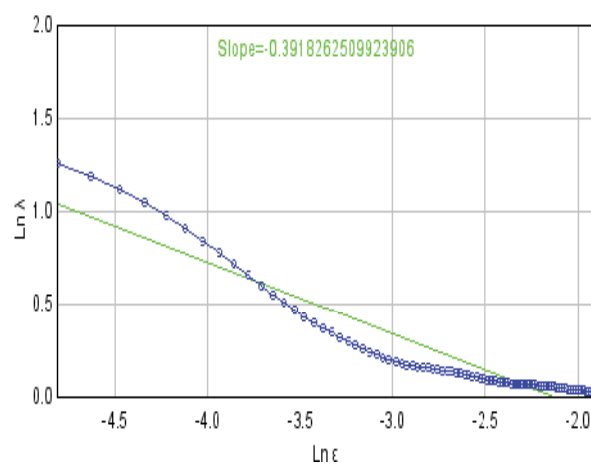
Imajući u vidu fizički smisao lakunoznosti, očekivano je da se niske vrijednosti lakunoznosti javljaju tamo gdje su veće gustine, što je slučaj kod neformalnih naselja najčešće. Sa neformalnim naseljima je često povezana i mala permeabilnost prostora, odnosno nepravilne strukture ili ulične mreže. Ipak, u skladu sa analiziranim, izvodi se zaključak da se niske vrijednosti lakunoznosti odnose na veće gustine i više kontrole u planiranju, a kako kontrola opada, za istu gustinu lakunoznost raste!



Slika 71. Grafik lakunoznosti za naselje Tološi



Slika 72. Grafik lakunoznosti za naselje Konik



Slika 73. Grafik lakunoznosti za naselje Stari Aerodrom

Matrice sa boljim uslovima stanovanja obično imaju veću lakunoznost, što se fantastično čita u primjeru Bloka V.

Možemo zaključiti da su razlike u lakunoznosti rezultat morfoloških i socijalnih osobenosti svake zajednice, dok fraktalna dimenzija otkriva šta je zajedničko ovim strukturama: ponavljanja kroz različite razmjere i inherentna kompleksnost.

Naravno, primjetna je razlika u vrijednostima lakunoznosti dobijenim *Sliding Lacunarity* (SLAC) i *Box Counting* metodom (tabela 2). Ipak, kada se bavimo uporednom analizom većeg broja matrica, moguće je izvesti skoro identične zaključke o odnosu njihovih lakunoznosti, koju god metodu koristili. Zaključujemo da je lakunoznost nužan grafički indikator kojim se dopunjuju podaci o fraktalnoj dimenziji urbanih jedinica.

5.7. Sprovedeno istraživanje u cilju ocjene uticaja određenih faktora građene sredine na kvalitet života u naseljima

U okviru istraživanja mogućnosti primjene fraktalne geometrije na planiranje, a u skladu sa opredjeljenjem ka integralnom planiranju, održivom razvoju i u vezi sa tim, višekriterijumskom odlučivanju (o čemu je bilo govora u drugom i četvrtom poglavlju), uradili smo anketu na temu procjene uticaja određenih faktora građene sredine na kvalitet života u naseljima. Odgovore smo potražili od onih korisnika prostora koji se direktno ili posredno bave gradskim prostorom, a to su inženjeri. Izbor ove ciljne grupe uslijedio je u namjeri da dođemo do informacije koji su to najvažniji kriterijumi za ocjenu kvaliteta života u gradu po mišljenju stručne javnosti. Istraživanje je urađeno na uzorku od 193 upitanih.

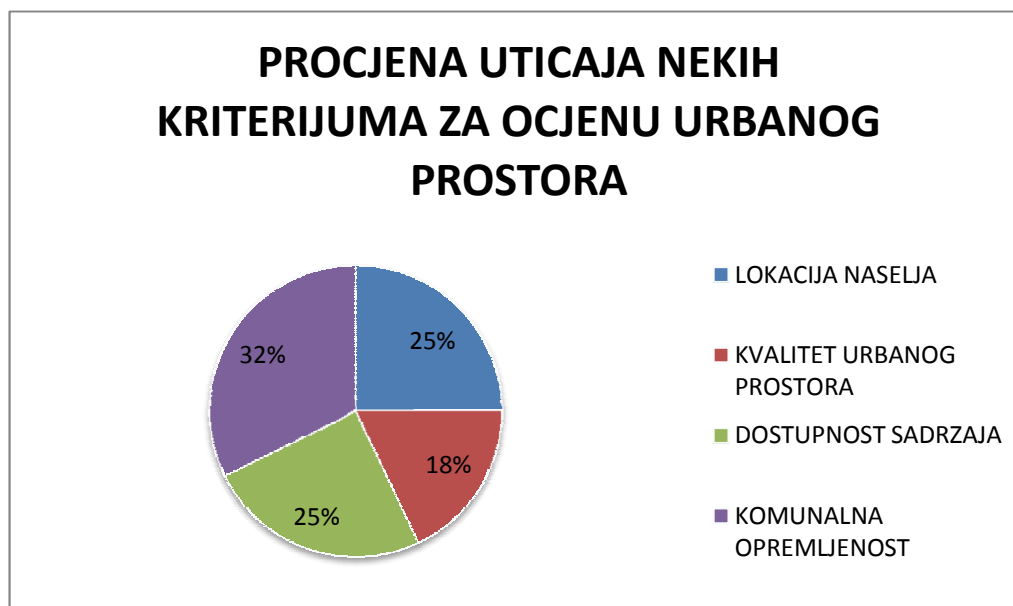
Upitnik - anketni listić, dat je u Prilozima.

Na molbu da procentualno procijene uticaj faktora: lokacija naselja, kvalitet urbanog prostora, dostupnost sadržaja i komunalna opremljenost na kvalitet života u gradu, dobijeni su odgovori kako slijedi. Karakteristično je to da se odgovori odnose na teme koje se mogu grafički očitavati u građenoj sredini. Tu se misli na odnos prema glavnom i sekundarnim gradskim centrima, distance do određenih pratećih sadržaja, površine pod parkovima, rečne obale, rekreativne zone i dr. Izuzetak je pitanje komunalne opremljenosti nekog prostora koja se ne može u potpunosti očitavati grafički osim u dijelu saobraćajnica i trgova, jer se većina infrastrukture (hidrotehnička, energetska, informacijska) vodi podzemno.

U rangiranju kriterijuma (slika 74), kvalitet urbanog prostora je, prema rezultatima ankete, najniže rangiran. Ovo se može istovremeno i dvojako i oprečno tumačiti. Prvo, ovaj je jedini od četiri kriterijuma koji se zasniva na subjektivnoj ocjeni upitanika, odnosno doživljaju. Ostali ponuđeni kriterijumi, iako se ocjenjuju subjektivno, zasnovani su na

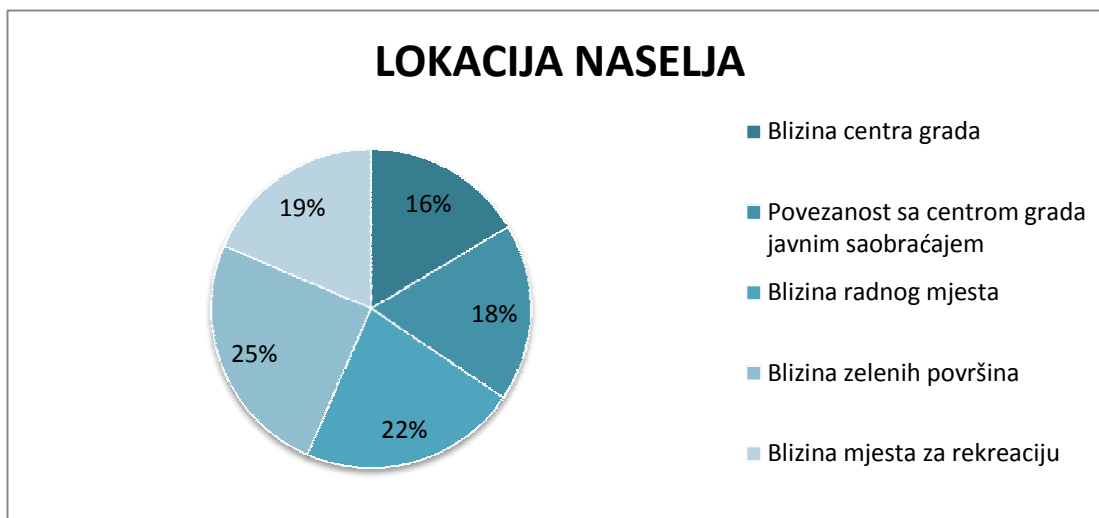
egzaktnim parametrima (položaj svog naselja u odnosu na ostale urbane sadržaje, komunalna opremljenost, dostupnost pratećih sadržaja...)

Takođe, vidimo da je komunalna opremljenost, sa udjelom od 32%, od najveće važnosti za kvalitet života u naselju, i taj rezultat možemo iskoristiti kod osmišljavanja modela upravljanja prostorom. Jedna od mogućnosti je da se, kao u nekim sistemima zapadnoevropskih zemalja, građevinsko zemljište daje na korišćenje tek nakon što je potpuno komunalno opremljeno.



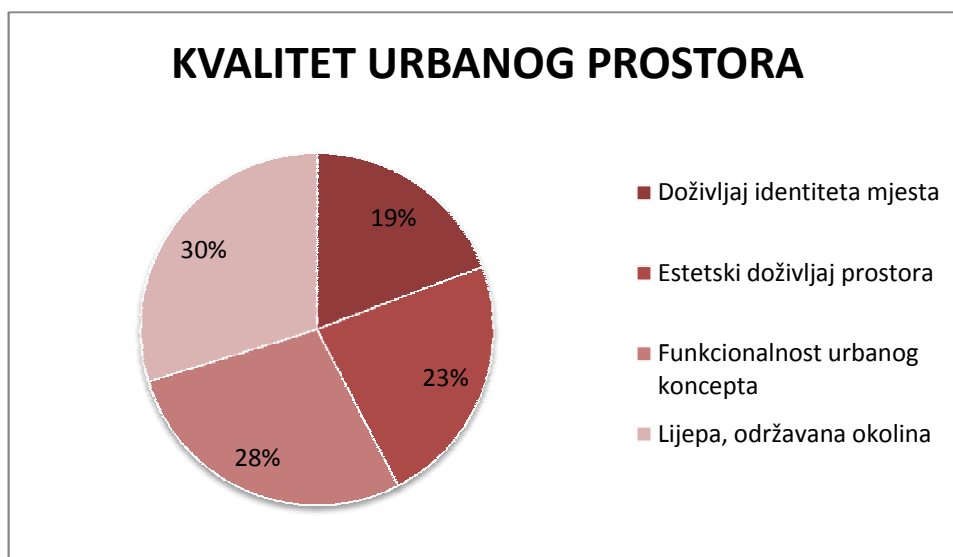
Slika 74. Dijagram uticaja pojedinih kriterijuma za ocjenu urbanog prostora

Odgovori i ocjene u vezi sa lokacijom konkretnog naselja u okviru šire urbane cjeline mogu biti grafički prezentovani i poslužiti kod analize fraktala toga prostora (slika 75). Uočava se zanimljiv podatak da je blizina zelenih površina od najveće važnosti u procjeni lokacije naselja, dok je blizina centra grada daleko manja značajna. Ovakav rezultat tumačimo dvojako. U pitanju se generalno poboljšani uslovi prevoza do centra, kao i urbanizovano šire područje grada sa dobrom mrežom centara, ali i želja i potreba stanovništva za kontaktom sa prirodom. Ako ovom procentu pridružimo i važnost blizine rekreativnih zona, sa obzirom na to da ih u nekom segmentu možemo i objediniti, dobijamo važne parametre za dalje odlučivanje i planiranje prostora.



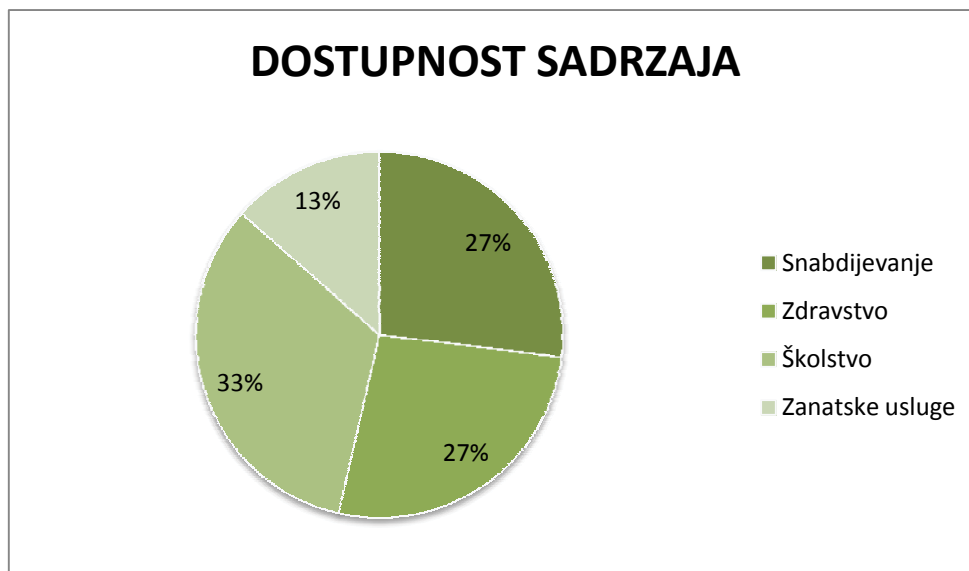
Slika 75. Dijagram uticaja pojedinih faktora na ocjenu lokacije naselja

Kada je u pitanju procjena važnosti pojedinih parametara u okviru kvaliteta urbanog prostora (Slika 76), od navedenih odrednica u anketi samo funkcionalnost urbanističkog koncepta je moguće grafički očitavati. Ostale tri odrednice se odnose na subjektivnu ocjenu/doživljaj. Međutim, u sličnoj anketi je moguće fokusirati analizu na ona naselja, odnosno urbane cjeline, za koje se građani većinom izjasne da su visokog kvaliteta urbanog prostora. U tom slučaju, analizom geometrije naselja možemo doći do upotrebljivih inputa za upoređivanje sa drugim urbanim cjelinama. Nakon toga, se mogu definisati geometrijski pokazatelji u okviru fraktala. Ovdje je očigledno da je neophodno razvijanje metodologije ankete čiji bi rezultati bili direktnije upotrebljivi za analizu fraktala.



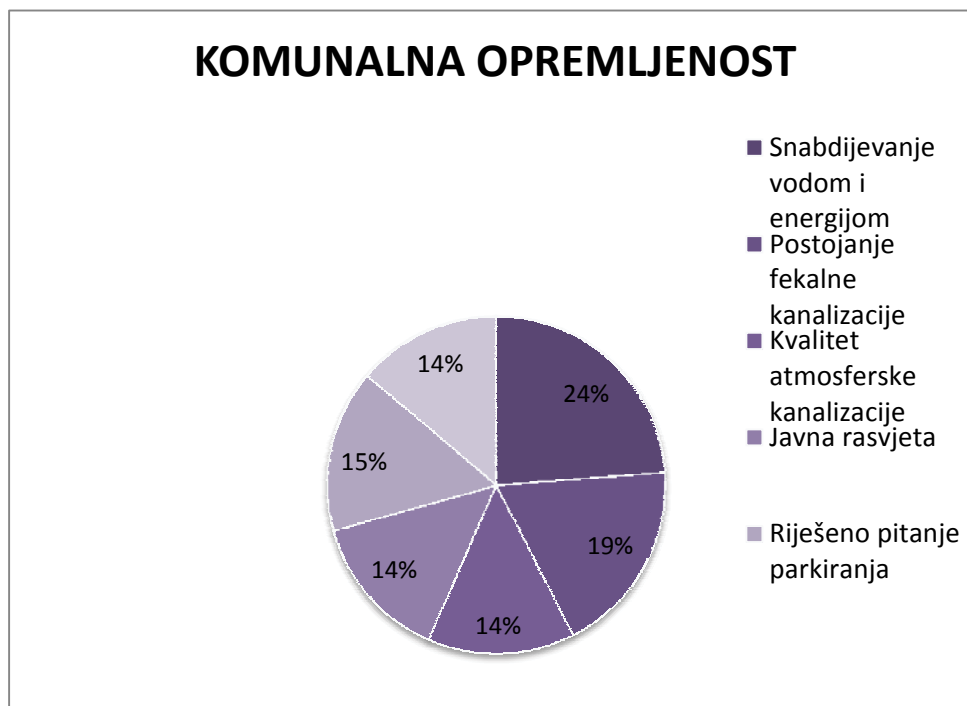
Slika 76. Dijagram uticaja pojedinih faktora na ocjenu kvaliteta urbanog prostora

I u slučaju interpretacije grafikona na slici 77, ocjene u vezi sa dostupnošću sadržaja mogu biti grafički prezentovane i poslužiti kod analize fraktala toga prostora. Dobijeni podaci naglašavaju važnost dostupnosti školskih ustanova, a skoro tri puta manja važnost se pridaje dostupnosti zanatskih usluga, što svakako može biti jedan od inputa za planiranje naselja.



Slika 77. Dijagram uticaja pojedinih faktora na ocjenu dostupnosti sadržaja

Kao što je već napomenuto, komunalna opremljenost nekog prostora se ne može u potpunosti očitavati grafički, osim u dijelu saobraćajnica i trgova, jer se hidrotehnička, energetska, informacijska infrastruktura vodi podzemno. Međutim, grafičke karakteristike saobraćajnica i trgova i njihov raspored bitno utiču na stvaranje geometrije građene sredine, pa sledstveno i na fraktalni otisak toga prostora. Ovaj podatak, uz ocjenu dobijenu kroz anketu, može biti veoma značajan, a u nekim slučajevima i ključan pri definisanju fraktalnih karakteristika prostora.

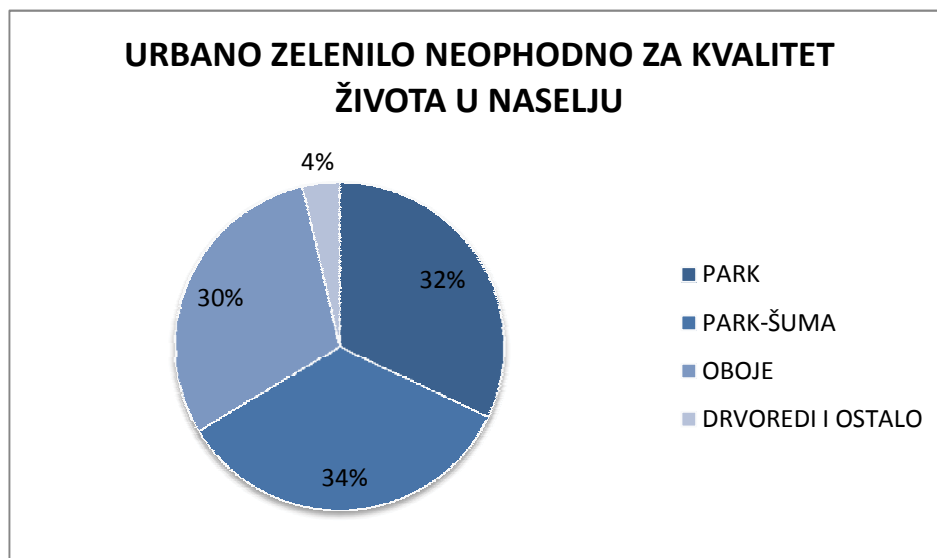


Slika 78. Dijagram uticaja pojedinih faktora na ocjenu komunalne opremljenosti

U drugom dijelu ankete, postavljena su dva dodatna pitanja:

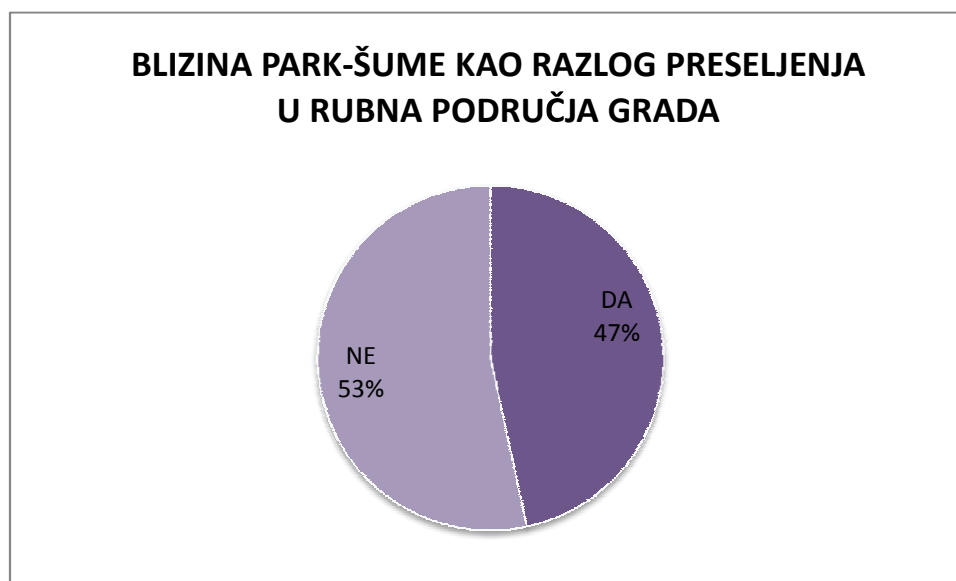
- Koje od navedenih objekata urbanog zelenila smatrate neophodnim za kvalitet života u naselju: park, park-šuma, drvoređi ili nešto drugo?
- Da li bi blizina parka ili park-šume bio razlog za preseljenje u rubna područja grada kada biste bili u mogućnosti da mijenjate postojeći stan?

