

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Ивана М. Ђировић

**ИЗБОР ФРАКТАЛНОГ ОБЈЕКТА
У ПОСТУПКУ ДЕТЕРМИНИСАЊА
ФРАКТАЛНОГ РИТМА
У АРХИТЕКТОНСКО-УРБАНИСТИЧКИМ
КОМПОЗИЦИЈАМА**

докторска дисертација

Београд, 2014.

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF ARCHITECTURE

Ivana M. Ćirović

**The Selection of Fractal Objects
in the Process of Determination
of Fractal Rhythm
in Architectural and Urban Compositions**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2014.

**ИЗБОР ФРАКТАЛНОГ ОБЈЕКТА У ПОСТУПКУ ДЕТЕРМИНИСАЊА ФРАКТАЛНОГ РИТМА
У АРХИТЕКТОНСКО-УРБАНИСТИЧКИМ КОМПОЗИЦИЈАМА**

ДОКТОРАНД:

мр Ивана Ћировић

МЕНТОР:

Михаило Тимотијевић, редовни професор Архитектонског факултета
Универзитета у Београду

КОМИСИЈА:

др Љиљана Петрушевски, редовни професор Архитектонског факултета
Универзитета у Београду

др Марија Обрадовић, ванредни професор Грађевинског факултета
Универзитета у Београду

Избор фракталног објекта у поступку детерминисања фракталног ритма у архитектонско-урбанистичким композицијама

Апстракт

Теза овог истраживања полази од претпоставке да је у поступку (који је иницијално предложио и описао аутор К. Бовил) детерминисања ритма у арх-урб. композицијама уз помоћ објеката фракталне геометрије посматраних као да су математички модели *природног ритма*, правилан избор фракталног објекта, који ће се затим у поступку појавити као математички модел ритма, веома значајан за правилно спровођење поступка и за добијање жељеног резултата, тј. ритма са одређеним карактеристикама. Истраживање треба да идентификује, анализира и научно опише и објасни параметре који могу бити значајни у избору објекта Фракталне геометрије (једног или више), како би после спровођења поступка детерминисани ритам био (по својствима која ће се пренети са модела на ритам) сличан природном ритму, тј. начину промене вредности варијабли из природе посматрано у функцији времена или позиције у простору (једносимензионалне, дводимензионалне или тродимензионалне позиције). Разматраће се две врсте фракталних објеката, које су обе из класе *случајних фрактала*: *fractional Brownian functions* и *random curds*, за које је у научној литератури показано да су прихватљиви математички модели за многе облике и процесе из природе.

Параметри који утичу на правилан избор објекта Фракталне геометрије јављују се као својства самог ритма који треба да се детерминише, и као својства посматраних фракталних објеката, где је управо значајна релација између наведених својстава, са полазном претпоставком да за неки, конкретно посматрани ритам елемената арх-урб. композиције, постоје фрактални објекти који се, из разлога које овај рад има намеру да испита, могу прихватити као више или мање повољни или се уопште не могу прихватити као потенцијални математички модели ритма. Истовремено, пошто је намера да овако детерминисан ритам у архитектури буде сличан природном ритму, на избор фракталног објекта утицаће и релевантана својства самих природних објеката, описана и измерена параметрима Фракталне геометрије. У испитивању релације која се у поступку успоставља између ритма елемената архитектонске композиције са једне и фракталног објекта као модела природног ритма, са друге стране, а која се

овде препознаје као аналошка релација, рад се ослања на резултате до којих је дошла Д.Гентнер у својим истраживањима о аналогiji, тачније, на њену *structure-mapping theory*. Својства ритма у арх-урб. композицијама за која је претпостављено да ће утицати на процену прихватљивости фракталног објекта као модела ритма и према којима ће се за потребе овог рада извршити топологија могућих случајева ритма, су: број просторно-временских одредница или димензија потребан, и довољан, да се специфицира положај, у вишеструком јављању ентитета, сваког појединог ентитета арх-урб. композиције; затим, да ли су све изабране вредности визуелног својства у истој мери прихватљиве или пожељне као и да ли су сви могући интервали између изабраних вредности у истој мери прихватљиви или пожељни, односно, постоји ли условљеност визуелних својстава и њихових могућих интервала неким релевантним аспектом арх-урб. композиције, и улогом коју у томе има посматрани ентитет; какав је узајамни однос сличности изабраних вредности визуелног својства посматраног елемената композиције; који је број изабраних вредности визуелног својства.