Veliki procenat ispitanika je blizinu parka, park-šume ili čak oboje, smatrao neophodnim uslovom za kvalitetan život u naselju, ukupno 96%. Samo 4% upitanih bi se zadovoljilo postojanjem drvoređi, travnjaka i drugih objekata zelenila, vidimo na slici 79. Ovaj podatak je od velike važnosti za donošenje odluka o građenoj sredini i ukazuje na potrebu takvog oblikovanja građene sredine koje bi ove objekte zelenila približilo najvećem broju stanovnika. Fraktalna geometrija može ponuditi neka rješenja, kako ćemo vidjeti u narednom poglavlju.



Slika 79. Dijagram uticaja objekata urbanog zelenila na kvalitet života u naselju

Koliko je kontakt sa prirodom važan današnjem čovjeku, čak na svakodnevnoj bazi, vidimo sa slike 80. Na pitanje da li bi blizina parka ili park-šume bio razlog za preseljenje u rubna područja grada, blizu polovine ispitanika je odgovorilo potvrdno. Taj podatak može da utiče na upravljanje građanom sredinom bar po dva osnova: prvo, stanovništvo ima potrebu da bude blizu otvorenih prostora, dakle ne hrli ka centru grada; drugo, da bi do preseljenja došlo, moraju se obezbijediti kvalitetni ostali faktori, kao što su dobra komunalna opremljenost i dostupnost sadržaja, ili dobre saobraćajne veze.⁶



Slika 80. Dijagram uticaja blizine šume kao razloga za preseljenje u rubna područja

⁶ Iako nije usko vezano sa temom ovog rada, u okviru ankete smo pitali i dobili odgovor da bi 57% stanovnika Podgorice svakodnevno koristilo bicikl kao prevozno sredstvo, kada bi u gradu postojali uslovi za bezbjednu vožnju. Odluka o izgradnji biciklističkih staza bi bila višestruko opravdana.

Iz rezultata ankete proizilaze sledeći zaključci:

- a) Da je anketu moguće i poželjno (uz neminovno metodološko prilagođavanje i razvoj) koristiti kao vid provjere odnosa građana prema građenoj sredini i provjere izbora mogućih fraktalnih obrazaca za dalje planiranje;
- b) Da je anketu moguće koristiti za upravljanje građenom sredinom u smislu isticanja kvaliteta prostora, čijim daljim usmjeravanjem možemo uticati na povećanje zainteresovanosti korisnika tog prostora, kao i investitora. Ovo je povezano sa razvojem metode primjene fraktala za različite oblike upravljanja nekretninama;
- c) Kada je u pitanju višekriterijumsko odlučivanje, na ovaj način možemo provjeriti težinske koeficijente nekih kriterijuma, odnosno procijeniti važnost koju svaki pojedinačno ima za krajnje korisnike prostora.

5.8. Zaključak

Urbana forma u sebi obuhvata matricu i procese. Matricom opisujemo prostorne karakteristike forme u određenom trenutku, a proces predstavlja njenu promjenu kroz vrijeme. Stoga je i pojam kompleksnosti koju mjerimo fraktalnom dimenzijom, iz domena geometrijske slike te matrice, tj. građene sredine.

U urbanističkom planiranju se pojam kompleksnosti odnosi na brojnost, raznovrsnost i jednovremenost urbanih funkcija u nekom urbanom prostoru. Fraktalna dimenzija, neminovno, obuhvata cio sadržaj slike fizičke strukture, dakle i urbanu kompleksnost, ali ova ostaje skoro nesaglediva kroz fraktalnu dimenziju, što smo vidjeli na primjeru Nove Varoši i Vrela Ribničkih. Fraktalna dimenzija odnosi se na sliku, tj. dvije dimenzije, a prostor grada ima i treću dimenziju iz koje proističe većina onoga što definišemo kroz izraze: sadržaji, aktivnosti, identitet prostora i sl., a što su neophodni urbanistički i urbanološki podaci. Izvodi se zaključak da procjena fraktalne dimenzije ne može biti dovoljna za urbanu klasifikaciju.

Za potrebe detaljnijih urbanističkih i urbanoloških istraživanja predlaže se uvođenje još jednog parametra, ovdje nazvanog urbana dimenzija, a koji bi se dobijao iz podataka o broju i vrsti urbanih funkcija u određenoj urbanoj cjelini, koji proističu iz primjenjenih urbanističkih standarda po kojima je nastajalo naselje. Ako se radi o fizičkim strukturama koje su nastale kombinacijom istorijskog i kasnije planskog razvoja, ovi podaci bi se preuzimali sa nivoa GUP-a, a ako su nastale spontano, onda bi bilo neophodno snimanje stanja u prostoru.

Međutim, fraktalna dimenzija je parametar pogodan za uvid u forme građanih matrica i za definisanje smjernica za urbani razvoj, čak i uz sva pomenuta ograničenja. Ovdje smo

takođe pokazali i da nije dovoljan parametar. Razmatrajući prostornu distribuciju građenih područja na taj način, ne dobijamo informaciju o slobodnom prostoru između zgrada, o tome koliko je efektivno korišćen. Na primjer, prilično uniformna distribucija koja karakteriše stara gradska jezgra ili neke zone individualnog stanovanja, uglavnom ne podrazumijeva i raznovrstan opseg zelenih sadržaja. To vidimo na primjeru Stare Varoši ili Tološa. U tom slučaju, smatramo da je smisleno uvesti lakunoznost kao dodatni parametar za opis i/ili klasifikaciju matrica.

Lakunoznost zavisi od geometrijske distribucije objekata, indeksa zauzetosti tla i razmjere na kojoj se matrica posmatra.

U cilju uspostavljanja relacija između izmjerenih vrijednosti (fraktalne dimenzije i lakunoznosti) i određenih planerskih koncepata, moguće je dati neke opsege vrijednosti ovih parametara za različite tipove matrica.

Λ \ D_f	$D_f \in (1.4 - 1.6)$ Slabo naseljene matrice ili jako kontrastne matrice	$D_f \in (1.6 - 1.8)$ Nepravilne matrice: Različite veličine praznih prostora , više kontrasta Planerska specifičnost	$D_f \in (1.8 - 2.0)$ Homogene matrice: Rezidencijalne zone bez javnih prostora, gradski centri ili velike gustine
$\Lambda \in (1.4 - 2.0)$ Heterogene matrice	+	*	
$\Lambda \in (0.8 - 1.4)$ Srednje homogene	-	+	*
$\Lambda \in (0.4 - 0.8)$ Homogene matrice	-	-	+
$\Lambda \leq 0.4$	-	-	-

Tabela 4. Tabela prikaz vrijednosti fraktalne dimenzije i lakunoznosti za različite vrste urbanih matrica

Ako tabelarno predstavimo neka znanja i zaključke do kojih smo došli na osnovu ovog i istraživanja drugih autora, a u vezi vrijednosti lakunoznosti i fraktalne dimenzije koje su karakteristične za pojedine tipove matrica, možemo primjetiti sledeće:

- Najčešće se javljaju one kombinacije vrijednosti lakunoznosti i fraktalne dimenzije koje su u tabeli označene znakom + ;

- Moguće je prilikom planiranja računati i sa kombinacijama označenim znakom * , budući da je čak veća lakunoznost i poželjna, mada sve kombinacije u gornjoj desnoj polovini (iznad dijagonale) mogu biti prihvatljive;
- Kombinacije ispod dijagonale ne možemo smatrati poželjnim jer ili idu u veoma nisku lakunoznost, a time i homogenost i bezličnost, ili je kompleksnost (izražena kroz male vrijednosti fraktalne dimenzije) nedovoljna.

Naravno, podrazumijeva se da su ovo generalna razmatranja i generalne smjernice, a da svaka pojedinačna matrica mora biti analizirana i diskutovana u zavisnosti od konteksta i njene posebnosti.

Kada su u pitanju matrice ovdje odabrane za analizu, primjećeno je da fraktalne dimenzije ne dostižu maksimalne vrijednosti opsega koje za slične matrice navode istraživači evropskih gradova. Naravno, mnogo je faktora po kojima se Podgorica razlikuje od evropskih metropola ali imajući i to u vidu, ostaje činjenica da fraktalna dimenzija ima „prostora” da raste, kako na periferiji, tako i u centralnim djelovima. Ovdje je potreban dodatan oprez da se ne bi fraktalna dimenzija zamijenila sa gustinom izgrađenosti, a to znači da ne treba ići na bilo kakvo „popunjavanje praznog prostora”, nego na ono koje će više uticati na povećanje kompleksnosti, a manje na povećanje gustine.

Fraktalne dimenzije i granice i površine u Podgorici mogu još rasti i tu činjenicu treba kroz planiranje imati u vidu. Naravno, podrazumijeva se dosledna primjena urbanističkih standarda koji su kod nas dati u Studiji standarda prof. Milića [36].

Povećanje fraktalne dimenzije urbane granice može biti način da se izvede lokalno povećanje gustine bez gubitka u kvalitetu života, odnosno rubna područja grada koja daju oblik urbanoj granici, mogu biti progušćena ali ne na uštrb njihovog kontakta sa slobodnim ili zelenim površinama. Rezultati istraživanja (ankete) su pokazali veliku zainteresovanost građana za naseljavanjem takvih područja i ukazali na moguće pravce odlučivanja u tom smislu.

Imajući u vidu prethodne rezultate, može se zaključiti da analize i koncepti bazirani na teoriji kompleksnosti i fraktalnoj geometriji, u kombinaciji sa računarskim programima i alatima, mogu dati nove kriterijume prilikom odlučivanja, pa time i upravljanja građenom sredinom. Ankete, kao način istraživanja mišljenja javnosti (u ovom slučaju, stručne), kao što je poznato, takođe mogu dati važne smjernice za planiranje, uz sve gore navedeno.

6. MODEL UPRAVLJANJA GRAĐENOM SREDINOM PRIMJENOM FRAKTALNE GEOMETRIJE

6.1. Uvod

Dugoročno planiranje se zasnivalo na ideji da se namjena površina, aktivnosti i potrebe ljudi mogu planirati i po 20 godina unaprijed. Uvođenje teorije haosa u urbanističko planiranje zahtijeva sveobuhvatanu promjenu u konceptu – da postoji ne jedna nego brojni mogući scenariji budućeg razvoja i da je u to uključen veliki broj faktora odlučivanja, kao i veliki broj ciljeva.

Nameće se pitanje: Zašto tradicionalne metode analize nisu dovoljne? Knežević nudi odgovor: „Jer ne tretiraju nelinearnost problema i veliki broj parametara sistema... Procesi upravljanja su međusobno povezani svojim rezultatima, pa je rezultat jednog procesa ulazna informacija za drugi.“ [37] Zadnja rečenica ujedno oslikava i princip nastajanja fraktala!

Takođe se mora imati u vidu je „urbani koncept za XXI vijek“ - Atinska povelja iz 1998. godine - baziran na principima održivog razvoja. Svjesnost o kompleksnosti savremenog planiranja podrazumijeva razumijevanje prostora, integracije, komunikacije, reda i harmonije. Prioritizuju se:

- očuvanje istorijskih vrijednosti, identiteta i kulture zajednica;
- ravanoteža između postojećih i novoplaniranih šema;
- veza prirodne i građene sredine;
- razvoj gradova kao nezavisnih jedinica integrisanih na regionalnom nivou;
- uključivanje građana u donošenje odluka itd. [38]

Čini se da transdisciplinarnost postaje nužna osobina uspješnog planiranja, o čemu Svetlana Perović piše: „Postojanje konstruktivne strategije u urbanističkom planiranju je esencijalan parametar za usmjeravanje toka urbanog procesa. Potencijal, resursi, mogućnosti i ograničenja urbanog sistema mogu biti adekvatno kontrolisana i artikulisana kvalitetnom osnovnom strategijom. Primarna strategija treba biti sistematična, višeslojna

i kompleksna i uključivati istraživanje i analizu urbanih sistema kroz različite aspekte: socio-ekonomski, ekološki, geografski, kulturni, funkcionalni, vizualni... za razvoj platforme za univerzalni dizajn i jednakost svih članova zajednice. Strategija treba da uključuje harmonizaciju interesa svih aktivnih učesnika u procesu urbanog razvoja. Imajući u vidu da lokalno okruženje do velike mjere odlučuje o obliku sredine i da svako mjesto ima određene specifičnosti, jedinstvena metodologija nije elaborirana i čak je nemoguća, osim u generalnim terminima, ali postoji zajednički cilj: razvoj uslova u ambijentu koji će krenuti u susret različitim potrebama lokalnih stanovnika.“ [16]

Upravljanju prostorom, budući da je planiranje njegov neodvojiv dio, kompleksnost je takođe imanentna. Savremene tendencije idu ka tzv. integralnom upravljanju, o kojem Vučijak kaže:

„Integralno upravljanje prostorom ne može nikako biti izdvojeno od svoga političkoga i ukupnoga društvenog i ekonomskog okruženja. Okvir djelovanja mora se prilagoditi uvjetima u kojima se može pregovarati o ciljevima različitih interesnih grupa, njihovim razinama težnje, mogućim tehničkim opcijama i, naravno, centrima odlučivanja, koji opet u sebi sadrže ili u cijelosti uzimaju u obzir postojeće društvene sile. Ono mora biti naglašeno interaktivno, uz neprekidan monitoring različitih interesnih grupa.

Očito je da ovakav pristup zahtijeva široka znanja iz različitih oblasti (metodike planiranja, sociologije, ekologije, hidrologije itd.), kao i visoku sposobnost za upravljanje onih koji donose odluke, što sve „prividno“ umanjuje mogućnost potpune učinkovitosti modela koji treba u sebi uključiti sve važne ciljeve, kriterije kojima će se vrednovati dosezanje istih.

U procesu odlučivanja relevantni su čimbenici različite grupe koje predstavljaju i javne i pojedinačne interese, a neophodno je primijetiti da u najvećem broju slučajeva procesi odlučivanja uključuju više sudionika. Sve to upućuje na to da bi tehnike, procedure, modeli koje obuhvaća integralno upravljanje prostorom morale postajati sve složenije kako bi udovoljile zahtjevu integralnosti i sve boljoj preciznosti i kvaliteti, dok istodobno ostaje i zahtjev za njihovom jednostavnošću radi šire i lakše primjene u jednostavnom izboru alternative, kraćeg intervala procesiranja, nižih troškova i transparentnosti, mogućnosti izgradnje konsenzusa sudionika u procesu odlučivanja, što je već samo po sebi zaseban problem odlučivanja!“ [39]

Teorija kompleksnih sistema primjenjena na upravljanje i planiranje gradova oslikava njihove ciljeve kroz riječi *Batty*-ja: „Gradovi treba da budu posmatrani kao živi sistemi sa implikacijom da taj život, odnosno gradska forma izrasta odozdo naviše slijedeći Darwinovu paradigmu evolucije“ [5] i *Salingaros*-a: „Stepen živosti grada se mjeri time koliko mu je dozvoljeno da se razvija kao živi organizam, da dostigne svoju prirodnu organizovanu kompleksnost.“ [4]

Navedeno upućuje na zaključak, koji nije nov ali se potvrđuje i kada građenu sredinu posmatramo kroz prizmu kompleksnosti, da je fleksibilnost planova kao i istovremeno

maksimalno uključivanje i angažovanje u odlučivanju krajnjih korisnika prostora, neophodnost u savremenim procesima upravljanja.

6.2. Osnovne teorijske postavke modela

6.2.1. Teorijske osnove upravljanja

Upravljanje je neophodno za odvijanje procesa funkcionisanja i za realizaciju procesa razvoja svakog društvenog i tehničkog sistema. Stalno dejstvo upravljačkih akcija na sistem je uslov za racionalne promjene njegovog stanja.

„U opštem smislu pod upravljanjem se podrazumijeva kontinuirano dejstvo upravljačkih akcija, kojim se, uticajem na parametre, sistem prevodi iz jednog stanja u drugo; ili, izbor i realizacija upravljačkih akcija kojima se određeni sistem prevodi iz postojećeg, u neko novo stanje“ navodi P. Jovanović i citira poznatog kibernetičara *A. T. Lerner*-a koji definiše upravljanje na sledeći način: „Upravljanje je dejstvo na objekat koje poboljšava funkcionisanje ili razvoj datog objekta, a koje je izabrano iz mnoštva mogućih dejstava, a na osnovu za to raspoložive informacije.“ [40]

Odlučivanje, kao proces pripreme i donošenja odluka, je sadržano u procesima upravljanja. Proces odlučivanja najčešće dolazi nakon definisanja ciljeva i zadataka koje treba realizovati. Odlučivanje predstavlja definisanje mogućih rješenja za realizaciju zadatka, utvrđivanje kriterijuma odabira, pripremu za odabir i sami odabir najboljeg rješenja.

Proces odlučivanja je složen proces bez koga se ne može odvijati proces upravljanja. Donošenje odluka se vrši u procesu upravljanja više puta u raznim vremenskim trenucima, zavisno od nastale potrebe za donošenjem odgovarajućih odluka. Poslije svakog od osnovnih podprocesa upravljanja – planiranja, realizacije i kontrole, potrebno je odgovarajuće odlučivanje. Ali i u okviru svake od faza vrši se donošenje odgovarajućih odluka, zavisno od specifičnosti svake od njih.

6.2.2. Faze upravljanja

Velika složenost procesa upravljanja dovela je do podjele ovog cjelovitog procesa na pojedinačne procese upravljanja, radi njegovog lakšeg proučavanja. Generalno, upravljanje bilo kojim procesom može se podijeliti na faze planiranja, realizacije i kontrole. Opis pojedinih faza procesa upravljanja, u cjelosti preuzimamo iz [40].

„Planiranje predstavlja prvu fazu procesa upravljanja koja obuhvata:

- definisanje ciljeva, pravaca i globalne strategije razvoja;
- određivanje načina i sredstava ostvarenja ciljeva;
- definisanje mogućih alternativa za realizaciju postavljenih ciljeva;
- izbor najbolje alternative.

Da bi se izvršila faza planiranja, neophodno je prethodno izvršiti potrebna istraživanja na osnovu kojih se dobijaju podaci i informacije potrebe za cjelokupan proces planiranja.

Faza planiranja predstavlja složeni proces koji obuhvata veći broj različitih podprocesa i aktivnosti. U okviru planiranja vrši se i predviđanje budućih stanja i budućih događaja, bez kojih se ne bi mogli formulirati ciljevi koje upravljanjem treba dostići, i ne bi mogla da se realizuje faza planiranja i proces upravljanja u cjelini. Faza planiranja je svojim izlazom, direktnom vezom povezana sa sledećom fazom, fazom realizacije, dok je povratnom vezom vezana za fazu realizacije i fazu kontrole.

Faza realizacije obuhvata konkretno izvođenje izabrane alternative i sastoji se od neposredne pripreme za realizaciju i direktne realizacije. Priprema za realizaciju sadrži elemente pripreme i organizovanja akcija i aktivnosti koje treba vršiti u direktnoj realizaciji. Ulaz u fazu realizacije čine informacije iz faze planiranja, sa kojom je faza realizacije povezana direktnom vezom, a takođe i informacije iz okoline. Izlaz je povezan direktnom vezom sa fazom kontrole. Faza realizacije je vezana povratnom vezom za fazu planiranja.

Faza kontrole je zadnja faza procesa upravljanja u kojoj se vrši upoređenje između zadatog (planiranog) i ostvarenog. Faza kontrole prima izlaze od faze realizacije, kao svoj ulaz, i odmjerava da li su ovi realizovani izlazi u skladu sa planiranim. Izlaz faze kontrole je povratnom vezom povezan sa fazom planiranja i sa fazom realizacije, te se na taj način reaguje na moguća odstupanja u realizaciji i novim planiranjem utiče na realizaciju, u cilju korekcije.

Fazu kontrole treba shvatiti dinamički, odnosno kao kontrolu realizacije i kontrolu realizovanog. Kontrola ne upoređuje samo konačne izlaze realizacije, već permanentno prima informacije od realizacije, i tako kontroliše da li se proces realizacije odvija kako je to predviđeno. U tom smislu eventualne korekcije koje na osnovu informacija dobijenih povratnom vezom, vrši faza planiranja, ili faza realizacije, su pravovremene i znatno poboljšavaju končne efekte. Konačne izlaze iz faze realizacije, kontrola prima i upoređuje ih sa zadatim, i šalje informacije o tome ponovo u fazu planiranja. Na osnovu ovih informacija, u ponovljenom procesu, vrše se potrebne korekcije i poboljšanja procesa kojim se upravlja.

Pojedine faze, globalni podprocesi ukupnog procesa upravljanja su takođe neprekidni i stalno ponavljajući procesi koji se, uopšteno gledano, sastoje od istih podprocesa – planiranja, realizacije i kontrole. Znači planiranje, kao globalna faza procesa upravljanja, se takođe sastoji od istih podprocesa – planiranja, realizacije i kontrole, pa imamo planiranje planiranja, realizaciju planiranja i kontrolu planiranja, itd.“ [40]

Čitav proces je iterativan što neminovno podsjeća na proces generisanja fraktala!

Ovakva podjela procesa upravljanja je samo prvi korak ka rješavanju problema, jer faze nisu striktno razdvojene, često se djelimično preklapaju, ponavljaju se i imaju jake međusobne veze. Koju od njih i u kojim slučajevima treba detaljnije razmatrati, zavisi od karaktera proučavanja i ostalih trenutnih uslova i potreba.

6.2.3. Ciljevi i kriterijumi upravljanja

Svaka ljudska aktivnost smišljena je i poduzeta sa nekim ciljem. Sagledavanje i definisanje cilja predstavlja primarnu i osnovnu fazu svakog racionalnog djelovanja, a bez njega se ne može ni pristupiti realizaciji bilo koje aktivnosti. Efikasno upravljanje pretpostavlja jasno sagledavanje i definisanje različitih ciljeva, osnovnih i operativnih, dugoročnih i kratkoročnih.

„Primarni zadatak, a svakako i jedan od najvažnijih pri određivanju upravljanja svakim sistemom je definisanje cilja sistema i cilja upravljanja sistemom. Cilj sistema se definiše kao novo, željeno stanje u koje treba sistem prevesti. Cilj sistema se dostiže konkretnim upravljačkim akcijama – upravljanjem sistemom.“ [40]

Na osnovu ovog zaključujemo da je upravljanje sistemom samo prevođenje sistema iz postojećeg u novo stanje, pa cilj upravljanja sistemom proizilazi iz cilja sistema. Ili, cilj upravljanja sistemom podrazumijeva izbor i realizaciju upravljačkih akcija kojima se sistem prevodi u novo stanje, kojim se u stvari dostiže cilj sistema.

Nerijetko se dešava da sistem ima više ciljeva koji mogu biti konfliktni međusobno, a potrebno ih je u manjoj ili većoj mjeri realizovati. To su često prepreke jasnom definisanju ciljeva. Postoje i takvi slučajevi u kojima je cilj održati sistem, uprkos poremećajima, u postojećem stanju.

„Upravlјati znači birati upravljačku akciju, te se kao suštinski problem upravljanja smatra odabiranje najbolje ili zadovoljavajuće upravljačke akcije iz skupa dopustivih.“ [49] Da bi mogli da biramo, neophodno je prethodno definisati kriterijume za upoređivanje upravljačkih akcija, tzv. kriterijum upravljanja. Na osnovu njega se vrši odabir i rangiranje raspoloživih upravljačkih akcija i izbor najbolje. Veoma je važno da se kriterijum tako odabere da na najbolji način usmjerava ka cilju.

Generalno, definisanje kriterijuma za konkretne upravljačke akcije predstavlja težak istraživački problem, pogotovo kada su u pitanju složeni sistemi kakvi su gradovi, jer tada treba voditi računa o mnogobrojnim, često konfliktnim zahtjevima, koje nije moguće obuhvatiti jedinstvenim kriterijumom. Ne postoji egzaktan pristup odabiru kriterijuma za konkretne upravljačke probleme, pa kriterijum često sadrži u sebi mnogo subjektivnog. [40]

Bez obzira na to koliko se precizno definišu kriterijumi upravljanja, oni ne mogu u potpunosti obuhvatiti sve ciljeve upravljanja, pa govorimo o djelimičnim kriterijumima, kada je u pitanju rješavanje konkretnih upravljačkih problema. Djelimični kriterijumi obuhvataju samo dio ciljeva upravljanja ali su tako izabrani da što bolje odražavaju te ciljeve.

Za jedan konkretan upravljački problem može biti relevantno više kriterijuma. Tada se oni sažimaju u jedan kriterijum, ili se vrši tzv. višekriterijumsko upravljanje koje uzima u obzir više kriterijuma u rješavanju upravljačkih problema.

Kada je u pitanju odabir kriterijuma upravljanja prostorom, poznato je da se pri svakoj raspravi ili pripremi novog prostornog plana pojavljuju različiti, često i kontradiktorni ciljevi korišćenja tog prostora, npr. privredni razvoj, zaštita prirode, upotreba prirodnih resursa, izbjegavanje različitih negativnih posljedica... Rijetko se dešava da se svi ciljevi, ili većina njih, dostignu istovremeno, pa planeri zapravo imaju zadatak da pažljivo odmjere važnost svakog od njih, kako bi postigli zadovoljavajuće rezultate.

Problem dobija na kompleksnosti ako uzmemo u obzir opisne kriterijume koje je teško kvantifikovati, kao što su: kvalitet života urbane sredine, humano okruženje, duh mjesta, osjećaj zadovoljstva u prijatnom ambijentu, bezbjednost... Razna istraživanja govore u prilog tome da su ovi kvaliteti povezani sa kompleksnošću građene sredine. Do sada nije bilo moguće kvantitativno izraziti ove osobine, ali analize pokazuju da fraktalna dimenzija, u kombinaciji sa drugim parametrima (lakunoznost i urbana dimenzija, npr.), ima potencijal za to.

Kod metoda koje se koriste u urbanističkom planiranju postoji grupe faktora koji su sadržani u pojmu stepen urbanosti ili stepen urbaniteta. Ovo treba razlikovati od stepena urbanizovanosti. Kad se za neko područje kaže da je visokourbanizovano, time se označava da većina stanovnika živi u gradovima. Kada se kaže da je neki dio grada, ili grad, visokog stepena urbanosti ili urbaniteta, time se saopštava da je urbani prostor visokog kvaliteta (organizovanost urbanih funkcija, kvalitetan ambijent, dobra komunalna infrastruktura i saobraćaj i sl.) [41] Odrednica urbana dimenzija, uvedena u prethodnom poglavlju, bi se odnosila upravo na to.

Navedene karakteristike su jednim dijelom egzaktno mjerljive, a jednim dijelom su opisne. Mjerljivo je, na primjer, koliko ima zelenih površina u odnosu na površinu grada i broj

stanovnika, šta je predviđeno urbanističkim standardima u smislu mreže centara (i da li postoje); ili koliko ima kvalitetnih staza za šetnju, biciklizam i sl.

Jedan od kvaliteta građene sredine, koji je nesumnjiv i svima dobro poznat ali nije mjerljiv, je doživljaj grada kao svog (rodni grad, svoj kraj i sl.). Ukoliko je zajednica dovoljno uključena u donošenje odluka, taj doživljaj će se produbljivati i povratno pozitivno odražavati kroz brigu o građenoj sredini. Ako je veliki dio žitelja nedovoljno uključen ili marginalizovan, češće su pojave otuđenosti, a onda i urbanog vandalizma, asocijalnog ponašanja, kriminala.

Otuđenost se po pravilu događa u zajednicama gdje su dinamične društvene i ekonomske promjene. Primjer: U Crnoj Gori su se za poslednjih 75 godina promijenila tri društvena sistema. Takođe postojao je i period brze industrijalizacije i dezagrarizacije od početka pedesetih do kraja osamdesetih godina, a zatim i period velike društvene segregacije tokom poslednje dvije decenije, koji još traje. U ovakvim okolnostima se kompleksnost grada ostvaruje u uslovima velike društvene neizvjesnosti.

Donošenje odluka sa aspekta više kriterijuma biva dodatno otežano činjenicom da svaki od kriterijuma koji se analizira nema jednak težinski koeficijent. Istraživanje na uzorku, kroz koje bi se sprovedla ocjena važnosti faktora, kao i „kopiranje“ provjerenih i uspješnih modela, uz obaveznu svjesnost o unikatnosti svakog pojedinačnog problema, je nešto što može koristiti.

U Podgorici je poslednje urbo-sociološko istraživanje urađeno prije četrdeset godina (1972.g.). Ovakva istraživanja su neophodna radi utvrđivanja onih kvaliteta urbanog prostora koji se ne mogu kvantifikovati, a bitni su za definisanje predloženog kriterijuma urbane dimenzije. Evidentna je potreba organizacije različitih gradskih i republičkih službi za praćenje kvaliteta, npr. Sekretarijat za urbanizam, javna preduzeća, Agencija za izgradnju...

Sa tim kontinuiranim praćenjem planske dokumentacije paralelno sa stanjem u prostoru, u vezi je i pojam susretnog planiranja. Njime se naglašava mogućnost da se planerske odluke donešene na hijerarhijski višem nivou, provjeravaju i usaglašavaju na nižem hijerarhijskom nivou. Ovo je posebno karakteristično za relacije između prostornih i urbanističkih planova, kao i između generalnih (master) i detaljnih urbanističkih planova. Susretno planiranje, odnosno istovremenost posmatranja „odozgo“ i „odozdo“ pri donošenju planerskih odluka je metoda koja nije nova, ali postaje sve aktuelnija za upravljanje građenom sredinom. Ukoliko zajednica nije dovoljno organizovana ili stimulisana da se uključi u razmatranje plana, te se neki plan donese mimo upućenosti ili volje većine građana, narušeno je načelo susretnog planiranja.

6.2.4. Fraktalnost kao kriterijum upravljanja

Kompleksnost/fraktalnost građene sredine kao kriterijum upravljanja možemo primjenjivati na tri načina. To su:

- 1) Fraktalnost kao koncept prilikom planiranja
- 2) Fraktalna simulacija urbanih sistema u cilju dobijanja prognoza urbanog rasta
- 3) Mjerenje fraktalnih karakteristika urbanih matrica u cilju klasifikacije matrica

Razmotrićemo ih pojedinačno.

- 1) Fraktalnost kao koncept je donekle korišćena u istoriji civilizacije, o čemu je bilo govora u poglavlju 4. Odnosi se na uočavanje ili planiranje željene osobine matrice i njeno ponavljanje uz manju ili veću deformaciju u cilju bolje adaptacije postojećoj sredini. Budući da se urbana forma sagledava sa tri aspekta, a to su namjena površina, saobraćaj i infrastruktura, moguće je svaki od njih tretirati na ovaj način, u skladu sa njegovim osobenostima. Takođe, i u više razmjera: na regionalnoj skali, skali grada, skali susjedstva i arhitektonskoj skali. Ono što doprinosi osjećaju zadovoljstva u ambijentu je svakako, postojanje „čovjekomjerne“ razmjere i to prepoznavanje poretka stvari od najmanje do najveće razmjere posmatranja.

Fraktalni koncept podrazumijeva i samoorganizaciju u jednom smislu, a ne samo kruto nefleksibilno planiranje. Susretno planiranje podržava kompleksnost gradskog sistema, odnosno posmatra grad kao kompleksan sistem, o čemu smo govorili.

Primjena fraktalne geometrije u početnoj fazi uređenja naselja omogućila bi bolje rezultate u oblikovanju prostora u smislu postizanja identiteta svakog naselja. Ovdje se misli na osmišljavanje ili prepoznavanje fraktala koji će nam poslužiti za planiranje na svim pomenutim razmjerama posmatranja, koji će imati funkciju povezivanja „malog sa velikim“, „dijela sa cjelinom“, a na osnovu čega bi se dalje mogla usmjeravati istraživanja i studije, a zatim i planerske i investicione aktivnosti.

Kako bi fraktal – „urbani otisak“ mogao da se primjeni na planiranje? Primjereno istražena fraktalna matrica u nekom prostoru može da bude dobar putokaz za planera kod formiranja novih građanih struktura (urbanih cjelina) ili kod rekonstrukcije postojećih, zavisno od svrhe u koju se primjenjuje, npr. planiranje građene sredine turističkog područja.⁷ Kao obrazac, fraktal pokazuje prostornu

⁷ Petar Perović, arhitekta koji je pravio programski zadatak za Slovensku Plažu, pošao je od konfiguracije paštrovskih sela koja su zbijena, gusta, ali zato čuvaju jedan drugi prostor koji ostaje slobodan. Uzimajući tu formu i multiplikujući je, uz povezivanje zelenilom i prostorima centralnih sadržaja, dobio je jedno od

situaciju kao provjereno kvalitetnu i možemo je preporučiti za upotrebu ali oprezno: nikako jednostavnim kopiranjem i ne bez uzimanja u obzir posebnosti svakog lokaliteta pojedinačno. Prirodna sredina, u Crnoj Gori reljef prvenstveno, traži pažljivo prilagođavanje matrice.

Takođe, uočavanje fraktalne matrice može poslužiti kod smjene generacija planova. Analizom nastajanja neke urbane cjeline uočavamo određene etape karakteristične za pojedine istorijske periode, socio-ekonomske odlike, kulturološke koncepte i njihovo međusobno prožimanje. Sve ovo se očekuje kao sadržaj i narednih generacija planova. Iako ne postoji dovoljna izučenost svih ovih uticaja na građenu sredinu, mi tu građenu sredinu prepoznavamo kao cjelinu i ukupnost svih navedenih i drugih uticaja. Zbog toga se i ističe kompleksnost urbanog prostora koja se ogleda i u kompleksnosti građene sredine. Fraktal je metoda kojom na dovoljno pojednostavljen, a istovremeno i dovoljno autentičan način možemo predstaviti tu kompleksnost. Pojednostavljenost se ogleda u geometriji i 2D predstavi, a autentičnost proizilazi upravo iz povezivanja svih promjena koje su prethodile stvaranju konkretnog fraktalnog obrasca koji posmatramo. Otuda, dolazimo i do iznenađujućih analogija da nam je jedan fraktal u okviru relativno bliskog gradskog prostora bitno drugačiji od drugog, upravo usled djelovanja kompleksa uticaja koji u konačnom oblikuju geometriju građene sredine. Istovremeno možemo naći i primjere istorijski veoma udaljenih naselja čiji je fraktalni otisak sličan. Na osnovu svega ovoga dolazimo do algoritma nastajanja pa prema tome i mogućeg razvoja te građene sredine.

Veoma zanimljivo je i istraživanje *Salingaros*-a o distribuciji veličina: koliko elemenata (zgrada, zelenila, slobodnih površina itd.) određene veličine treba da projektujemo u prostoru da bi izgrađena površina slijedila fraktalno skaliranje: na skali grada, zone, susjedstva...

Na kraju, iako možda ne može sasvim dosledno da se podvede pod fraktalni koncept, primjena teorije kompleksnih sistema i hijerarhije veza kao jedne od osnovnih njihovih osobina, usmjerava na povezivanje i unapređivanje savremenog urbanog tkiva na način analogan fraktalnim strukturama. Poštovanje čovjekomjernih razmjera podrazumijeva vraćanje pješačkih veza i putanja na planove grada. U postojeće urbane matrice treba interpolirati nove slojeve koji su srazmjerni pješačkom kretanju. [18]

najljepših turističkih naselja na našoj obali. Naravno, koncept koji je u Crnoj Gori uspio, možda ne bi uspio npr. u Španiji, i obrnuto, jer se ne povezuje sa prirodnom matricom - takvo nešto izaziva „infarkt prostora“ (Iz transkripta razgovora sa prof.dr Jelisavom Kalezić, arhitektom)

- 2) Fraktalnu simulaciju je osmislio i opisao *Batty* u svojim knjigama *Fractal Cities* i *Cities and Complexity*, a zasada je samo on i radi. Ovdje preuzimamo dio iz njegove knjige čiji je podnaslov: Razumijevanje gradova pomoću ćelijskih automata, modela zasnovanih na činiocima i fraktala. (*Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models, and Fractals*)

„Ključno saznanje je da gradovi pojedinačno i urbani razvoj generalno nastaju „odozdo“, od nižih struktura ka višim...i prostorni red koji uviđamo na urbanim matricama može biti objašnjen jedino na ovaj način. Način na koji se simulira takvo nastajanje zasniva se na predstavljanju osnovnih elemenata grada u dva različita ali povezana smisla: kroz ćelije koje reprezentuju fizičku i prostornu strukturu grada; i kroz činioce koje predstavljaju pojedince ili društvene jedinice koje čine da grad funkcioniše.

Naš najjednostavniji model grada izjednačava lokacije koje sadrže aktivnosti sa ćelijama gdje se dešava promjena bazirana na aktivnosti, a koja utiče na ćelije iz svog najbližeg okruženja. Ovo je *cellular automata*, čije lokalne akcije generišu prostorni red na globalnim razmjerama. Ove strukture mogu simulirati određene vrste dinamika koje karakterišu rast grada kroz prostornu raspodjelu na način „epidemije“, gdje aktivnosti utiču samo na susjedne ćelije. Ćelije su fiksirane i najjednostavniji modeli su bazirani na simulaciji urbane dinamike kroz lokalne akcije automata. Činioci su pokretni i kreću se između lokacija. Modeli koje oni generišu tretiraju takve lokacije kao ćelije u kojima su kodirane fizičke karakteristike sredine. U tom smislu, činioci mogu biti razmatrani kao pokretne ćelije. Kao nadgradnju *cellular automata*, imamo *agent based* modele ili sisteme i *multiagent* sisteme.

Ideja kako ćelije i činioci predstavljaju gradove započinje tako što za predstavljanje urbane promjene koristimo *cellular automata* koji pokazuje kako forma i matrica nastaju iz relativno jednostavnih vrsta lokalnih dinamika. Kasnije uvodimo i činioce i pokazujemo kako oni komuniciraju sa svojom okolinom i generišu neke petlje koje predstavljaju ključ nastajanja matrice.“ [18]

Sve vrste simulacija i prognoza su korisne prilikom osmišljavanja urbanističkih scenarija i od velike važnosti su za upravljanje, posebno za ona područja gdje se spontano formiraju razučene strukture koje će kasnije biti konurbacije.

U našem modelu upravljanja, simulacije mogu biti primjenjene kod praćenja primjene prostorno-planske dokumentacije različitog nivoa u svrhu pripreme za izradu naredne generacije plana, za donošenje ekspertskih ocjena iz kojih treba da proisteknu preporuke, izvještaji, smjernice, itd.