Својства *fractional Brownian functions* у односу на која ће се испитивати њихова прихватљивост као модела у поступку биће овде: вредност тополошке димензије и вредност *fractal dimension* (а која је повезана са осталим значајним математичким својствима: корелацијом сукцесивних прираштаја, инертношћу и спектралном густином), а својства *random curds* у односу на која ће се испитивати њихова прихватљивост као модела у поступку биће: Еуклидова димензија помоћне или конструктивне мреже b^E , затим, број итерација или корака у поступку *curdling* и изабрана вероватноћа за сваки корак поступка.

Такође, показаће се да ће се ритам генерисан на овај начин и означен као ненегзактан, због присутне компоненте случајности, визуелно процењивати као - природан, а истовремено и као комплекснији или неправилнији од ритмова који су овде означени као егзактни. Такође, показаће се на који начин се избором фракталног објекта као модела ритма са одређеним математичким својствима може утицати на визуелну комплексност генерисаног ритма, а тако, претпостављено је, и на естетску перцепцију таквог ритма.

Кључне речи:

Ритам у архитектонско-урбанистичким композицијама; Фрактални ритам; Природни ритам; Случајни фрактали; *fractional Brownian functions*; *random curds*; аналогija

Научна област дисертације: Архитектура и урбанизам

УДК број: 517.542:72(043.3)

**Selection of Fractal Object in the Process of Determining Fractal Rhythm
in Architectural-Urban Compositions**

Doctoral Candidate:

Ivana Ćirović, MArch

Doctoral Advisor:

Mihailo Timotijević, Full Professor at the University of Belgrade,
Faculty of Architecture

Dissertation Committee:

Dr. Ljiljana Petruševski, Full Professor at the University of Belgrade,
Faculty of Architecture

Dr. Marija Obradović, Associate Professor at the University of Belgrade,
Faculty of Civil Engineering

Abstract

The thesis of this research is based on the assumption that in the process of determining rhythm in architectural-urban compositions (first suggested and described by Carl Bovill), by using objects of fractal geometry observed as mathematical models of *natural rhythm*, a proper selection of fractal object, which will then appear as the mathematical model of rhythm in the process, is very important for the correct implementation of the process, and for achieving the desired result, i.e. rhythm with certain characteristics. The research should identify, analyze and scientifically describe and explain parameters that could be significant in the selection of the object of fractal geometry (one or more), so the determined rhythm would, after the process's implementation, be similar to natural rhythm (in terms of characteristics that will be transferred from the model to rhythm), i.e. the manner in which variable value changes in nature, observed in the function of time, or position in space (one-dimensional, two-dimensional, three-dimensional). We will observe two types of fractal objects, both from the class of *random fractals*: *fractional Brownian functions* and *random curds*, both of which have been approved in scientific literature as acceptable mathematical models for various natural forms and processes.

Parameters that affect the correct selection of the object of fractal geometry appear as characteristics of the very rhythm they are supposed to determine, and as characteristics of the observed fractal objects, where exactly the relation between stated characteristics is significant, with the initial assumption that for a specifically observed rhythm of elements of an architectural-urban composition there are fractal objects which, for reasons this paper will not attempt to examine, can be accepted as more or less favorable, or they cannot be accepted as potential mathematical models of rhythm at all. Simultaneously, since idea is that rhythm in architecture thus determined should be similar to natural rhythm, the selection of fractal object shall also be affected by relevant characteristics of natural objects themselves, described and measured with parameters of fractal geometry. In examining the relationship which establishes in the process between rhythm of the elements of architectural composition on the one hand, and the fractal object as the model of natural rhythm on the other, and which is here recognized as analogical relationship, this paper relies on results obtained by Dedre Gentner in her studies on analogy, more precisely, on her *structure-mapping theory*.

Characteristics of rhythm in architectural-urban compositions which are assumed to affect the assessment of acceptability of the fractal object as the model of rhythm, and on the basis of which we will conduct the topology of possible cases of rhythm for the purpose of this paper, are: the number of spatial-temporal determinants necessary, or sufficient to specify the position, in a multiple occurrence of entities, of each individual entity of the architectural-urban composition; also, are all chosen values of the visual feature acceptable and desirable in equal measure, and are all possible intervals between chosen values equally acceptable and desirable, in other words, is there a dependence between visual features and their possible intervals, and some relevant aspect of the architectural-urban composition, as well as the role the observed entity has in all that; what is the mutual relationship of similarities between chosen values of the visual feature of the observed compositional element; what is the number of chosen values of the visual feature.