Takođe i u postupku izrade planova, radi izrade varijantnih rješenja, prije sinteze, u cilju usmjeravanja i definisanja nacrt planskog dokumenta.

- 3) Mjerenje fraktalnih karakteristika djelova urbane matrice, bilo u jednoj ili dvije projekcije, može biti korisno sredstvo u proceduri planiranja. Pod fraktalnim karakteristikama se prvenstveno misli na fraktalnu dimenziju (jednu ili više definicija fraktalne dimenzije, pa samim tim i metoda njenog mjerenja) površine i granice urbane matrice, kao i na krive skalarnog ponašanja.⁸

Mjerenje fraktalne dimenzije se može koristiti da mjeri promjenu fizičke kompleksnosti unešenu pojedinačnim zahtjevima projekta, malim ili velikim intervencijama, koje imaju direktan ili indirektan morfološki uticaj na urbane matrice (tako što ćemo mjeriti fraktalnu dimenziju prije i poslije „ucrtane“ promjene). Fraktalna klasifikacija, zoniranje po vrijednosti fraktalne dimenzije, fraktalno mapiranje – pokazano u prethodnom poglavlju, može pomoći planerima da preciznije identifikuju granice zona gdje neke od intervencija mogu ili smiju biti sprovedene u cilju očuvanja urbanih karakteristika i/ili kompleksnosti područja. Takođe, ako se dvije zone veoma različitih fraktalnih dimenzija dodiruju, to je znak da dolazi do distorzije urbane matrice, pa to može biti signal donosiocima odluka da obrate pažnju na to područje u smislu ujednačene kompleksnosti.

U praksi planiranja novih stambenih zona postoje primjeri kombinovanja različitih grupacija vidova stanovanja (jednoporodično; u nizu; kolektivno različitih gustina), uz njihovo povezivanje zonama centralnih funkcija. Već smo vidjeli (poglavlje 5) primjer tri naselja sa različitim vidovima stanovanja (Nova Varoš - pretežno kolektivno stanovanje i centralne funkcije; Stara Varoš - jednoporodično i kolektivno stanovanje i poslovanje; Vrela Ribnička - jednoporodično stanovanje sa pratećim sadržajima) koji imaju bliske vrijednosti fraktalnih dimenzija. Time se upućuje na primjenu fraktalne dimenzije kao jednog od zadatih parametara (ili parametara za provjeru) pri urbanističkom planiranju ali i kod postavljanja modela upravljanja urbanim prostorom.

U slučajevima planiranja novih stambenih zona često se za dalji prostorni razvoj angažuju dodatne neizgrađene površine, u kom slučaju se poljoprivredno ili šumsko, a ređe kamenjar ili neplodno, zemljište pretvaraju u građevinsko. Kako tada možemo iskoristiti informaciju o fraktalnoj dimenziji urbane granice kao parametru za odlučivanje o prostornom razvoju? U kombinaciji sa fraktalnom dimenzijom površine područja, možemo izvesti zaključke o fragmentisanosti, odnosno kompaktnosti matrice. Na primjer, povećanje dimenzije na perifernim područjima grada ukazuje na gušće, homogene matrice razvoja sa popunjavanjem postojećih praznih prostora. Suprotno, smanjenje njene vrijednosti ukazuje na proces urbanog širenja koji se karakteriše fragmentisanim razvojem. Tu

⁸ U ovom radu je lakunoznost kao parametar pridružena fraktalnoj dimenziji, ali se ona ne može nazvati strogo fraktalnom karakteristikom, jer se koristi i mimo fraktalne analize.

informaciju možemo iskoristiti kao kriterijum prilikom donošenja odluka o daljem razvoju grada, u skladu sa principima racionalnog korišćenja prostora.

Dalje, budući da je fraktalna dimenzija neke linije mjera koliko dobro ta kriva popunjava prostor, posebno je fraktalnost saobraćajne mreže dobar indikator njene razgranatosti, odnosno pokazatelj načina na koji je prostor pokriven putevima.

Na jedan od ova tri načina, fraktalna geometrija može dati važne ulazne podatke za donosioca odluka. Takođe, razvijanjem metode primjene fraktala na procjenu kvaliteta urbanih cjelina ili lokacija došlo bi se do kriterijuma utvrđivanja visine poreza, odnosno politika stimulacije ili destimulacije korišćenja nekog konkretnog prostora što jeste vid upravljanja.

Fraktalnost kao kriterijum upravljanja se nesumnjivo potvrđuje, ali se uočava neophodnost dalje razrade konkretnih metoda primjene.

6.3. Model upravljanja

Već smo pomenuli da je proces rasta i razvoja urbanih matrica veoma kompleksan dinamički proces, čije efikasno odvijanje zavisi od upravljačkih odluka. Upravljanje je fenomen današnjeg vremena i neophodnost upravljanja na mnogim poljima života i rada se ne dovodi u pitanje, što je slučaj i sa gradskim sistemima.

Upravljanje prostorom predstavlja kompleksan istraživački zadatak u kom je prisutan veliki broj različitih uticaja, koji izazivaju i uslovljavaju mnogobrojne aktivnosti, kao i njihove međusobne veze i odnosi koji ga dodatno usložnjavaju.

Za efikasno upravljanje potrebne su kvalitetne, pravovremene i u dobrom obimu raspoložive informacije. Informacije su ključ za donošenje odluka, a odluke instrument upravljanja. „Na osnovu potpunih informacija donose se efikasne upravljačke odluke, koje pokreću akcije čiji rezultati ostvaruju opredeljeni cilj.“ [42]

Upravljanje građenom sredinom ima više aspekata:

- upravljanje tehničkim sistemima, saobraćajem i komunalnom infrastrukturom (mrežama);
- upravljanje suprastrukturom (ljuskama);
- odlučivanje o pitanjima bitnim za sve stanovnike / socijalne kategorije;
- odlučivanje o strategijama privrednog razvoja.

U tom smislu susretno planiranje je važno jer hijerarhijskim planerskim postupkom „odozgo“ se uspostavljaju strategije na nivou države i/ili regiona (u evropskoj praksi to su sve češće prekogranični planovi za određene prostorne cjeline). Istovremeno, generalna urbanistička rješenja za primjenu tih strategija neminovno nastaju „odozdo“. Iz konteksta svake građene sredine, tj. zajednice kojoj prostor pripada, isključivo insistiranje na strogoj hijerarhiji planova višeg i nižeg reda je suprotno načelima susretnog planiranja.

Svaka građena sredina se sastoji od fizičkih struktura koje, po Doksijadis, nazivamo ljuske i mreže, odnosno zgrade i infrastruktura. Svaki pojedinačni objekat ima svoj, u tehničkom i tehnološkom smislu, vijek trajanja. Neki djelovi građene sredine nastaju u većem obimu u isto vrijeme (na primjer, stambena zajednica za nekoliko hiljada stanovnika) ili kroz dugi historijski period (na primjer, grad Kotor gdje u gradskim zidinama stanuje između 500 i 1000 stanovnika). Te građene sredine se postepeno mijenjaju i obnavljaju. Planovi koji se donose za razne oblike intervencija (modernizacija infrastrukture, rekonstrukcija zgrade, obnova poslije zemljotresa i sl.) treba da sadrže u najvećoj mjeri zahtjeve svih korisnika/vlasnika, ali i zahtjeve šire zajednice (recimo, ako su u pitanju historijska gradska jezgra). Tada susretno planiranje ima i po nekoliko puta ponovljenu interakciju „odozdo prema gore“ i obrnuto.

Kod ovakvog planiranja je neophodno građane ohrabriti da učestvuju u planiranju i napraviti adekvatne institucije za to, koje bi uključivale planere, predstavnike građana, radne grupe fokusirane na ekonomske, socijalne, ekološke i dr. probleme, a koji bi diskutovali na ključne teme, sve u cilju izlaženja u susret potrebama zajednice. Naglašena je važnost komunikacije i sinergije.

U susretnom planiranju, rezultati fraktalne analize matrice se mogu, poput drugih varijabli, uzeti u razmatranje. Fraktalna geometrija može biti, na jedan od tri gore opisana načina, korišćena za provjeru planova u različitim fazama upravljanja. Na primjeru jednog stambenog bloka, moguće je:

- U fazi planiranja uopšiti optimalnu matricu poželjnog stanovanja i primjeniti je kao fraktal, a pod tim se misli na odnos izgrađenih i neizgrađenih površina, raspored zelenila, komunikacije unutar bloka i komunikacije sa ostalim djelovima grada.
- U fazi realizacije istražiti koje su to forme koje mogu odmah da funkcionišu. Prilikom narednog planerskog postupka planirati tako da neke jedinice mogu odmah da se grade kao nezavisne cjeline dok se cijela zona ne izgradi. Kroz to prepoznamo da postoji neka geometrija, da svaka zona ima fraktalno svojstvo, da je u malom otisak cjeline.

- U fazi kontrole utvrditi koji su to djelovi grada čiji je obrazac poželjno koristiti da prenese urbanitet nekog grada, što je važan podatak da ne bi došlo do degradacije u planiranju.⁹

Neophodno je napomenuti da iste odluke ne djeluju isto na različite matrice. Primjer saobraćaja: ista pravila primjenjena na dva različita grada mogu dovesti do povećanja prosječne dužine putovanja u jednom gradu, a smanjiti u drugom. Fizička konfiguracija nije jedini, ali jeste značajan početni uslov koji figuriše između odluke koja se donese i rezultata koji se dobije.

Potrebno je, takođe, naglasiti da mogućnosti primjene fraktalne geometrije u raznim fazama upravljanja građenom sredinom, ostaju djelimično otvorene za doradu u zavisnosti od toga na koju se fazu odnose. Mjera do koje su predloženi modeli i njihove generalizacije smislene i korisne zavisice od svrhe za koju se one rade, i njihovog konteksta primjene. Na primjer, kad dođe do urbanih matrica: morfolog ili istoričar će biti najviše zainteresovan za niz prethodnih formacija urbane strukture koji su doveli do nje; saobraćajni planer za distribuciju saobraćaja; urbanista za raspored susjedstava, sadržaja i zelenih površina, itd.

6.3.1. Faze modela

Na osnovu dostignutog stepena sagledavanja modela primjenjivog za upravljanje prostorom, definiše se pet faza koje se rade u okviru sledeće tri cjeline institucionalnih nadležnosti:

- a) državna i lokalna administracija;
- b) stručne institucije i planerske kuće koje permanentno prate stanje u prostoru;
- c) fondovi za uređenje prostora, agencije za izgradnju, javna preduzeća i investitori.

Tih pet faza su:

- I. STRUČNO-ADMINISTRATIVNI POSLOVI
- II. PRIPREMNI POSLOVI ZA NOVE PLANOVE
- III. IZRADA PLANSKOG DOKUMENTA

⁹ Za prve dvije faze imamo primjer Bloka V u Podgorici (mapa u poglavlju 5), kao potvrđeno uspješnog rješenja; za treću fazu imamo primjer Nove Varoši koja je mogla da se ogleda kao fraktal i da se sačuva kao obrazac - cijele ulice su mogle da budu očuvane, ne za stanovanje, ali da sačuvaju svoj ambijent, karakteristiku, da budu privlačne za poslovanje i da dobiju vrhunsku kulturnu funkciju.

IV. PRIMJENA PLANA – REALIZACIJA

V. MONITORING

Iz grafičkog prikaza modela se sagledava da prve tri faze predloženog modela upravljanja prostorom, pripadaju cjelini (a).

6.3.2. Pravci razvoja modela

Disertacija je, prevashodno, bila orijentisana na teorijsko istraživanje mogućnosti primjene fraktalne geometrije u koncipiranju modela upravljanja građenom sredinom. Istraživanje je pokazalo da razvoj modela treba usmjeriti u tri pravca:

A - za planiranje novih naselja/fizičkih struktura, odnosno gradskih područja;

B - za upravljanje postojećim naseljima, odnosno gradskim područjima.

C – za sanaciju neplanski izgrađenih naselja.

Kod B pravca razvoja modela, shodno konkretnim odlikama građene sredine, uočavaju se specifičnosti daljeg razvoja ovog modela:

- urbana rekonstrukcija građene sredine, odnosno naselja ili gradskog područja sa bitnom promjenom namjena, a potpunim zadržavanjem starih fizičkih struktura;
- urbana rekonstrukcija sa zadržavanjem ranije namjene i revitalizacijom i adaptacijom starih fizičkih struktura;
- urbana rekonstrukcija sa potpunom promjenom namjene i bitnom promjenom starih fizičkih struktura.

Kod C pravca razvoja modela, uočavamo dvije mogućnosti:

- urbana rekonstrukcija bespravno izgrađenog naselja sa elementima spontane regulacije;
- urbana rekonstrukcija bespravno izgrađenog naselja bez elemenata spontane regulacije.

Za sva tri pravca, generalna je preporuka da se grad posmatra kao kompleksan sistem i da se imaju u vidu osobine kompleksnih sistema navedene u poglavlju 4.

Primjena fraktalnog koncepta, kako je opisano u 6.2.4., više se odnosi na model A, dok se primjena fraktalne geometrije više odnosi na modele B i C, i ogleda u mjerenju fraktalne

dimenzije u cilju analize prostorne raspodjele; analize forme urbane granice; klasifikacije urbanih cjelina i dr.

6.3.3. Model A

U okviru modela A, čiji algoritam je dat u Prilozima, opisaćemo pet faza upravljanja građenom sredinom.

Faza I, stručno-administrativni poslovi, obuhvata sledeće aktivnosti (u nadležnosti lokalne i državne samouprave):

- stručno praćenje primjene planskog dokumenta;
- praćenje nivoa realizacije planskog dokumenta;
- praćenje nivoa primjene usvojenih urbanističkih standarda;
- izradu godišnjih izvještaja o realizaciji planova;
- izradu višegodišnjih izvještaja o realizaciji planova;
- izradu godišnjih programa za uređenje prostora;
- izradu višegodišnjih programa za uređenje prostora.

Faza II, pripremni poslovi za nove planove, obuhvataju (u nadležnosti lokalne i državne administracije):

- izradu programskog zadatka na osnovu smjernica (ili preuzimanje programskog zadatka od zavoda);
- donošenje odluke o pristupanju izradi ili izmjeni i dopuni plana ili
- donošenje odluke o moratorijumu na planski dokument.

Faza III, izrada planskog dokumenta, obuhvata (u nadležnosti lokalne i državne administracije):

- imenovanje eksperata za stručnu ocjenu nacrtu i predloga planskog dokumenta;
- javna rasprava određenih faza (nacrtu ili predloga) planskog dokumenta;
- ocjena predloga;
- donošenje odluke o usvajanju planskog dokumenta.

Simultano sa aktivnostima uprave u okviru ove tri faze, u stručnim institucijama i planerskim kućama treba organizovati aktivnosti na praćenju stanja prostora i prostornog razvoja, kao i na izradi planske dokumentacije. Predlažemo da se uspostavi mreža državnih, regionalnih i opštinskih zavoda za planiranje, koji bi u stalnoj interakciji sa istraživačkim institutima, univerzitetima, privrednim organizacijama i drugim stručnim saradnicima, kontinuirano pratili i analizirali plansku dokumentaciju (prostorne, generalne i detaljne urbanističke planove).

U ovoj grupi aktivnosti, fraktal se može koristiti prilikom čitavog kompleksa ekspertskih ocjena odvijanja prostornog razvoja. Prema prikazanom dijagramu, uočava se da je moguća primjena fraktala na tri planerska nivoa: prostorni plan, generalni urbanistički plan i detaljni urbanistički plan. U ovim slučajevima fraktal se razvija i uključuje kao jedna od metoda od koje se očekuje dinamičnija provjera prostornog razvoja u određenoj fazi primjene planskog dokumenta. Eksperti, odnosno ekspertski timovi, iz planerskih kuća i stručnih institucija, svoje ocjene stanja primjene planova, odnosno stanja prostora uopšte, saopštavaju kroz: izvještaje Vladi, odnosno lokalnim samoupravama; izlaganja na naučnim i stručnim skupovima; komunikaciju sa investitorima i dr. Iz te interakcije proizilaze smjernice za programske zadatke, koje su ulazni podatak za fazu pripremnih poslova za izradu novih planova (obavlja se pod (a)), ali i za narednu fazu, fazu izrade planskog dokumenta, odnosno onih aktivnosti iz te faze koje su u nadležnosti (b) , a to su:

- analiza postojećeg stanja;
- potrebna istraživanja (ankete i dr.);
- sinteze;
- definisanje nacрта;
- izrada predloga.

U okviru ove grupe aktivnosti, primjena fraktala je moguća i poželjna tokom i nakon analize postojećeg stanja izgrađenosti prostora. Fraktale zatim koristimo kod variranja modela, kao i prilikom dobijanja sinteza, neophodnih za definisanje nacрта novog ili inoviranog planskog dokumenta.

Faza IV, realizacija/primjena plana, obuhvata (u nadležnosti institucionalne cjeline (c)):

- definisanje jednogodišnjih i/ili višegodišnjih planova za uređenje građevinskog zemljišta, tj. realizaciju planskog dokumenta;
- imovinsko-pravne poslove;
- projektovanje infrastrukture;
- izvođenje infrastrukture;

- davanje uređenog građevinskog zemljišta na korišćenje;
- projektovanje i izgradnju objekata shodno izvorima finansiranja (ako su sredstva javnog budžeta obavezna je tenderska procedura, a ako su privatna direktan postupak ugovaranja),

Faza V, monitoring (u nadležnosti institucionalne cjeline (b)), zasnovan na empirijskim ili/i drugim procjenama trajanja realizacije i na osnovu njega se odlučuje da li je i kada potrebno vraćati se na neki od prethodnih koraka. Potrebno je pratiti: prostorne i urbanističke planove, primjenu godišnjih i višegodišnjih planova uređenja prostora, kao i uređenja građevinskog zemljišta (komunalno opremanje).

Empirijski, vrijeme potrebno za realizaciju nekog detaljnog urbanističkog plana prema navedenom modelu je od 3 do 7 godina, zavisno od površine zahvata, sadržaja plana i načina finansiranja. Ovo je prevashodno zasnovano na višedecenijskim pokazateljima porasta broja inputa koji nisu postojali ili su bili drugačiji na početku, prvom koraku. Zatim, isto važi i za promjene u drugom ili trećem koraku. U svakom od 1. do 3. koraka realizacije planerske odluke moguće je, ako se to kroz monitoring potvrdi, ići na mijenjanje odluke, odnosno plana, u manjoj ili većoj mjeri.¹⁰ Pitanje monitoringa je izuzetno značajno da bi se pravovremeno inicirala ta izmjena i dopuna planskog dokumenta. Ovakvim postupkom se potvrđuje princip susretnog planiranja koji može biti dvojak - susretno planiranje u okviru hijerarhije planova i susretno planiranje u okviru samog planskog dokumenta.

U slučaju da monitoring pokaže da je zastoj očekivane dinamike realizacije plana nametnut planom koji je hijerarhijski viši od plana čiju realizaciju pratimo, neophodna je elaboracija te situacije i zakonom predviđeni postupak provođenja principa susretnog planiranja u smislu otklanjanja ograničenja koje proizilazi iz planskog dokumenta na višoj hijerarhijskoj poziciji.¹¹

Principom susretnog planiranja se uklanjaju prostorno-planske barijere koje nije bilo moguće sagledati u trenutku donošenja odgovarajućeg planskog dokumenta. Razlozi koji dovode do novog sagledavanja su u novim inputima koji u principu nastaju iz dva razloga. Prvo, kod hijerarhijski niže rangiranih planova se sa mnogo više detaljnosti sagledava prostor (razmjera plana 1:1000), nego što je to bilo moguće sagledati u hijerarhijski višem

¹⁰ Empirijski je potvrđeno u praksi urbanističkog planiranja i realizacije planova u Podgorici, u prethodnih 30 godina, da je produžetak vremena od usvajanja plana do realizacije plana na više od 7 godina po pravilu uslovljavao izmjenu ili izmjenu i dopunu prvobitnog planskog dokumenta.

¹¹ Na primjer, pri izboru lokacije za izgradnju sanitarne deponije za Glavni grad (i Danilovgrad), hijerarhijski viši planski dokument, prostorni plan opštine, je ograničavao izbor najpovoljnije lokacije istražene kvalifikovanom metodologijom. To znači da je promjena prostornog plana opštine i generalnog urbanističkog plana proistekla na osnovu urbanističkog projekta sanitarne deponije što je dosledan primjer susretnog planiranja.

planu (čija je razmjera 1:10000). Drugo, vremenski period ili planski horizont hijerarhijski različito postavljenih planova je po pravilu, bitno različit. Tako se generalni urbanistički plan radi za period 15-20 godina, a detaljni urbanistički plan za period 5-7 godina.

Ukoliko iz razloga određenih krupnih sistemskih promjena dođe do promjene velikog broja varijabli u okviru jednog plana, recimo GUP-a, to će neminovno izazvati i neophodnost preispitivanja odluka na niže rangiranim planskim dokumentima, DUP-u, ali može izazvati i potrebu za promjenom višeg po rangu planskog dokumenta, prostornog plana opštine ili prostornog plana države.

Kao što vidimo na priloženom algoritmu, monitoring je od velikog značaja jer je povezan sa svim fazama upravljanja. Podaci koje dobijemo u toku monitoringa prostornih i urbanističkih planova, primjene planova uređenja prostora i građevinskog zemljišta, vraćaju se u fazu stručno-administrativnih poslova u nadležnosti uprave, zatim u fazu pripremnih poslova, odnosno praćenja planske dokumentacije koja je u nadležnosti stručnih institucija, kao i u fazu realizacije, koja je u nadležnosti institucija za materijalizaciju planova. Time je postignuto kontinuirano praćenje stanja u prostoru, planske dokumentacije i materijalizacije. Principi susretnog planiranja mogu biti sprovedeni.

6.3.4. Model B

Model B (algoritam je dat u Prilozima), koji se odnosi na upravljanje postojećim naseljima, razlikuje se od modela A u nekim segmentima, ali centralni (i vizuelno, i po značaju – posledice njegovog izostajanja su ozbiljne) dio sheme ostaje isti. Opisaćemo pet faza upravljanja razvojem postojećih naselja.

Faza I, stručno-administrativni poslovi (u nadležnosti lokalne i državne administracije), obuhvataju sledeće aktivnosti:

- stručno-administrativno praćenje stanja građene sredine;
- praćenje potreba za urbanom rekonstrukcijom;
- praćenje nivoa primjene usvojenih urbanističkih standarda;
- izradu godišnjih izvještaja o stanju građene sredine;
- izradu višegodišnjih izvještaja o stanju građene sredine;
- izradu plana upravljanja građenom sredinom;
- izradu godišnjih programa urbane rekonstrukcije;

- izradu višegodišnjih programa urbane rekonstrukcije.

Faza II, pripremni poslovi za planove urbane rekonstrukcije, obuhvataju (u nadležnosti lokalne i državne administracije):

- izradu programskog zadatka na osnovu smjernica;
- javnu raspravu u odgovarajućoj gradskoj jedinici;
- donošenje odluke o pristupanju urbanoj rekonstrukciji.

Faza III, izrada plana urbane rekonstrukcije (u nadležnosti lokalne i državne administracije), obuhvata:

- imenovanje eksperata za stručnu ocjenu nacrtu i predloga plana urbane rekonstrukcije;
- javna rasprava određenih faza (nacrtu ili predloga) plana;
- ocjena predloga;
- donošenje odluke o usvajanju plana urbane rekonstrukcije.

Simultano sa aktivnostima uprave u okviru ove tri faze, u stručnim institucijama i planerskim kućama trebalo bi organizovati aktivnosti na praćenju stanja prostora i prostornog razvoja, kao i na izradi planske dokumentacije. Predlažemo da se uspostavi mreža državnih, regionalnih i opštinskih zavoda za planiranje, koji bi u stalnoj interakciji sa istraživačkim institutima, univerzitetima, privrednim organizacijama i drugim stručnim saradnicima, kontinuirano pratili i analizirali plansku dokumentaciju (prostorne, generalne i detaljne urbanističke planove).

U ovoj grupi aktivnosti, primjena fraktala je na mjestu na kome se fraktal može koristiti prilikom čitavog kompleksa ekspertskih ocjena odvijanja prostornog razvoja. U ovim slučajevima fraktal se razvija i uključuje kao jedna od metoda od koje se očekuje dinamičnija provjera prostornog razvoja u određenoj fazi primjene planskog dokumenta. Ekspertski timovi, iz planerskih kuća i stručnih institucija, svoje ocjene stanja primjene planova, odnosno stanja prostora uopšte, saopštavaju kroz: izvještaje Vladi, odnosno lokalnim samoupravama, izlaganja na naučnim i stručnim skupovima, komunikaciju sa investitorima i dr. Iz te interakcije proizilaze smjernice za programske zadatke, koje su ulazni podatak za fazu pripremnih poslova za izradu planova urbane rekonstrukcije (obavlja se pod (a)), ali i za narednu fazu, fazu izrade plana, odnosno onih aktivnosti iz te faze koje su u nadležnosti (b), a to su:

- analiza postojećeg stanja;

- potrebna istraživanja (ankete i dr.);
- sinteze;
- definisanje nacrt;
- izrada predloga.

U okviru ove grupe aktivnosti, primjena fraktala je moguća i poželjna tokom i nakon analize postojećeg stanja izgrađenosti prostora. Fraktale zatim koristimo kod variranja modela, kao i prilikom dobijanja sinteza, neophodnih za definisanje nacrt plana urbane rekonstrukcije.

Faza IV, realizacija – primjena plana urbane rekonstrukcije (u nadležnosti institucionalne cjeline (c)), obuhvata:

- definisanje jednogodišnjih i/ili višegodišnjih planova upravljanja građenom sredinom;
- imovinsko-pravne poslove;
- projektovanje i rekonstrukcija infrastrukture;
- projektovanje i rekonstrukcija supratrukture.

Faza V, monitoring građene sredine, u nadležnosti institucionalne cjeline (b), se odvija kroz tri aspekta: urbanistički, socio-ekonomski i socio-urbanološki. I u ovom slučaju, ako kod modela A, monitoring je povezan sa svim fazama upravljanja. Podaci koje dobijemo u toku monitoringa građene sredine, vraćaju se u fazu stručno-administrativnih poslova u nadležnosti uprave, zatim u fazu pripremnih poslova, odnosno praćenja planske dokumentacije koja je u nadležnosti stručnih institucija, kao i u fazu realizacije, koja je u nadležnosti institucija za materijalizaciju planova. Time je postignuto kontinuirano praćenje stanja u prostoru, planske dokumentacije i materijalizacije. Principi susretnog planiranja mogu biti sprovedeni.

6.3.5. Model C

Model C (algoritam je dat u Prilozima), koji se odnosi na upravljanje neplanski građanim naseljima, po svojim fazama je sličan modelu B. Razlikuje se od njega samo u aktivnostima faze I (u nadležnosti lokalne i državne administracije), koja obuhvata sledeće stručno-administrativne poslove:

- inventarizaciju prostora bespravno izgrađenog naselja;

- snimanje stanja parcelacije i vlasništva;
- izradu plana upravljanja građenom sredinom;
- izradu godišnjih programa urbane rekonstrukcije;
- izradu višegodišnjih programa urbane rekonstrukcije.

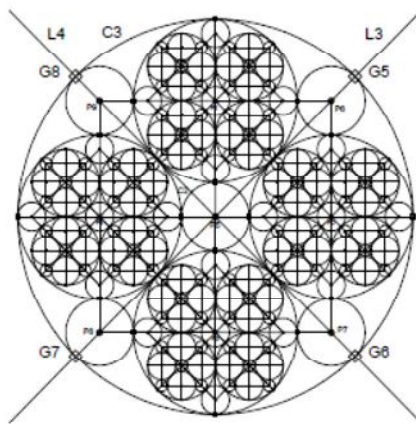
Nakon ove faze, model se svodi na model B (urbanu rekonstrukciju).

6.4. Fraktali u modelu

Kada se govori o planiranju naselja sa jednog od aspekata urbanizacije - prostorno-fizičkog (o kome ovdje jedino i možemo govoriti budući da je polje istraživanja geometrija), nesumnjivo je da neke njegove manifestacije: konfiguracija, pristupačnost, veličina parcela, veličine i raspored slobodnih prostora, gabariti, raspored objekata itd. mogu biti osmišljeni i unaprijeđeni primjenom fraktalne geometrije na jedan od tri načina navedena u 6.2.4. Modeli koji razmatraju ove faktore mogu podržati holističku strategiju za održivo planiranje na svim skalama.

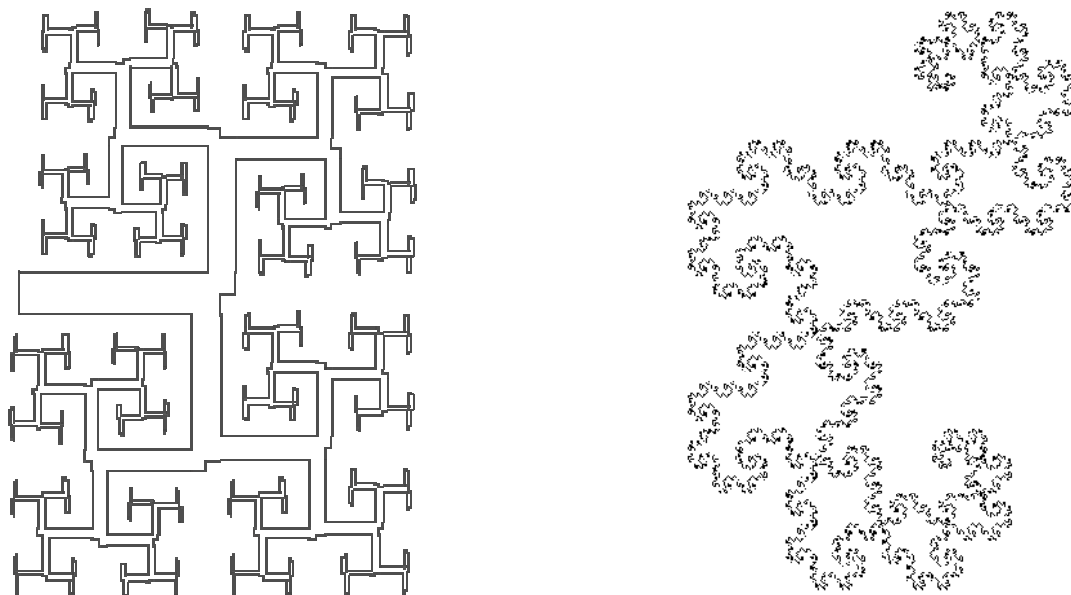
Uz napomenu da fraktal u kontekstu odlučivanja o gradskom prostoru može imati značaj samo ukoliko se usaglasi sa planerskom metodologijom, u nastavku su navedeni neki predlozi primjene fraktala u modelu:

- Moguće je poređenje nepravilnih realnih struktura grada sa pravilnim referentnim matricama, konstruisanim po principima fraktalne geometrije. Na taj način bi bilo moguće ilustrovati neke osobine unutrašnje organizacije matrice, što bi moglo biti značajno naročito u modelu B.
- Konvencionalno planiranje posmatra grad kao konstrukt, više nego kao proces, što rezultuje konfliktom između postojećeg tkiva i stalno promjenjivih zahtjeva rastućeg grada. Jasno je da svaki model upravljanja koji pretenduje da podrži i razvoj a ne samo rast građene sredine mora da zaštiti integritet postojećih urbanih cjelina, ne ometajući poželjan razvoj grada u budućnosti. Upotrebljivost fraktalnog koncepta u tom slučaju je očigledna. Ilustracija toga je i predlog na slici, nazvan *Fractal system planning* [43], koji počinje od kružne matrice i gradi strukturu dodavanjem istih cjelina i njihovim adekvatnim povezivanjem. Naravno, radi se samo o shematskom prikazu rasta grada i međusobnom odnosu njegovih jedinica, centara snabdijevanja i glavnih saobraćajnica, slika 81. Ovaj predlog bi mogao biti razmatran u okviru modela A (razvoj novih naselja).



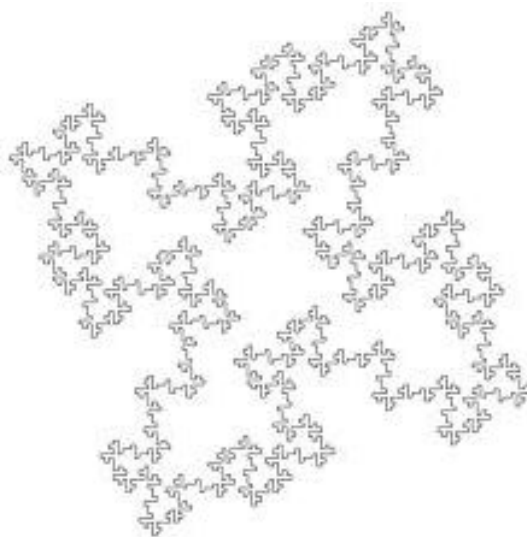
Slika 81. Shematski prikaz jednog predloga rasta grada (*Fractal system planning*)

- Upravljanje građenom sredinom ima za cilj stvaranje sistema infrastrukture i pristupa sadržajima, koji će efikasno funkcionisati sa porastom broja stanovnika grada. U tu svrhu, ima smisla razmatrati pitanje hijerarhičnosti saobraćajnica, kao i njihove mogućnosti da „pokriju“ prostor - da se razgranatošću saobraćajnih i drugih mreža, uz minimalan utrošak prostora postigne maksimalna „pokrivenost“ prostora, odnosno dostupnost sadržaja. Budući da je fraktalna dimenzija neke linije mjera njene sposobnosti da prekrije prostor, a takođe mjera njene hijerarhičnosti, smisleno je mreže u gradu razmatrati uz primjenu fraktalne geometrije. I to:
 - 1) u okviru modela A - razmatranje geometrijskih i fraktalnih karakteristika nekih poznatih fraktala koje se mogu primjeniti kao poželjne osobine saobraćajne mreže. Primjer na slici 82. je jedan od manje poznatih fraktala.
 - 2) u okviru modela B - uzimanje u obzir fraktalne dimenzije postojećih mreža kao kriterijuma za dalje upravljanje njihovim razvojem. Naravno, išlo bi se na povećanje fraktalne dimenzije, a time i dostupnosti sadržaja.
- Zahtjev da zelene površine budu lako dostupne, a da matrica očuva određeni stepen kompaktnosti, može da asocira na zmajoliku krivu (*Dragon Curve*), slika 82. U tom slučaju, treba iskoristiti znanje o fraktalnoj dimenziji ovog fraktala i na taj način oformiti poželjan opseg vrijednosti fraktalne dimenzije urbane granice i fraktalne dimenzije urbane površine, a koji dozvoljava dobar upliv zelenih površina u urbano tkivo.



Slika 82. Mandelbrot-ovo drvo (lijevo) i Dragon kriva (desno)

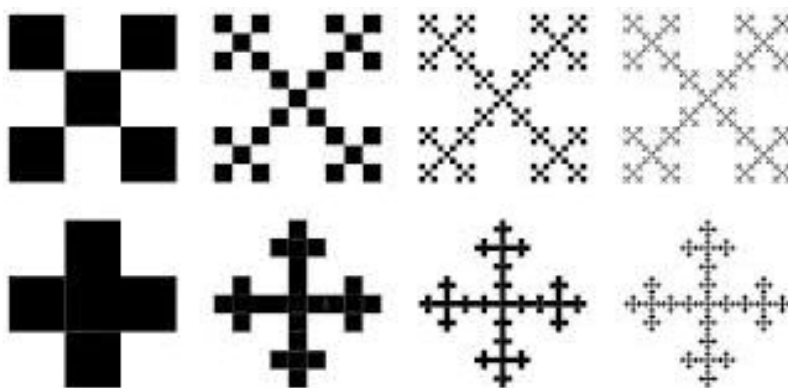
- Uvijek je poželjno da zelene površine budu lako dostupne a da matrica očuva određeni stepen kompaktnosti, kao fraktal na slici 83, na šta možemo uticati variranjem fraktalne dimenzije urbane granice i fraktalne dimenzije površine posmatranog područja, npr. lokalno povećati gustinu bez gubitka na kvalitetu života (što vodi ka planiranju baziranom na principima održivog razvoja), tako što će se planiranje usmjeravati ka povećanju fraktalne dimenzije urbane granice.



Slika 83. Koch-ovo ostrvo

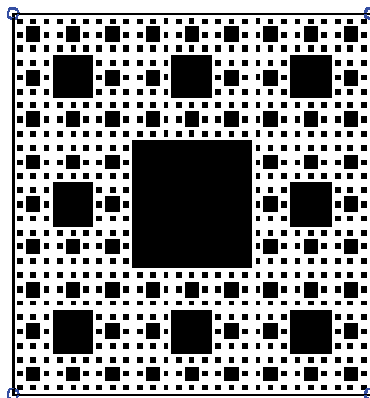
- Ispitivanje fraktalne dimenzije urbane granice može poslužiti kod donošenja odluka da li će prostorni razvoj za neki planski horizont da se odvija unutar postojećih granica ili će se za dalji razvoj angažovati dodatne neizgrađene površine.

- Ugledanje na pojedini tip fraktala ima smisao i svrhu u okviru konteksta u kom se primjenjuje, a to može biti: distribucija blokova zgrada, zelenila, slobodnih prostora, pješačkih putanja, ukrštanja saobraćajnica ili razmatranje samog nastanka urbane strukture.
- Ako pogledamo fraktal na slici 84, uočavamo praznine na različitim skalama i različite veličine, a sve slijede neki isti poredak! U skladu je sa integralnim planiranjem i održivim razvojem mogućnost ostavljanja slobodnih prostora različite veličine za različite namjene, uključujući i one koje se ostavljaju na korišćenje (i planiranje) budućim generacijama. Primjenjivo (naravno, samo kao shema) za model A.
- Očuvanje zelenih površina i blizina/povezanost sa otvorenim prostorima je kriterijum kome stanovnici naselja daju veliki značaj kada je u pitanju kvalitet života u urbanim zajednicama. Raspored i veličina zelenila po površini urbane cjeline, kao i njihova dostupnost najvećem broju korisnika, mogu se razmatrati na osnovu pomenutih referentnih modela, na slici 84.



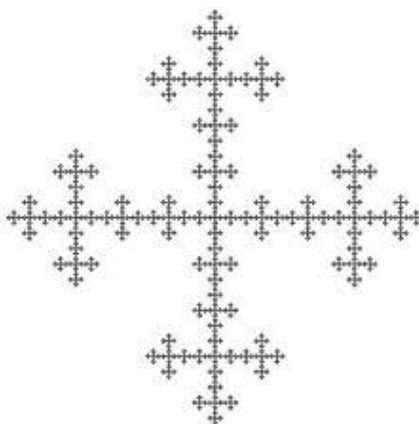
Slika 84. Dvije varijante Sierpinski tepiha

- Za standardan u planiranju važi princip razdvajanja različitih nivoa centara, odnosno servisa u skladu sa njihovom frekvencijom upotrebe (locirati servise za dnevne potrebe u blizini stanovanja, a one za sedmično korišćenje na većoj distanci), što za posledicu ima uštedu na dužinama vožnje, redukciju zagađenja, i dr. Ispitivanjem osobina određenih fraktala, možemo doći do poboljšanja poželjne distribucije centara.
- U svakom naselju, čak i kod velikog indeksa zauzetosti, ostaju prazni unutrašnji prostori koji odgovaraju trgovima, velikim platoima, parkovima ili važnim infrastrukturnim objektima. Postojanje ovih praznih prostora različite veličine može se uporediti sa hijerarhijom Sierpinski tepiha, na slici 85.