Characteristics of *fractional Brownian functions*, in relation to which we will examine their acceptability as models in the process, are: the value of topological dimension, and the value of *fractal dimension* (which is connected to other important mathematical properties: correlation of successive increments, inertness and spectral density), and characteristics of *random curds*, in relation to which we will examine their acceptability as models in the process are: Euclidean dimension of the auxiliary, or structural network b^E , then, the number of iterations, or steps in the process of *curdling*, and the chosen probability for each step of the process.

Furthermore, it will be demonstrated that, because of the presence of the component of randomness, rhythm generated in this way, and defined as non-exact, will be evaluated as natural, and at the same time, as a more complex and more irregular than rhythms defined here as exact. Also, we will show in what way the selection of fractal object as the model of rhythm with certain mathematical properties can affect the visual complexity of the generated rhythm, and thus, we assume, aesthetic preferences for such rhythm.

Keywords:

Rhythm in architectural-urban compositions; fractal rhythm; natural rhythm; random fractals; *fractional Brownian functions*; *random curds*; analogy.

САДРЖАЈ РАДА

УВОД

Проблем и предмет истраживања; циљеви истраживања; задаци истраживања; полазне хипотезе; научне методе истраживања; научна оправданост дисертације

I ДЕО

РИТАМ У АРХИТЕКТОНСКО-УРБАНИСТИЧКИМ КОМПОЗИЦИЈАМА

ГЛАВА 1 – Ритам као средство компоновања у архитектонско-урбанистичким композицијама

- 1.1 О феномену визуелног ритма
- 1.2 О визуелном ритму у архитектури
- 1.3 О врстама ритма у арх-урб. композицијама
 - 1.3.1 Егзактни или детерминистички ритам
 - 1.3.2 Неегзактни или недетерминистички ритам
- 1.4 Улога геометрије у детерминисању ритма у арх-урб. композицијама

II ДЕО

МАТЕМАТИЧКА И ВИЗУЕЛНА СВОЈСТВА ОБЈЕКТА ФРАКТАЛНЕ ГЕОМЕТРИЈЕ

ГЛАВА 2 – Математичка својства објекта фракталне геометрије

- 2.1 Основне информације о Фракталној геометрији
- 2.2 Фрактална геометрија као геометрија Природе
- 2.3 Фрактална димензија
- 2.4 Независност од размере посматрања или *scaling*
- 2.5 Основна подела фрактала на: *deterministic fractals* и *random fractals*
- 2.6 *Fractional Brownian functions*

2.7 *Random curds* и поступак *curdling*

ГЛАВА 3 – Визуелна својства објеката фракталне геометрије

3.1 Визуелна својства као манифестације математичких својстава

3.2 Перцепција објеката Фракталне геометрије

3.3 Естетско процењивање Фракталних објеката

3.4 Визуелна комплексност: тумачење, мерење и преференце

III ДЕО

ИЗБОР ФРАКТАЛНОГ ОБЈЕКТА У ПОСТУПКУ ДЕТЕРМИНИСАЊА РИТМА У АРХ-УРБ. КОМПОЗИЦИЈАМА КАО ФРАКТАЛНОГ РИТМА

ГЛАВА 4 – Својства ритма који се детерминише

4.1 Терминолошка разграничења

4.2 Претходна испитивања ритма који се детерминише

4.2.1 Могућност потпуног детерминисања ритма

4.2.2 Број визуелних својстава ентитета која се мењају у неком ритму

4.3 Типологија ритма промене вредности визуелних својстава

4.3.1 Типологија према броју просторно-временских одредница

4.3.1.а: Једна просторно-временска одредница

4.3.1.б: Две просторно-временске одреднице

4.3.1.в: Три просторно-временске одреднице

4.3.1.г: Четири просторно-временске одреднице

4.3.2 Типологија према условљености вредности визуелних својстава

4.3.2.а: Условљена или неравноправна стања

4.3.2.б: Неусловљена или равноправна стања

4.3.3 Типологија према узајамној сличности могућих стања ентитета композиције

4.3.3.а: Узајамно слична стања

4.3.3.б: Узајамно неслична стања

4.3.4 Типологија према броју могућих стања ентитета композиције

ГЛАВА 5 – Избор *fractional Brownian functions* као модела ритма

5.1 Детерминисање ритма у арх-урб. композицијама уз помоћ *fractional Brownian functions* као математичких модела ритма