Slika 85. Poznati fraktal *Sierpinski Carpet*

- Analiza i dalje korišćenje matrica u planiranju i odlučivanju, može se odnositi na konfiguraciju, povezanost nekih sadržaja, dostupnost... Na primjeru fraktala na slici 86, uočava se protkanost urbanog i slobodnog prostora na svim skalama, što može značajno redukovati gustinu saobraćaja.
- Očuvanje zelenih površina i povezanost zona stanovanja sa otvorenim prostorima je od velike vaznosti za svaku zajednicu. U prikazanim, a i u drugim fraktalnim strukturama, penetracija praznih zona bi bila kroz više skala. Takva prostorna organizacija obezbjeđuje postojanje zona visoke koncentracije (u okolini nekih centralnih sadržaja) i razućenijih zona. Na taj način se ostvaruje lokalna varijacija gušće i rjeđe naseljenih zona i s druge strane, postiže očuvanje velikih praznih zona koje mogu biti zamisljene kao prirodni rezervati, poljoprivredne zone ili jednostavno otvoreni prostori.¹²



Slika 86. *Vicsek* fraktal

¹² Na ovaj način je moglo biti sačuvano Ćemovsko polje u Podgorici kao poljoprivredno zemljište, jednako kao Sadine ili neizgrađene padine nekih od okolnih brda, koje su sada zauzete spontano građenim naseljima.

- U fazi upravljanja kada je potrebno istražiti varijantna rješenja, odnosno prognozirati scenarija rasta urbane cjeline, fraktalna simulacija može biti metod. Simulacije, ako su moguće, su od velike važnosti jer dozvoljavaju planerima da brzo istraže brojne početne uslove i nastajuće rezultate, pa da ih zatim uporede. To je dobar metod da se optimizuju troškovi, izbjegnu rizici i procijene uticaji okoline.
- Svaka planirana promjena urbane matrice može prethodno, na papiru, biti analizirana u smislu njenog uticaja na fraktalnost područja! Mjerenje fraktalne dimenzije područja prije i poslije (ucrtane) promjene, može pomoći donosiocima odluka da procjene kako će njihove odluke mijenjati urbanu kompleksnost.¹³ Mjerenje fraktalnih karakteristika može biti dio procedure planiranja. Ono se može koristiti da mjeri promjenu fizičke kompleksnosti unešenu pojedinačnim zahtjevima plana ili projekta, koji imaju direktan ili indirektan morfološki uticaj na urbane matrice.
- Određivanje stepena kompleksnosti i na osnovu njega procjena stepena integrisanosti nove arhitekture sa postojećim urbanim prostorom, u cilju uspostavljanja fraktalnog odnosa između postojećeg i planiranog.¹⁴
- Fraktalna klasifikacija – fraktalne mape mogu pomoći planerima da preciznije identifikuju granice zona gdje neke od intervencija mogu ili smiju biti sprovedene u cilju očuvanja urbanih karakteristika područja. Takođe, ako se dvije zone veoma različitih fraktalnih dimenzija dodiruju, potrebna je dalja analiza posmatranog područja.
- Očuvana gradska jezgra, identitet, duh mjesta, socijalna segregacija izbjegnuta, ravnomjeran razvoj prigradskih naselja, infrastruktura efikasna i ekonomična što za posledicu ima manje zagađenje, manje troškove putovanja i zaštitu prirodne okoline... Sve ovo je uzročno-posledično vezano za dobru usaglašenost prostora sa fraktalnim umom ljudi koji u njemu borave, a o čemu je pisao i istraživao *Salingaros*. Materijalizaciju te ljudske potrebe možemo sprovesti planirajući kroz fraktalni koncept.
- Istraživanja različitih istraživača pokazuju da gradske matrice pokazuju fraktalne karakteristike u svojoj strukturi (*Frankhauser* 1994, 2008; *Batty i Longley* 1994, *Batty* 1996, 1999; *Benguigui* 2000; *Salingaros* 2003; *Tannier i Pumain* 2005; *Thomas et al.* 2010). Ipak, čini se da na hijerarhijske principe koji su svojstveni

¹³ Veća razmjera urbane intervencije znači i veću vjerovatnoću da će se redukovati kompleksnost matrice. Iz tih razloga, kako je već pomenuto, urbane intervencije u velikim razmjerama treba izbjegavati.

¹⁴ Primjer Barselone, gdje je ponavljanjem blokova postignut visok stepen urbanosti, a ne monotonije. U okviru fraktalno ujednačenog obrasca postoji dinamičnost.

takvim strukturama, nepovoljno utiče povećanje automobilske saobraćaja, pa aglomeracije postaju sve više uniformno oblikovane. Gubitak fizičke kompleksnosti građene sredine nepovoljno utiče na ljudski um, tvrdi *Salingaros*, kao i nedostatak čovjekomjerne razmjere, što pominje i Ranko Radović. Neophodnost postojanja veza i struktura na svim razmjerama, od nivoa aglomeracije do nivoa susjedstva i još dalje, do arhitektonskih detalja, naglašavaju i *Salingaros* i *Alexander*.

Shematski prikazi i referentni modeli služe samo za ilustraciju osnovnih koncepata i za definisanje procedura za moguću primjenu u planiranju. Oni se dalje mogu razvijati na bilo kojoj skali.

Ono što svakako želimo da naglasimo, je da bi se samoorganizujući proces formiranja fraktala javio i bez nekih posebnih smjernica, ali da je veoma važno prepoznavanje (čak i ono intuitivno, kao što smo naveli u poglavlju 4) fraktalne samoorganizacije i izbjegavanje svake odluke ili strategije koja može ići protiv nje.

U skoro svakom istraživanju kroz odabrane metode i postavljeni plan istraživanja, često se otkrivaju i prepoznaju, a nekada i uobliče i druge pojave, specifičnosti i zakonitosti u posrednoj ili neposrednijoj vezi sa oblašću, odnosno predmetom istraživanja. Može se konstatovati da se slično ispoljilo i tokom ovoga istraživanja.

Pri ovome kao odlučujuće navodimo razmatranje urbanog razvoja i urbanog rasta kao različitih procesa u razvoju svake građene sredine, tj. grada. Ali ta dva procesa se zakonito prepliću čime se često gubi jasna granica između njih, što Kalezić pojašnjava: „Često se to preplitanje ova dva procesa terminološki dodatno zamjenjuje. Na primjer, izraz "uravnotežen urbani rast" – najčešće se odnosi na dominantno poboljšanje kvaliteta građene sredine, dakle razvojnu odliku procesa. Takođe, izraz "dinamičan urbani razvoj", po pravilu označava kvantitet, tj. pretežno fizičko povećanje građene sredine često praćeno nedovoljnom urbanošću iste.“ [41]

Na osnovu toga, model se razdvaja na A, B i C, koji donekle obuhvataju jedan ili drugi slučaj. Ono što ih čini različitim u procesu upravljanja, su vrste odluka (intervencija) kada su u pitanju programi rasta i razvoja, pa posledično i kada je u pitanju geometrijsko definisanje matrica. To su:

- strateške odluke koje su više vezane za procese, programe; utiču na lokaciju razvoja ali ne i na njegovu detaljnu formu;
- lokalne odluke, koje više utiču na oblik matrice; one daju oblik i strukturu razvoju na detaljnijem nivou.

Naravno, proces urbanizacije je živ proces u okviru jednom stvorenih fizičkih struktura građene sredine. Primjenom fraktalne geometrije pratimo na dva nivoa grad, odnosno građenu sredinu. Prvi nivo je prepoznavanje fraktalnog otiska/obrasca građene sredine i

uočavanje zakonitosti njegovog daljeg preslikavanja. Drugi nivo je očitavanje pojavljivanja potpuno novog, bitno različitog fraktala i povezujućih oblika starijeg i novog fraktala. Istovremeno, u okviru istih fizičkih struktura, koje smo definisali kao stariji fraktal može doći do promjena tako da fraktal ostaje geometrijski, fizički zapis nečega što je građena sredina sadržala u jednom istorijskom periodu, a da je savremeni sadržaj sasvim drugi. Ovdje dolazimo do graničnih slučajeva urbanog razvoja bez rasta.

Način na koji će se model primjenjivati takođe zavisi od odabira strateških opcija kada je rast grada u pitanju. Na osnovu odluke hoće li se sprovesti intenzifikacija kod postojećeg naselja, ekspanzija njegove granice, linearno širenje naselja ili će se planirati sasvim novo naselje, zavisi i primjena jednog od tri navedena modela.

6.5. Zaključak

Novi master planovi moraju razmatrati gradove kao kompleksne sisteme. To podrazumijeva uvođenje novih principa u planiranje, u pravcu holističkog i održivog razvoja, te u skladu sa njim i:

- efikasno raspoređenim i pristupačnim urbanim sadržajima,
- konzervaciji i rehabilitaciji industrijskih zona,
- razvoju centralnih funkcija,
- zaštititi gradskog jezgra i očuvanju istorijskih vrijednosti grada,
- revitalizaciji rezidencijalnih zona koje stanovnici napuštaju,
- racionalnoj potrošnji prostora,
- smanjenju broja i dužine vožnji automobilom,
- izbjegavanju fragmentacije izgrađenih, neizgrađenih i poljoprivrednih područja,
- racionalno planiranom transportu ljudi unutar i između zajednica,
- ohrabriranju sigurnog pješaćenja i biciklizma,
- široko dostupnim i efikasnim sredstvima komunikacije...

Posledično se mogu očekivati:

- dobiti od građene i prirodne sredine,
- manje zagađenje vazduha,
- manja buka i zagušenje puteva;
- unapređenje kvaliteta života,
- raznovrsna ponuda tipova stanovanja;
- zaštićena prirodna staništa,
- održanje poljoprivrednih aktivnosti na urbanoj periferiji;
- očuvanje kvaliteta pejzaža i dr.

Iako fraktalna geometrija nije metod koji samostalno može dovoljno dobro da predstavi mnoge od navedenih poželjnih odlika građene sredine, na nivou ovoga rada može se zaključiti da se određene geometrijske forme urbanih matrica mogu sa sigurnošću povezati sa poželjnim odlikama građene sredine.

Takođe, model je bacio jedno novo svijetlo na značaj:

- fraktalnosti čovjekovog okruženja za njegov um;
- postojanja pješačke (čovjekomjerne) razmjere, tj. veza na svim nivoima posmatranja, što predstavlja povezivanje i unapređivanje urbanog tkiva na način analogan fraktalnim strukturama;
- uštede prostora - najvažnijeg resursa, i njegovog očuvanja za buduće generacije;
- uključivanja teorije kompleksnosti u proces upravljanja na način što će početi procesima „odozdo“, sa nivoa susjedstva, tj. promovisati učešće pojedinaca u odlučivanju.

Model je ukazao i na potencijal fraktalne geometrije kada su u pitanju mogućnosti novih rješenja za:

- dobijanje prognoza distribucije stanovništva i namjene površina, širenja urbane granice, stvaranje konurbacija itd;
- mjerenje eventualne ili nastale promjene fizičke kompleksnosti usled manjih ili većih intervencija ili zahtjeva projekta;
- sprečavanje ili ograničenje fragmentacije matrice u cilju očuvanja visokokvalitetnih pejzaža i poljoprivrede na periferiji;

- razne mogućnosti upliva zelenih površina, kao značajnog uslova dobre ventilacije centralnih područja,
- dobru pristupačnost mjesta za rekreaciju i kontakt sa prirodom;
- dobru dostupnost centralnih sadržaja;
- odabir zona koje je potrebno zaštititi, dopuniti ili raditi na njihovoj samoodrživosti.

Dalje razmatranje bi se moglo odnositi na:

- Pretpostavka je da će se model više odnositi na planiranje urbanog rasta. Takođe je osnovana pretpostavka da je model primjenljiv i za urbani razvoj, tj. poboljšanje kvaliteta urbanog života postojećih urbanih zona i upravljanje u tom smislu. To se može postići kroz prepoznavanje forme izražene kroz fraktalnu dimenziju, lakunoznost i urbanu dimenziju, kao poželjne za okvir takvog modela.

Konkretno, kada je u pitanju energetska autonomija naselja, već postoje zahtjevi/standardi EU u vezi sertifikacije energetske efikasnosti zgrada. Za sada su pretežno orijentisani na pasivnu energetska efikasnost ali sledeći korak jeste proizvodnja energije kroz tzv. zgrade nulte potrošnje. Veći broj takvih zgrada u okviru jedne zone dovešće do prepoznavanja zahtjeva za određenom geometrijom koja će obuhvatiti insolaciju, raspored objekata, orijentaciju... Dakle, kod već izgrađene sredine zahtjevi će biti ka sve razuđenijim metodama upravljanja, tj. usmjerenim na više sistema u okviru grada.

- Poznata je činjenica, da je opremanje građevinskog zemljišta (saobraćajna i komunalna infrastruktura) najracionalnije na ravnim i blago nagnutim terenima, a srazmjerno skuplje na strmim. Postoji kontradikcija kod koncepta održivog razvoja i sadašnjih modela gdje se kroz novije generacije planova potvrđuje raniji urbani razvoj vezan za ravničarska područja (kada su tehničke i tehnološke mogućnosti bile više ograničene nego danas) ali takođe slijedi onaj prostorni razvoj koji je nastao spontano, a koji je u velikom broju primjera potpuno suprotan tendenciji održivog razvoja i očuvanja poljoprivrednog zemljišta. Po inerciji i po sistemu racionalnosti se ide na sisteme koji su lakši za opremanje, a štetniji su za očuvanje prostora. Za Podgoricu sigurno, ali i za slične aglomeracije, postoji potreba daljeg istraživanja fraktala koji odražava način prostornog razvoja na strmim terenima.
- Već je istaknuto (u poglavlju 4) da fraktalnost građene sredine nije dovoljno analizirati samo u prvoj projekciji, kao što je to slučaj u ovom radu. Za bliže određivanje fraktalnosti čovjekovog okruženja i svih njenih efekata, neminovno je sagledavanje i druge projekcije, odnosno izgleda građene sredine. Međutim, sa obzirom na to da su istraživanja ove vrste u samom zametku, u ovom trenutku nije moguće sve obuhvatiti te smo se ograničili na posmatranje isključivo plana grada.

Ipak, i istraživanje fraktalnosti grada na ovom nivou može biti dovoljna polazna osnova za upravljanje pojedinim odrednicama građene sredine, kao što su: mreža gradskih saobraćajnica, distribucija objekata u novim naseljima, distribucija zelenila ili centara... Naravno, dalja istraživanja u smislu uključivanja i treće dimenzije se očekuju.

7. REZIME

7.1. Zaključna razmatranja

Zbog velikih demografskih promjena koje su se desile tokom posljednje tri decenije - skoro udvostručene populacije na Zemlji sa svim sagledivim i trenutno nesagledivim poslasticama – pitanje odnosa prema prostoru, kao najznačajnijem resursu, je veoma aktuelno.

Dalje, brzi razvoj tehnike i tehnologije i njegov direktan uticaj na način života ljudi, na saobraćaj - transport ljudi, robe i informacija, kao i na mogućnost izgradnje sve zahtjevnijih objekata građene sredine, pokazuje da ono što je danas nezamislivo, za deceniju ili dvije može biti realnost.

Naučne metode bazirane na konceptima kakvi su determinizam, racionalizam, redukcionizam, sveobuhvatno dugoročno planiranje itd., za vođenje budućeg urbanog razvoja kroz probleme i izazove, pokazale su se kao samo djelimično uspješne. U uslovima ubrzanja na svim poljima, nije lako predvidjeti kakvi će se trendovi javiti čak ni u bližoj budućnosti. Mišljenja smo da treba tražiti rješenja koja će suštinski biti po čovjekovoj mjeri i odgovarati njegovim esencijalnim potrebama, dok njihova forma može i mora biti fleksibilna i prilagodljiva različitim uslovima i zahtjevima okoline. U tom smislu su već preduzete neke aktivnosti, a vizija održivog razvoja je jedna od varijanti humanog i sveobuhvatnog rješenja.

Dugoročne strategije za održiva naselja i socijalnu rehabilitaciju podrazumijeva prvenstveno razvoj svijesti o važnosti građene sredine za ljudski život. Ova disertacija ide korak dalje i poziva na podizanje svijesti o važnosti prepoznavanja fraktalnih formi u okruženju, iz razloga što je fraktalnost imanentna ljudskom umu i prirodi. Paralelno sa tim ide i stalno prisutna potreba za novim metodama u planiranju da bi se izašlo u susret različitim kompleksnim zahtjevima modernog urbanog života.

7.2. Kratak pregled poglavlja sa zaključcima

U prvom poglavlju data su uvodna razmatranja na navedene teme. Podsjetili smo na to da održivo ili integralno upravljanje prostorom, kao sinonim za donošenje promišljenih,

svrsishodnih i kvalitetnih odluka u cilju pažljivijeg upravljanja prostorom i njegovog korišćenja, te čuvanja njegovih vrijednosti i za buduće generacije, podrazumijeva i uvođenje novih postupaka i procedura, zarad uzimanja u obzir svih relevantnih činilaca koji mogu uticati na izbor odluke u ovom procesu. Mišljenja smo da je fraktalnost građene sredine svakako jedan od njih. Navedena su najvažnija istraživanja do sada na temu fraktalnosti građene sredine, zatim ciljevi ovog istraživanja i osnovna hipoteza.

U drugom poglavlju je iznijet kratak osvrt na dosadašnje principe planiranja. Ono što se može primjetiti sa geometrijskog aspekta, to je da se razvoj smatrao uspješnim ako je matrica bila pravilna, u cilju postizanja efikasnosti planiranja, izgradnje i korišćenja. Kao rezultat takvog načina sagledavanja grada javljao se konflikt između postojećih slojeva urbanog tkiva i uvijek novih zahtjeva rastućeg grada. Zaključeno je da tradicionalne *top-down* metode planiranja i upravljanja građenom sredinom „odozgo“, imaju neke nedostatke i pretpostavljeno je da teorija kompleksnosti i fraktalna geometrija mogu biti primjenjene u cilju dobijanja novih smjernica ka humanijem, tzv. *bottom-up* pristupu („odozdo“) upravljanju građenom sredinom.

Budući da upravljanje prostorom ima svoje specifičnosti u odnosu na različite aspekte urbanizma (geografsko-istorijske, socio-ekonomske, socijalno-kulturne, demografske i prostorno-fizičke), treba naglasiti da smo se ovdje bavili samo njegovim prostorno-fizičkim aspektom i istraživanjem kompleksnosti urbane matrice kao jednim njegovim segmentom. U vezi sa tim, drugo poglavlje ima za cilj da istakne neophodnost i značaj geometrijskog pristupa građenoj sredini, a takođe i da ukaže na to kako geometrija utiče na način na koji vidimo i gradimo gradove.

Poznato je da se uporedo sa razvojem nauke i promjenama naučnih paradigmi, mijenjalo i shvatanje grada i urbane morfologije. Dat je kratak pregled razvoja naučne misli od početka perioda kartezijanske paradigme, *Newton*-ove fizike i kauzalnog determinizma kao i mehanicističkog poimanja univerzuma, koje karakteriše i dosledna primjena euklidske geometrije na oblikovanje grada, do druge polovine XX v. kada nastaje kvantno-holografška paradigma - pretpostavka o kvantno-holografskoj prirodi našeg svemira (ali i ljudskog mozga), koja fizičke sisteme posmatra kao nedjeljive cjeline, čiji djelovi opet sadrže cjelinu.

Paralelno je dat i pregled istorijskog razvoja urbane forme i analiziran uticaj euklidske geometrije na oblikovanje građene sredine i iz njega proizašlog konvencionalnog redukcionizma i pojednostavljivanja gradskih sistema i njihovih problema. Fraktalna geometrija ima mogućnosti da interpretira suštinsku kompleksnost koja postoji unutar gradskog tkiva.

U trećem poglavlju smo dali teorijske osnove fraktalne geometrije - „geometrije organizovane kompleksnosti“ i teorija koje su dovele do njenog nastanka – teorije haosa i teorije kompleksnosti. Izložili smo osnovne pojmove i dali neophodna pojašnjenja. Fraktali

su jedna od karakteristika haotičnih kompleksnih sistema, tj. fraktal je rezultujuća slika haotičnog ponašanja sistema unutar kompleksnog sistema. Objašnjeno je njihovo nastajanje, data sveobuhvatna klasifikacija fraktala i objašnjenje fraktalne dimenzije i metoda njenog izračunavanja.