5.1.1 *Fractional Brownian function* као математички модел природног ритма

5.1.1.а: Аналошка релација

5.1.1.б: Апстрактна релациона структура

5.2 Прихватљивост *fractional Brownian function* у односу својства која се у поступку детерминисања преносе са модела на ритам

5.2.1 Прихватљивост у односу на фракталну димензију функције

5.2.1.а Фракталне криве познате као "1/f noise"

5.2.1.б Фрактална крива позната као "Brown noise"

5.2.1.в Фракталне криве познате као "White noise"

5.2.1.г Фрактална крива добијена из природног окружења:

5.2.2 Избор могућих стања у односу на број дискретних вредности функције

5.2.3 Избор функције у односу на вредност фракталне димензије

5.3 Прихватљивости *fractional Brownian function* у односу на установљену типологију ритма

5.3.1. Број просторно-временских одредница

5.3.2. Условљеност изабраних вредности визуелног својстава

5.3.3. Условљеност или равноправност свих могућих интервала

5.3.4. Узајамни однос сличности изабраних вредности визуелног својства

5.3.5. Број изабраних вредности визуелног својства

5.4 Закључна разматрања о избору *fractional Brownian functions* као одговарајућег математичког модела за ритам који се детерминише

ГЛАВА 6 – Избор *random curds* као модела ритма

6.1 Детерминисање ритма у арх-урб. композицијама уз помоћ *random curds* као математичких модела ритма

6.2 Прихватљивости *random curds* у односу на установљену типологију ритма

- 6.2.1. Број просторно-временских одредница
- 6.2.2. Број изабраних вредности визуелног својства
- 6.2.3. Условљеност изабраних вредности визуелног својстава
- 6.2.4. Узајамни однос сличности изабраних вредности визуелног својства
- 6.2.5. Условљеност или равноправност свих могућих интервала
- 6.3 Прихватљивост *random curds* у односу својства која се у поступку детерминисања преносе са модела на ритам
 - 6.3.1 Прихватљивост у односу на изабрану вероватноћу
 - 6.3.2 Прихватљивост у односу на број корака у поступку генерисања
- 6.4 Закључна разматрања о избору *random curds* као одговарајућег математичког модела за ритам који се детерминише

ЗАКЉУЧНЕ НАПОМЕНЕ

ИЗВОРИ И ЛИТЕРАТУРА

ПРИЛОЗИ: Анализа, за ово истраживање карактеристичних случајева, ритма у арх-урб. композицијама

БИОГРАФИЈА АУТОРА

СПИСАК ФИГУРА

- Фиг. 1: Ритам прозора на фасадном зиду: егзактан и неегзактан ритам
- Фиг. 2а: Ограда генерисана уз помоћ две fractional Brownian functions;
- Фиг. 2б: *Terme Olimia*, Крањска Гора, пројектант ЕНОТА, аутор фотографије Ђорђе Ђорђевић
- Фиг. 3а: "Шара" за подну површину, генерисана уз помоћ једне random curd;
- Фиг. 3б: Пословни објекат *Galleria*, Суботица, пројектант Бранка Хегедиш, <http://www.dans.org.rs>
- Фиг. 4: Сличност случајних фрактала и цртежа окарактерисаних као "more irregular"
- Фиг. 5. Вишеструко јављање ентитета са променом више својстава у различитим ритмовима
- Фиг. 6: Вредности два визуелна својства мењају се у истом ритму
- Фиг. 7. Сличност у релацијама између два домена када су посматрана својства слична
- Фиг. 8. Сличност у релацијама између два домена када посматрана својства нису слична
- Фиг. 9. Исти ритам тј. редослед појављивања сличних интервала
- Фиг. 10. Слични ритмови промене код природних елемената и елемената арх. композиције
- Фиг. 11. Узајамно пропорционалне вредности својстава елемената из природе и арх.композиције
- Фиг. 12. Почетно симетрично поравнање праћено је затим дирекционални трансфером
- Фиг. 13. Свакој дискретној вредности функције придружи се по једно могуће стање ентитета
- Фиг.14. Ритам промене стања ентитета пренесен са апстрактне релационе структуре
- Фиг.15: Резултати бацања три коцкице (80 пута), за "1/f noise", према М.Гарднер
- Фиг.16: Просечна макс. флукуација за целу криву, половине, четвртине, осмине и шеснаестине
- Фиг.17: Вредности просечне максималне флукуације и логаритми вредности на X-Y дијаграму
- Фиг. 18: Функција трансформисана у степенести дијаграм за потребних 13 дискретних вредности
- Фиг. 19: Функција трансформисана у степенести дијаграм за потребних 7 дискретних вредности
- Фиг. 20: Функција трансформисана у степенести дијаграм за потребних 5 дискретних вредности
- Фиг. 21: Функција трансформисана у степенести дијаграм за потребне 4 дискретне вредности
- Фиг.22: Просечна вредност и средина опсега су приближно једнаке
- Фиг.23: Шрафирана је зона "средњих" пет стања чија је учесталост 60% од укупног броја исхода.
- Фиг.24: Крива расподеле вредности за 80 покушаја која се по облику приближава Гаусовој кривој.
- Фиг.25: Резултати бацања једне коцкице (80 пута), за "*Brown noise*", према М.Гарднер
- Фиг.26: Просечна макс. флукуација за целу криву, половине, четвртине, осмине и шеснаестине
- Фиг.27: Вредности просечне максималне флукуације и логаритми вредности на X-Y дијаграму
- Фиг. 28: Функција трансформисана у степенести дијаграм за потребних 7 дискретних вредности
- Фиг. 29: Функција трансформисана у степенести дијаграм за потребних 5 дискретних вредности
- Фиг.30: Просечна вредност и средина опсега су приближно једнаке
- Фиг.31: Крива расподеле вредности за криву чија D износи приближно 1,385, за 80 покушаја
- Фиг.32: "Brown noise" генерисана кроз 160 покушаја
- Фиг.33: Крива расподеле вредности за криву чија D износи приближно 1,385, за 160 покушаја
- Фиг.34: Резултати бацања две коцкице (80 пута) за "*White noise*", записани на X-Y дијаграм

Фиг.35: Просечна макс. флукуација за целу криву, половине, четвртине, осмине и шеснаестине

Фиг.36: Вредности просечне максималне флукуације и логаритми вредности на X-Y дијаграму

Фиг. 37: Функција трансформисана у степенасту дијаграм за потребних 7 дискретних вредности

Фиг.38: Просечна вредност и средина опсега су приближно једнаке

Фиг.39: Крива расподеле вредности за криву чија D износи приближно 1,904, за 80 покушаја

Фиг. 40: Објекти из природног окружења као извор фракталне дистрибуције

Фиг. 41: Највећи број вредности близак је просечној уз само повремене "неочекиване скокове"

Фиг.42: Просечна макс. флукуација за целу криву, половине, четвртине, осмине и шеснаестине

Фиг.43: Вредности просечне максималне флукуације и логаритми вредности на X-Y дијаграму

Фиг. 44: За нулту вредност степенасте функције узета је она која је најближа просечној вредности

Фиг.45: Са три различита сегмента криве преузимаће се ритам промене за три различита својства

Фиг.46a: *Nursery in the Park, Zaragoza, Spain, S.Carroquino, 2009/10.*, <http://www.archdaily.com>

Фиг.46b: Поступак је поновљен два пута и коришћени су различити сегменти криве

Фиг.47a. *Menhir, Port of Vigo, Spain, 2007.*, *Atelier Jean Nouvel*, <http://www.archdaily.com>

Фиг.47b. Ритам промене три својства: висина парапета, величина прозора, међусобно растојање

Фиг.47в: Због у основи случајног процеса добијају се различита, а негде и неприхватљива решења

Фиг. 48. Три функције које су приближно: *persistent*, *without persistence* и *antipersistent*

Фиг.49. Висина и ширина кућа у низу одређена уз помоћ три fBf са различитим вредностима за D

Фиг. 50. Укључивањем и мање повољних вредности постигнута је уочљивија варијабилност

Фиг. 51. Код функција које су "*with long term persistence*" долази до груписања сличних вредности

Фиг. 52. Вредности за визуелна својства изабране су тако да се могу поређати у градацијски низ