Četvrto poglavlje odnosi se na primjenu teorije kompleksnosti i fraktalne geometrije na oblikovanje građene sredine. Primjena fraktalne geometrije u arhitekturi je obrađivana tema od strane više istraživača (*Vaughan, Ostwald, Bovill, Cooper, Haghani...*) koji su ispitivali fraktalnost objekata, fasada, ulica, gradskih obrisa u izgledu. Ovo istraživanje se isključivo odnosilo na prvu projekciju urbanih matrica, odnosno plan grada, pa je u tom smislu i analizirana dosadašnja primjena fraktalne geometrije.

Ipak, ono na što se u radu prvenstveno željela skrenuti pažnja, je fraktalnost kao inherentno svojstvo čovjekovog okruženja, budući da smo okruženi fraktalima (svemir, reljef, biljni i životinjski svijet, ljudski organizam i um) milionima godina. Posledično, i veliki dio strukture ljudskog uma dolazi iz ove prastare veze jer na čovjeka utiče ono što vidi, tj. njegova okolina. A čovjek mora biti povezan sa svojom okolinom, fizički i psihološki, da bi se ona mogla smatrati pogodnom za život. Ako gradimo nefraktalne strukture i stvaramo nefraktalne matrice, gubimo podršku od okoline koju je naš um koristio da gradi svoju mentalnu strukturu!

U okviru istog poglavlja su, po prvi put u dosadašnjim istraživanjima, sveobuhvatno sagledane mogućnosti primjene fraktalne geometrije u oblikovanju građene sredine, kada je u pitanju plan urbane matrice. Možemo ih razvrstati u tri velike grupe:

- za ispitivanje načina na koji se gradovi razvijaju u vremenu i prostoru;
- za formiranje različitih urbanih tipologija i izradu uporednih analiza gradova;
- za mjerenje stepena urbanog rasipanja i granica urbanog područja i njihovog širenja.

Takođe, ukazano je na neke fraktale koji, kao referentni modeli, mogu biti korišćeni da ilustruju različite tipove prostorne organizacije, fragmentaciju ili kompleksnu morfologiju granica. Analizirani su sa aspekta nekih njihovih osobina koje mogu biti značajne sa obzirom na vrstu istraživanja u kojoj bi ih koristili.

Fraktalna dimenzija građene sredine opisuje raspodjelu elemenata u prostoru i može biti parametar kontrole prilikom usmjeravanja budućeg razvoja urbane matrice. Na primjer, prilikom planiranja urbanih intervencija, moguće je unaprijed utvrditi opseg fraktalne dimenzije u kojem želimo da se novodobijena matrica nalazi. Ovo može pomoći očuvanju kvaliteta koji se povezuje sa kompleksnošću urbane matrice.

Tokom fraktalne analize odabranih urbanih matrica, primjećeno je da fraktalna dimenzija nije dovoljan parametar koji jednoznačno klasifikuje urbane matrice. Rezultati tih ispitivanja fraktalne dimenzije, kao i razmatranje problema sa kojima su se suočili ostali istraživači, navelo nas je da fraktalnoj dimenziji pridružimo lakunoznost kao komplementaran parametar kompleksnosti matrice.

U petom poglavlju je urađena analiza slučaja na primjeru Podgorice. Uzimajući u obzir sva ograničenja izvršenih analiza, izveden je zaključak da fraktalna analiza urbane matrice može matematički identifikovati nivo kompleksnosti njene strukture jer fraktali imaju sposobnost da sumiraju kompleksnost, kompaktnost i heterogenost prostorne distribucije u jednoj vrijednosti – fraktalnoj dimenziji, koja je nezavisna od skale.

Odabrane su određene urbane cjeline, predstavnici pravilnih i nepravilnih, planiranih i neplaniranih prostornih matrica. Fraktalna analiza urbanog područja Podgorice urađena je pomoću softverskog paketa *Fractalyse*, tzv. metodom dilatacije. Rezultati su prikazani tabelarno i interpretirani. Istraživana je i fraktalna dimenzija granice urbanog područja, sa prethodnom ekstrakcijom granice u *Java* apletu za obradu slike *Image J*.

Povećanje fraktalne dimenzije urbane granice može biti način da se izvede lokalno povećanje gustine bez gubitka u kvalitetu života. Kada je u pitanju Podgorica, vrijednosti fraktalne dimenzije granice, kao i fraktalne dimenzije površine mogu još da rastu i tu činjenicu treba kroz planiranje imati u vidu. Takođe, niska fraktalna dimenzija granice ukazala je na jednu od dvije okolnosti: da nema interesovanja ili uslova za (kvalitetno) naseljavanje rubnih područja grada!

U sklopu fraktalne analize područja Podgorice, napravljena je i njena fraktalna mapa, pomoću koje je moguće dobiti vizuelni utisak o varijaciji fraktalnih dimenzija u okviru grada. Radi jednostavnosti, sveli smo podjelu na tri opsega dimenzija niska, srednja i visoka fraktalnost, i njima dodijelili boje. Predložene su mogućnosti tretiranja kontaktnih zona visoke i niske kompleksnosti, koje je na ovaj način, lako uočiti na mapi.

Uočeni su djelovi grada koji svojim oblikom i rasporedom objekata podsjećaju na neke poznate fraktale. Upoređivanjem vrijednosti fraktalne dimenzije matematičkih i realnih fraktala, došli smo do zaključka da se sličnost dimenzije ali i oblika naselja sa određenim fraktalima, može povezati sa sličnim postupkom njihovog nastajanja, odnosno procesom generisanja. Preporuka je da se i u daljem razvoju urbane matrice može i treba uzeti u obzir ovaj aspekt, a planerski postupak unaprijediti kombinovanjem planerskih i geometrijskih metoda, posebno u sledećim slučajevima:

- a) kod urbane rekonstrukcije planski formiranih urbanih matrica;
- b) za urbanu rekonstrukciju spontano formiranih urbanih matrica;

- c) za nalaženje optimalne matrice povezivanja planskih i spontano nastalih urbanih zona/matrica.

Na osnovu rečenog, na ovom nivou istraženosti primjene fraktala za upravljanje prostorom, izvjesno je da se može doći do važnih smjernica planerima kako neki prostor efikasno sačuvati za budućnost uz njegovo istovremeno korišćenje.

Osim navedenog, urađena je i procjena fraktalne dimenzije odabranih urbanih cjelina u cilju provjere mogućnosti klasifikacije matrica na osnovu kriterijuma fraktalne dimenzije. U tu svrhu korišćeni su programski paket *Fractalyse* i dvije metode u okviru alata *FracLac*: SLAC metoda (*sliding box counting*) i BC metoda (*box counting*).

Tokom rada na određivanju njihovih fraktalnih dimenzija, pokazalo se da morfološki različite matrice mogu imati iste fraktalne dimenzije (odnosno da fraktalna dimenzija nije sama po sebi dovoljan parametar za opisivanje tekstone matrice). Kada smo uporedili vrijednosti za lakunoznost pomenutih matrica (približnih vrijednosti fraktalne dimenzije), uočili smo da nepravilna matrica ima duplo veću lakunoznost od ortogonalnih matrica. Upoređivanjem grafika lakunoznosti, došli smo do novih zaključaka. Naime, što je matrica više nalik ortogonalnoj pravilnoj rešetki, dakle što je homogenija, njena kriva lakunoznosti ima veća odstupanja od prave linije. Možemo zaključiti da su razlike u lakunoznosti rezultat morfoloških i socijalnih osobenosti svake zajednice, dok fraktalna dimenzija otkriva šta je zajedničko ovim strukturama: ponavljanja kroz različite razmjere i inherentna kompleksnost.

U cilju uspostavljanja relacija između izmjerenih vrijednosti odabranih parametara (fraktalne dimenzije i lakunoznosti) i određenih planerskih koncepata, moguće je dati neke opsege vrijednosti ovih parametara za različite tipove matrica. Tabela smo predstavili znanja i zaključke do kojih smo došli na osnovu ovog i istraživanja drugih autora, a u vezi vrijednosti lakunoznosti i fraktalne dimenzije koje su karakteristične za pojedine tipove matrica.

U urbanističkom planiranju se pojam kompleksnosti odnosi na brojnost, raznovrsnost i jednovremenost urbanih funkcija u nekom urbanom prostoru. Fraktalna dimenzija, neminovno, obuhvata cio sadržaj slike fizičke strukture, dakle i urbanu kompleksnost, ali ova ostaje skoro nesaglediva kroz fraktalnu dimenziju, pa se izvodi zaključak da procjena fraktalne dimenzije ne može biti dovoljna za urbanu klasifikaciju. Za potrebe detaljnijih urbanističkih i urbanoloških istraživanja predlaže se uvođenje novog parametra, nazvanog urbana dimenzija, a koji bi se dobijao iz podataka o broju i vrsti urbanih funkcija u određenoj urbanoj cjelini.

U šestom poglavlju je predložen model upravljanja građenom sredinom, uvažavajući zaključke do kojih smo došli u prethodnim poglavljima. Na početku su date teorijske osnove upravljanja i odlučivanja, budući da je odlučivanje, kao proces pripreme i donošenja odluka, sadržano u procesima upravljanja.

Poznato je da u procesu odlučivanja o građenoj sredini postoje određeni opisni kriterijumi koje je teško kvantifikovati, kao što su: kvalitet života urbane sredine, humano okruženje, duh mjesta, osjećaj zadovoljstva u prijatnom ambijentu... Razna istraživanja govore u prilog tome da su ovi kvaliteti povezani sa kompleksnošću građene sredine. Kompleksnost/fraktalnost građene sredine kao kriterijum upravljanja možemo primjenjivati na tri načina. To su:

- 1) Fraktalnost kao koncept prilikom planiranja
- 2) Fraktalna simulacija urbanih sistema u cilju dobijanja prognoza urbanog rasta
- 3) Mjerenje fraktalnih karakteristika urbanih matrica u cilju klasifikacije matrica

Disertacija je, prevashodno, bila orijentisana na teorijsko istraživanje mogućnosti primjene fraktalne geometrije u koncipiranju modela upravljanja građenom sredinom. Istraživanje je pokazalo da razvoj modela treba usmjeriti u tri pravca:

- A - za planiranje novih naselja/fizičkih struktura, odnosno gradskih područja;
- B - za upravljanje postojećim naseljima, odnosno gradskim područjima;
- C - za sanaciju neplanski izgrađenih naselja.

Ono što ih čini različitim u procesu upravljanja, su vrste odluka (intervencija) kada su u pitanju programi rasta i razvoja, pa posledično i kada je u pitanju geometrijsko definisanje matrica.

Model upravljanja je prikazan shematski, s tim da su njegove aktivnosti, po pripadnosti, razvrstane dvostruko: po fazama upravljanja i po institucijama u čijoj su nadležnosti. Na shemi je lako pratiti i hronološki slijed aktivnosti, mnoge povratne petlje između aktivnosti i njihove međuzavisnosti. Posebno je istaknuto mjesto fraktala u upravljačkom procesu, a u okviru istog poglavlja su dati predlozi za njihovu primjenu.

7.3. Postignuti ciljevi istraživanja

Ciljevi istraživanja navedeni u prvom poglavlju su postignuti, kako slijedi:

- Istražili smo kako se fraktalni parametri, prvenstveno fraktalna dimenzija, mogu primjeniti kao kriterijumi za identifikaciju i klasifikaciju urbanih matrica, kao i za analizu njihove kompleksnosti. Došli smo do važnog zaključka da fraktalna dimenzija nikako nije dovoljan kriterijum za klasifikaciju urbanih matrica. Testirali smo lakunoznost kao komplementaran parametar za morfološku klasifikaciju. Za

potrebe urbanističkih klasifikacija, predložili smo i kratko opisali novi parametar, tzv. urbanu dimenziju, ali njegovo dalje razrađivanje je izlazilo iz okvira ovog rada.

- Fraktalna klasifikacija, na osnovu vrijednosti fraktalne dimenzije urbanih cjelina, u vidu fraktalne mape, se može prevesti u informaciju planerima kako i gdje da održe, očuvaju postojeće fraktalne karakteristike područja.
- Predložili smo model upravljanja prostorom, koji obuhvata fraktalnost tog prostora kao komponentu prilikom donošenja odluka o prostoru.

Osnovna hipoteza disertacije je bila da se može definisati fraktalnost građene sredine i da ta fraktalnost može biti faktor prilikom donošenja odluka o prostoru.

Kako je već pomenuto, građenu sredinu smo analizirali samo u prvoj projekciji, na planu grada. Fraktalnost građene sredine, u tom smislu, može se izražavati preko fraktalne dimenzije i upoređivanjem realnih gradskih sistema sa predloženim referentnim modelima. U modelu upravljanja građenom sredinom koji predlažemo, ohrabruje se istraživanje fraktalnosti građene sredine i ukazuje na tu osobinu kao na kvalitet nekog urbanog prostora. Očekujemo da će nakon razrade modela njegova primjena kvalitativno uticati na sadašnje procedure upravljanja prostorom.

Zaključujemo da je osnovna hipoteza dokazana, uz napomenu da je za definisanje fraktalnosti građene sredine neophodno provjeravati i fraktalne dimenzije objekata u izgledu, odnosno njihove vertikalne projekcije.

Disertacija je ukazala na potencijal fraktalne geometrije kada su u pitanju mogućnosti novih rješenja za kreiranje naselja u skladu sa onim potrebama čovjeka koje, slobodno možemo reći, do sada nisu tretirane. Naravno, mislimo na značaj fraktalnosti građene sredine za njene korisnike, što mora biti podržano shvatanjem važnosti koju to ima za psihofizičko dobrostanje ljudi.

7.4. Predlozi za buduća istraživanja

Imajući u vidu prethodne rezultate, možemo zaključiti da analize i koncepti bazirani na teoriji kompleksnosti i fraktalnoj geometriji, u kombinaciji sa računarskim programima i alatima, mogu dati nove kriterijume prilikom odlučivanja, pa time i upravljanja građenom sredinom. Ono što ovdje ističemo je činjenica da fraktalna analiza može biti samo polazište za dalje detaljnije istraživanje i razmatranje, a dalji razvoj metoda mora biti u skladu sa specifičnim zahtjevima svake pojedinačne oblasti ili svrhe u koju se koristi. Ovdje se prvenstveno misli na: saobraćaj, namjenu površina i centralne funkcije – tri glavne i najveće podcjeline onog što forma grada predstavlja. Što bolje istražimo gradske sisteme,

bićemo sposobniji da upravljamo njima na način koji će dovesti do obnavljanja najdubljih veza čovjeka sa njegovom okolinom.

Modeli zasnovani na kompleksnim sistemima su veoma novi modeli generalno i mogućnosti njihove primjene nisu dovoljno istražene. U ovom stadijumu je neke od njih moguće sprovesti samo u laboratorijskim uslovima kroz kompjutersku simulaciju. Ova disertacija je preliminarna studija i njen glavni cilj je da pokaže načine primjene fraktalnih metoda na upravljanje građenom sredinom. Sama oblast je u onoj tački razvoja kada se može usmjeravati u različitim smjerovima. Na primjer:

- 1) Već je istaknuto da fraktalnost građene sredine nije dovoljno analizirati samo u prvoj projekciji, kao što je to slučaj u ovom radu. Za bliže određivanje fraktalnosti čovjekovog okruženja i svih njenih efekata, neminovno je sagledavanje i druge projekcije, odnosno izgleda građene sredine. Međutim, sa obzirom na to da su istraživanja ove vrste na samom početku, u ovom trenutku nije moguće sve obuhvatiti, te smo se ograničili na posmatranje isključivo plana grada. Dalja istraživanja u smislu uključivanja i treće dimenzije se očekuju.
- 2) Sa prethodnim u vezi je i nastavak istraživanja psihološkog efekta fraktalnog okruženja na čovjeka, odnosno odgovor na pitanje postoji li veza između urbanog kvaliteta života i stepena fraktalnosti urbane morfologije. Iako se o dobrobitima fraktalne sredine zna (mada nije tema ovog rada), potrebno je doći do konkretnih podataka kako manje ili više fraktalna sredina utiče na kvalitet života ljudi u njoj. To podrazumijeva detaljno i sveobuhvatno urbanološko i sociološko istraživanje, što svakako prevazilazi okvire ove disertacije.
- 3) Ispitivanje urbane granice je značajno zbog pitanja konurbacija (povezivanje više urbanih cjelina). Na primjer, u Crnoj Gori postoji tendencija stvaranja urbanog kontinuuma Podgorica-Danilovgrad-Nikšić; drugi primjer je naselje na crnogorskoj obali.
- 4) Teorija kompleksnosti je povezana sa naučnim istraživanjima koja uključuju *cellular automata*, *fuzzy* logiku, fraktalnu analizu, neuronske mreže i vještačku inteligenciju. Ako gradove posmatramo kao kompleksne sisteme, što je u ovoj disertaciji više puta navedeno kao veoma zasnovano, onda bi sve nabrojane oblasti mogle imati dodirnih tačaka sa planiranjem i upravljanjem takvim sistemima.
- 5) Svi djelovi građene sredine neminovno trpe određene promjene. One mogu biti u pravcu potvrđivanja formirane urbane matrice ili je mogu narušavati. Međutim, evidentiranje tih promjena urbanih matrica nije institucionalno dosledno praćeno. U tom smislu uspostavljanje operativnih metoda korišćenja fraktala i fraktalne dimenzije biće moguće u narednom periodu, posebno sa aspekta boljeg korišćenja informacionih tehnologija ali i doslednog institucionalnog okvira za praćenje

prostornog razvoja i prostornog rasta. Fraktal, kao kopča sa upravljanjem, može da se koristi za istraživanje šta se u prostoru događa na nivou prostornih struktura, pa i socijalnih aspekata grada. Uz druge, višedisciplinarne analize (socijalne, psihološke, kriminološke...), moguće je izvesti zaključke o vezi fraktalne forme grada sa njegovim drugim aspektima.

- 6) Za potrebe detaljnijih urbanističkih i urbanoloških istraživanja predlaže se uvođenje novog parametra, nazvanog urbana dimenzija, a koji bi se dobijao iz podataka o broju i vrsti urbanih funkcija u određenoj urbanoj cjelini. Time ukazujemo na pravac razvoja metode uvođenjem i odrednice za urbanu kompleksnost, koja bi uz navedene i korišćene u ovom radu - fraktalnu dimenziju i lakunoznost, mogla da doprinese boljem klasifikovanju urbanih matrica.