Фиг.53. Преклапањем функција добија се математички модел за ритам са несличним стањима

Фиг. 54. Динамика смењивања подскупова сличних стања зависи од D преклопљених функција

Фиг. 55. Свакој преклопљеној функцији придружен је по један градацијски низ вредности

Фиг. 56. Случајност у процесу пројектовања подразумева ограничену предвидљивост резултата

Фиг. 57. Прилагођавање на нивоу једног елемента уведеном неравномерном распореду

Фиг. 58. Фрактална дистрибуција просторних и функционалних јединица посматраног пр. нивоа

Фиг. 59: *Terme Olimia*, Крањска Гора, пројектант ENOTA, аутор фотографије Ђорђе Ђорђевић

Фиг. 59a. Елементи чија је сврха само да визуелно ускладе два различита ритма као два - реда

Фиг. 60: Потенцијални математички модел ритма са два могућа стања

Фиг. 61: Потенцијални математички модел ритма са четири могућа стања

Фиг. 62: Потенцијални математички модел ритма са осам могућих стања

Фиг.63a: *Brandhorst Museum, Munich, 2005-08, L.Hutton u M. Sauerbruch* <http://www.archdaily.com>

Фиг.63б: Ритам промене генерисан уз помоћ математичког модела са осам вредности

Фиг.64a: *GSW Headquarters, Germany, 1999.*, *M. Sauerbruch* <http://architecturerevived.blogspot.com>

Фиг.64б: Математички модел са осам различитих вредности као модел ритма за осам стања

Фиг.65. Преклопљене вредности замењене су визуелним еквивалентом њиховог "збира"

Фиг.66. Почетне вредности и после преклапања задржавају своја својства и визуелно присуство

Фиг. 67: Избором вероватноће преживљавања регулише се потребана учесталост стања

Фиг. 68а: *Curds*, као модел ритма без обзира да ли су могућа стања слична или неслична

Фиг. 68б: *Soccer City Stadium, Johannesburg, 2007-2010, Boogertman*, <http://www.domusweb.it>

Фиг.69: Две *random curds*, са по 4^2 супквадрата и вероватноћом $3/4$ у првом а $2/3$ у другом кораку

Фиг.70: Две *random curds*, са по 8^1 супквадрата и вероватноћом $3/4$ у првом а $2/3$ у другом кораку

Фиг.71. Редослед вероватноћа утиче на коначну растреситост или збијеност "преживелих" поља

Фиг.72. Вредност фракталне димензије се смањује из корака у корак процеса

Фиг.73. Већим бројем корака постигнута је већа "растреситост"

Фиг.74а. Означени сегмент карактерише пожељна растреситост као и одговарајући однос страна

Фиг.74б. Пословни објекат *Galleria*, Суботица, Бранка Хегедиш, аутор фот. Смиља Живковић

Фиг.75. *Burke Brise Soleil* <http://www.arcspace.com/features/santiago-calatrava/the-milwaukee-art-museum/>

Фиг.76. Arab Institute, <http://architecture.about.com/od/findphotos/ig/Jean-Nouvel/Arab-World-Institute-Interior.htm>

Фиг.77. *The garden of tides*, <http://www.dezeen.com/2007/07/31/peirao-xxi-in-vigo-by-jean-nouvel/>

Фиг.78. Port of Vigo, *Menhir*, <http://ideasgn.com/architecture/vigo-port-spain-jean-nouvel-ateliers/>

Фиг.79. Cartier Foundation <http://www.archdaily.com/84666/ad-classics-fondation-cartier-jean-nouvel/>

Фиг.80. 10011th Avenue apartment building, <http://www.dezeen.com/2010/05/28/100-11th-avenue-by-jean-nouvel-3/>

Фиг.81. 10011th Avenue apartment building, <http://www.dezeen.com/2010/05/28/100-11th-avenue-by-jean-nouvel-3/>

Фиг.82. Carabanchel Social Housing, <http://www.archdaily.com/1580/caranbachel-housing-foreign-office-architects/>

Фиг.83. GSW Headquarters, <http://architectuul.com/architecture/gsw-headquarters>

СПИСАК ТАБЕЛА

Таб. 1: Учасалост вредности за криву чија фрактална димензија износи приближно 1,621

Таб. 2: Учасалост вредности за криву чија фрактална димензија износи приближно 1.385

Таб. 3: Учасалост вредности за криву чија D износи приближно 1,385, кроз 160 покушаја