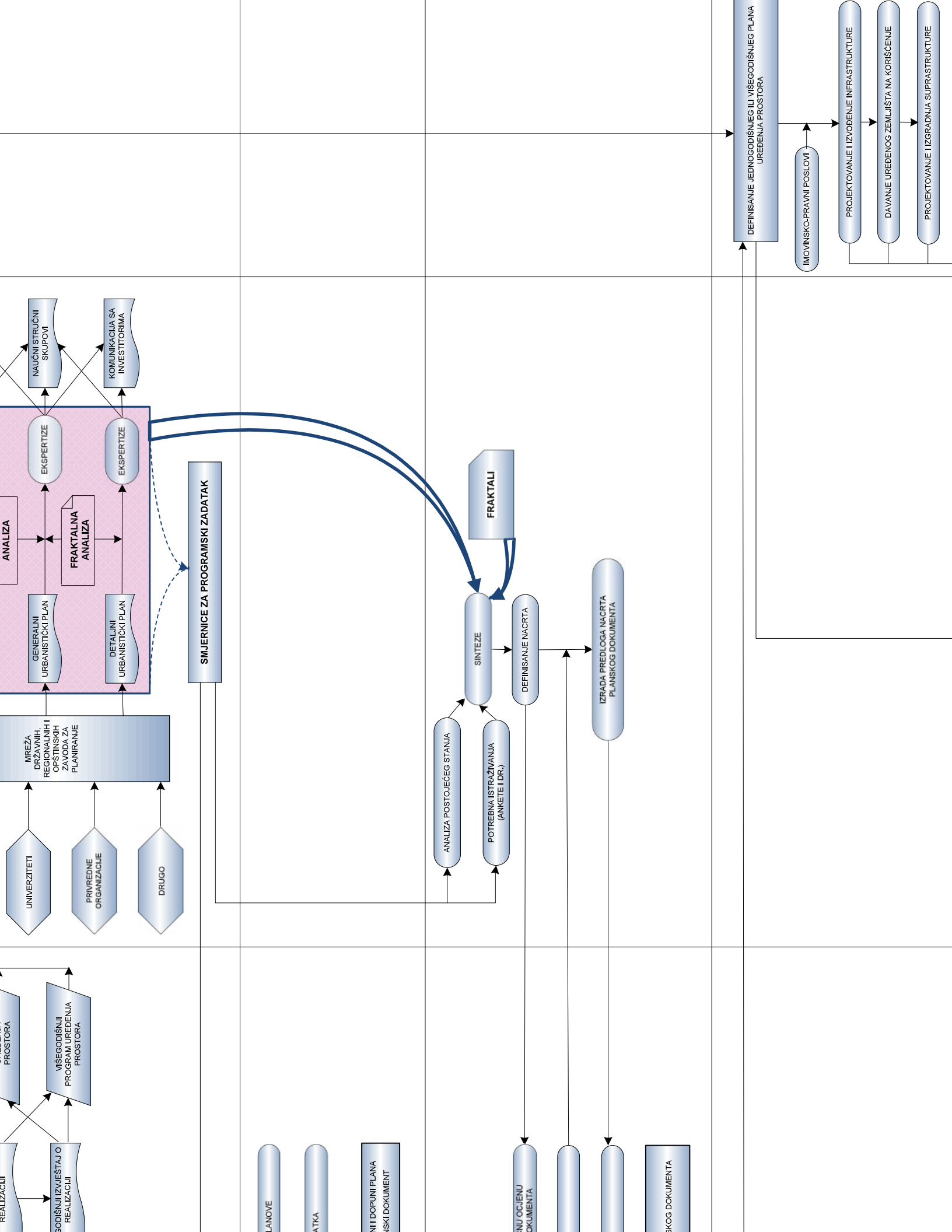
LITERATURA

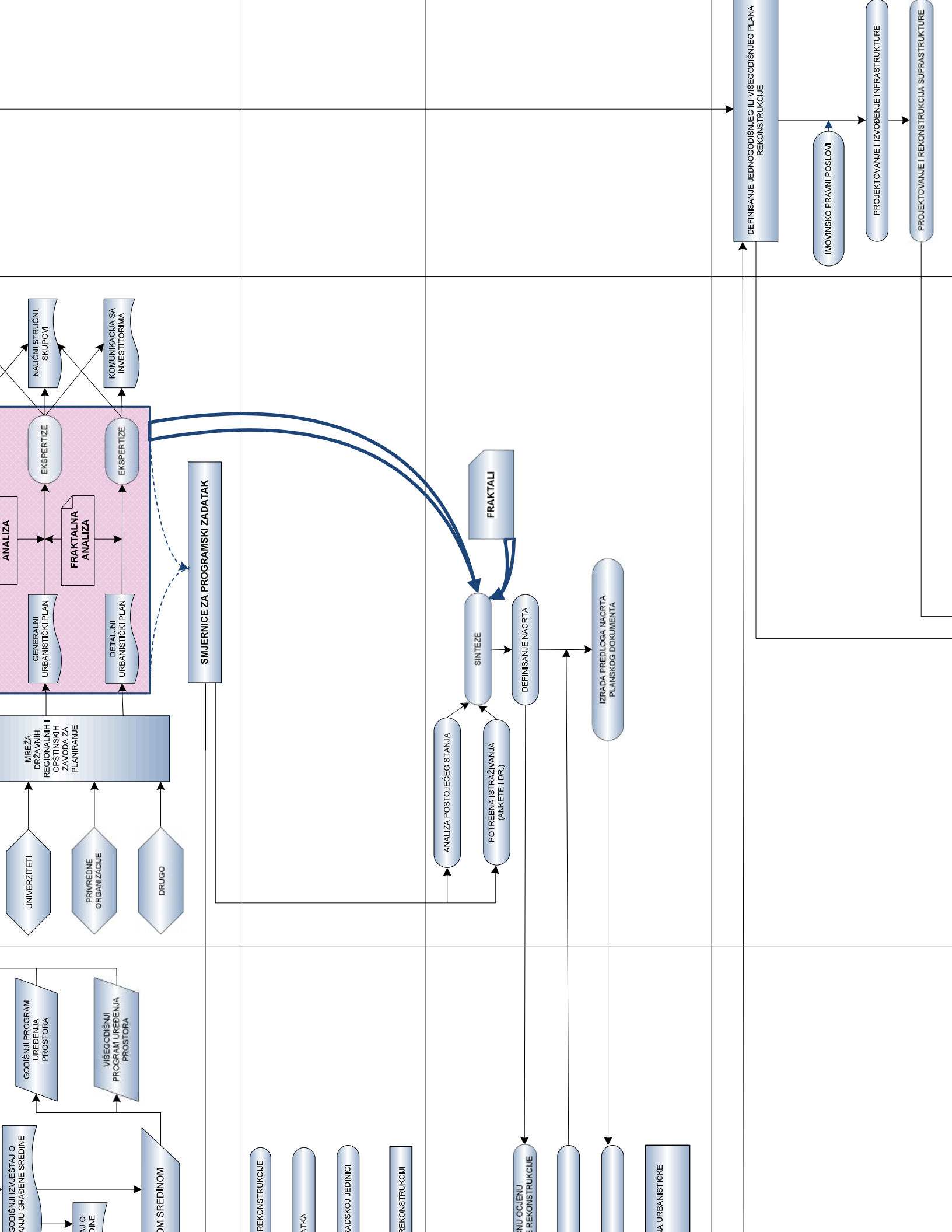
1. Kurtović-Folić N.: *Politika održivog razvoja i transformacija značenja kulturnog nasleđa*, Konferencija Graditeljstvo i održivi razvoj, Zbornik radova, Beograd, 2009.
2. Radović R.: *Forma grada*, Orion Art, Berograd, 2005.
3. Longley, P., Batty, M.: *Fractal Cities: A Geometry of Form and Function*, Academic Press, San Diego, CA and London, 1994.
4. Salinger N.: *Ecology and the Fractal Mind in the New Architecture*, www.fractal.org
5. Batty M.: *Cities as Complex Systems: Scaling, Interactions, Networks, Dynamics and Urban Morphologies*, www.casa.ucl.ac.uk
6. Kalezić J., Knežević M.: *Following Sir Arthur C. Clarke's Predictions*, XIX International Symposium of Electronic Transport, Ljubljana, 2011.
7. Zakon o uređenju prostora i izgradnji objekata, Sl.list.Crne Gore broj 51/08
8. Kalezić J.: *Nacrtna geometrija i razvoj vizualnog opažanja i vizualizacije primjenom izmijenjenih stanja svijesti*, doktorska disertacija, Beograd, 1996.
9. Crompton A.: *How big is city, really?*, www.cromp.com/download/pdfdocs/howbigcity.pdf
10. Stachel H.: *New Applications of Geometry*, Journal for Geometry and Graphics, Volume 2, p.151-159, Institute of Geometry, Vienna University of Technology, 1998.
11. Dovniković L.: *Harmonija sfera*, Matica srpska, Novi Sad, 1999.
12. Bogdanović B.: *Urbanističke mitologeme*, Vuk Karadžić, Beograd, 1985.
13. Kalezić, J.: *Razvoj naselja*, skripta, Građevinski fakultet UCG, Podgorica, 2003
14. Mumford, L.: *Grad u historiji*, Naprijed, Zagreb, 1988.
15. Haghani T.: *Fractal Geometry, Complexity and the Nature of Urban Morphological Evolution*, www.fractalmorphology.com
16. Perovic S.: *Development Strategy of the Montenegro Urbanism in the 21st Century Transdisciplinary Engagement*, W A of Science, Engineering and Technology 72, 2012.
17. Batty M.: *The Size, Scale, and Shape of Cities*, Science, 319 (5864), p.769-771, 2008.
18. Salinger N.: *Connecting a fractal city*, www.planum.net/.../salinger_connecting-pdf
19. Bhutta T.: *Chaos, Fractals & their Real Life Applications*, www.citeseerx.ist.psu.edu
20. Mandelbrot B.: *The Fractal Geometry of Nature*, New York: W. H. Freeman and Co, 1983.
21. Petruševski Lj.: *Matematika u arhitekturi*, www.arh.bg.ac.rs
22. *Fractalyse manual*, www.fractalyse.com
23. Eglash R.: *African fractals*, www.homepages.rpi.edu/eglash/eglash.htm
24. Kalezić, J., Jevrić, M.: *Fractals in urban space*, Zbornik radova XXV Međunarodne naučne konferencije "Mongeometrija 2010", Beograd, 2010.
25. Frankhauser P., Pumain D.: *Models in Spatial analysis*, ISTE, John Willey & Sons, 2007.
26. Frankhauser P.: *Comparing the morphology of urban patterns in Europe a fractal approach*, European Cities Insights on outskirts, Report COST Action 10 Urban Civil Engineering, Vol. 2, Structures, Brussels, 79-105, 2004.
27. Frankhauser P.: *Approaching urban patterns by fractal geometry : From theory to application*, Théma Université de Franche-Comté France, Winter school Konstanz, 2004.

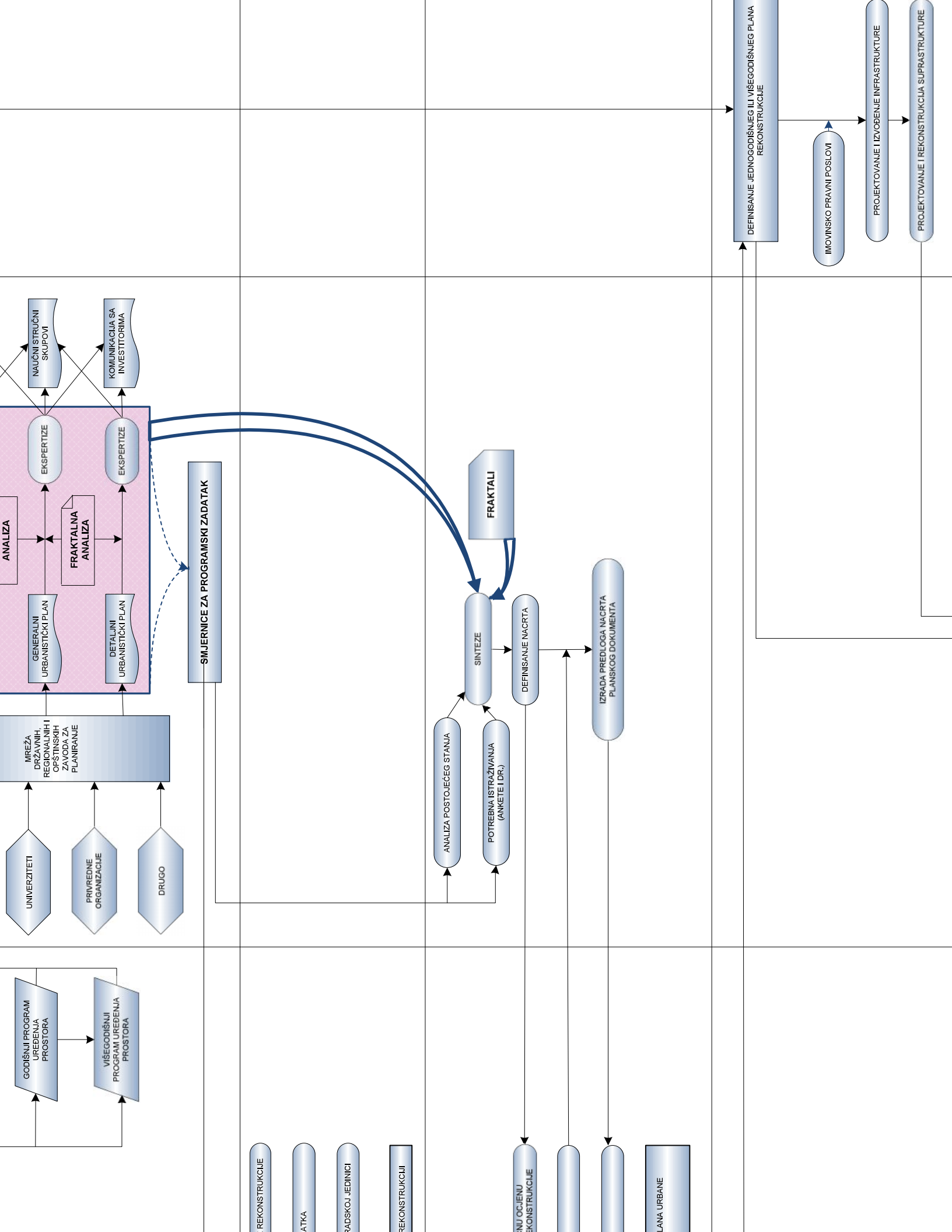
28. Cooper J., Oskrochi R.: *Fractal analysis of street vistas: a potential tool for assessing levels of visual variety in everyday street scenes*, Environment and Plann B Planning and Design, 01/2008; p.349-363
29. Tannier C., Pumain D.: *Fractals in urban geography: a theoretical outline and an empirical example*, www.cybergeo.revues.org
30. Frankhauser P., Thomas I.: *The morphology of built-up landscapes in Wallonia: a classification using fractal indices*, 2008. www.math.univ-lille1.fr
31. Lagarias A.: *Fractal Analysis of the Urbanization at the Outskirts of the City: Models, Measurement and Explanation*, 2007. <http://cybergeo.revues.org/8902?lang=en>
32. Arlinghaus S., Batty M.: *Patterns, Maps, and Fractals: The Case of United Kingdom Historical Data Sets*, www.mylovedone.com
33. Benguigui B., Chamanski D., Marinov M.: "When and where is a city fractal?", Environment and planning B: Planning and design, Vol.27 / 507-519
34. Karperien A.: *FracLac for ImageJ*, www.researchgate.org
35. Filho B., Sobreira I.: *Assessing texture pattern in slum across scales: an unsupervised approach*, 2005, www.eprints.ucl.ac.uk
36. Milić B.: *Studija: Standardi servisa za planiranje gradskih naselja*, GUP Titograd, Republički zavod za urbanizam i projektovanje Titograd, 1970.
37. Knežević M.: *Upravljanje rizikom pri realizaciji građevinskih projekata*, doktorska disertacija, Beograd, 2004.
38. The European Council of Town Planners: "The New Charter of Athens": *Vision for Cities in the 21st century*, <http://www.ceu-ectp.eu/index.asp?id=108>, Athens, 2003.
39. Vučijak B.: *Višekriterijalna optimizacija u upravljanju prostorom*, Prostor 15, Zagreb, 2007. p.108-117
40. Jovanović P.: *Upravljanje investicijama*, Grafoslog, Beograd, 2000.
41. Kalezić J.: *Urbanizam, razvoj i planiranje naselja*, Građevinski fakultet, Podgorica, 2003.
42. Spaić R., Đinđić M.: *Upravljanje izgradnjom komunalne infrastrukture*, Univerzitet Braća Karić, Beograd, 1999.
43. *Fractal matrix planning system*, www.openarchitecturenetwork.org
44. Frame, M., Mandelbrot, B.: *Fractal geometry*, Yale University, www.classes.yale.edu
45. Bogdanov A., Manić B., Petrić J.: *Pristup proučavanju metoda analize i obnove urbanog tkiva posmatranjem grada kao višestruke fraktalne strukture*, Arhitektura i urbanizam, 2007.
46. Plotnick R., Gardner R., Hargrove W., Prestegard K., Perlmutter M.: *Lacunarity analysis: A general technique for the analysis of spatial patterns*, Physical review, vol. 53/5, 1996.
47. Konstantinos D.: *Čovek i grad*, Nolit, Beograd, 1982.
48. World Commission on Environment and Development: *Our Common Future (Brundtland Report)*, 1987., www.un-document.net
49. Battz M.: *Building a Science of Cities*, 2011. <http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/pdf/paper170.pdf>
50. Castex J., Depaule J.C., Panerai P.: *Urbane forme*, Građevinska knjiga, 2004.
51. Vresk M.: *Grad i urbanizacija*, Školska knjiga, Zagreb 2002.
52. Bakić R.: *Prostorno planiranje*, Unireks, Podgorica 1995.
53. Gleick J.: *Chaos: Making A New Science*, Vintage, UK, 1987.

54. Stachel, H.: *Descriptive Geometry, the Art of Grasping Spatial Relations*, Proceedings: vol. 2, 6th ICECGDG, p. 533–535, Tokyo 1994.
55. Böröczky, K.: *Intuitive Geometry*, János Bolyai Mathematical Society, Bolyai Society Mathem. Studies 6, 413–427, Budapest 1997
56. Fuchigami K.: *Analysis of the Spiral Pattern Karakusa*, Journal for Geometry and Graphics, Vol. 5, 2001
57. Briggs, J.: *Fractals: The Patterns of Chaos*, Thames and Hudson, London, 1992.
58. Falconer, K.: *Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications*, John Wiley & Sons Ltd., 2003
59. Barnsley, R.: *Fractals Everywhere*, Academic Press Professional, Boston, 1993.
60. Falconer, K.: *Techniques in Fractal Geometry*. John Wiley and Sons, 1997.
61. Gouyet, J.F.: *Physics and Fractal Structures*, Springer-Verlag, New York, 1996.
62. Kalezić, J., Jevrić M.: *Grafička provjera i simulacija nekih urbanističkih parametara*, Zbornik radova sa drugog internac. naučno-stručnog skupa GNP 2008, Žabljak
63. Stojkov, B.: *Plan i sudbina grada*, Građevinska knjiga, Beograd, 1992.
64. Supek, R.: *Grad po mjeri čovjeka*, Naprijed, Zagreb, 1987.
65. Arnajm, R.: *Dinamika arhitektonske forme*, Univerzitet umetnosti, Beograd, 1990.

PRILOZI







IZJAVA O AUTORSTVU

Potpisani/a Marija Jevrić

Broj upisa 2/08

IZJAVLJUJEM

da je doktorska disertacija pod naslovom:

Model upravljanja građenom sredinom primjenom fraktalne geometrije

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija ni u cjelini, ni u djelovima nije bila predložena za sticanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova i
- da nijesam kršio/la autorska prava i koristio/la intelektualnu svojinu drugih lica.



Potpis doktoranda

u Podgorici, 14. 06. 2014.

**IZJAVA O ISTOVJETNOSTI ŠTAMPANE I ELEKTRONSKE
VERZIJE DOKTORSKE DISERTACIJE**

Ime i prezime autora Marija Jevrić

Broj upisa 2/08

Studijski program Građevinski fakultet, doktorske studije, saobraćajno-urbanistički smjer

Naslov disertacije

Model upravljanja građenom sredinom primjenom fraktalne geometrije

Mentor Prof. dr Miloš Knežević, dipl. inž. građ.

Potpisani/a Marija Jevrić

Izjavljujem da je štampana verzija doktorske disertacije istovjetna elektronskoj verziji, koju sam predao/la radi pohranjivanja u **Digitalni arhiv Univerziteta Crne Gore**.

Istovremeno izjavljujem da dozvoljavam objavljivanje ličnih podataka u vezi sa sticanjem akademskog zvanja doktora nauka (ime i prezime, godina i mjesto rođenja, naslov disertacije i datum odbrane) na mrežnim stranicama i u publikacijama Univerziteta Crne Gore.


Potpis doktoranda

U Podgorici, 14. 06. 2014.

IZJAVA O KORIŠĆENJU

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku da u **Digitalni arhiv Univerziteta Crne Gore** unese doktorsku disertaciju pod naslovom

Model upravljanja građenom sredinom primjenom fraktalne geometrije

koja je moj autorski rad.

Doktorska disertacija, pohranjena u Digitalni arhiv Univerziteta Crne Gore, može se koristiti pod uslovima definisanim licencom Kreativne zajednice (Creative Commons), za koju sam se odlučio/la¹.

- ☐ Autorstvo
- ☐ Autorstvo - bez prerada
- ☐ Autorstvo - dijeliti pod istim uslovima
- ☐ Autorstvo - nekomercijalno
- ☐ Autorstvo - nekomercijalno - bez prerada
- ☒ Autorstvo - nekomercijalno - dijeliti pod istim uslovima


Potpis doktoranda

U Podgorici, 14. 06. 2014.

¹ Odabрати (čekirati) jednu od šest ponuđenih licenci (kratak opis licenci dat je na poledini ovog priloga)