Таб. 4: Учасалост вредности за криву чија фрактална димензија износи приближно 1.904

СПИСАК ПРИЛОГА

Прилог 1: The Temperature Wing, Munich, Germany, 1980., Coop Himmelb(l)au (Wolf D. Prix, Helmut Swiczinsky)

Прилог 2: Quadracci Pavilion, addition to Milwaukee Art Museum, 2001., Santiago Calatrava

Прилог 3: Arab institute, Paris, 1987., Jean Nouvel

Прилог 4: Port of Vigo, Spain, 2007., "jardin de las mareas" ("the garden of tides"), Atelier Jean Nouvel

Прилог 5: Port of Vigo, Spain, 2007., "Menhir mirador panoramico", Atelier Jean Nouvel

Прилог 6: Cartier Foundation, Paris, France, 1991-94., Jean Nouvel, Emanuel Cattani

Прилог 7: 10011th Avenue apartment building in New York City, 2005-10., Atelier Jean Nouvel

Прилог 8: Carabanchel Social Housing, Madrid, Spain, 2007., Foreign Office Architects

Прилог 9: GSW Headquarters, Berlin, Germany, 1990-99., Matthias Sauerbruch, Lisa Hutton

УВОД

ПРОБЛЕМ И ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА

Предмет истраживања је детерминисање ритма у архитектонско-урбанистичким композицијама уз помоћ објеката Фракталне геометрије, посматраних као да су математички модели *природног ритма*, што је као могућност иницијално предложио аутор Бовил (Bovill) и који је тако детерминисан ритам означио као *фрактални ритам*. Аутор је предложио и поступак детерминисања таквог ритма, тј. сам начин преузимања ритма са фракталног модела на ритам у архитектури, а овај рад треба да пружи смернице неопходне у избору фракталног објекта који се затим у поступку користи као математички модел ритма. Истраживање треба да идентификује, анализира и научно опише и објасни параметре који могу бити значајни у избору објекта Фракталне геометрије (једног или више), како би после спровођења поступка детерминисани ритам био (по својствима која ће се пренети са модела на ритам) сличан природном ритму, тј. начину промене вредности природних варијабли посматрано у функцији времена (нпр. промена температуре или притиска ваздуха кроз време) или просторне позиције (нпр. једнодимензионалне позиције: код силуете пејзажа, дводимензионалне позиције: код промене висине природног терена или тродимензионалне: код облака).

Разматраће се две врсте Фракталних објеката, које су обе из класе *случајних фрактала*: *fractional Brownian functions* и *random curds*, за које је у научној литератури показано да су прихватљиви математички модели за многе облике и процесе из природе, и то: *fractional Brownian functions* као математички модел промене кроз време неке случајне варијабле из природе и као модел великог броја природних облика и површина, нпр. рељефа, облака, водених површина, биљака, итд. и *random curds* као математички модел случајног груписања материје у природи, нпр. груписање звезда или галаксија. Аутор Бовил уочио је могућност да се ритам у архитектонско-урбанистичким композицијама може детерминисати уз помоћ наведене две врсте објеката Фракталне геометрије, посматрајући их као да су математички модели природног ритма промене или природне дистрибуције елемената, и описао је могући поступак преношења тог ритма са модела на ритам

у архитектури, чиме се може у архитектонско-урбанистичким композицијама остварити ритам који је, а тиме аутор оправдава предложени концепт, сличан природном ритму. Наиме, значајан број интердисциплинарних истраживања о утицају природне и изграђене средине на човека, показао је да, са једне, постоје веће естетске преференце према природним садржајима, а да, са друге стране, природни садржаји имају позитиван ефекат на човеково психолошко и физиолошко стање. Међутим, данашњи "урбани живот" смањило је могућност "излагања" природним садржајима, што, претпоставља се, дугорочно може имати негативне последице по човека. Према неким ауторима, (нпр. заговорници "*nature based design*" или "*bio-inspired design*") такав негативан тренд може се, између осталог, делимично ублажити ако се у планирању и пројектовању средине користе принципи или облици Фракталне геометрије, која је још од стране свог творца Манделброа (Mandelbrot) окарактерисана као "геометрија Природе" јер је, а то је касније и научно потврђено, боље од Еуклидове геометрије у стању да опише и моделира природне облике и процесе.

За *fractional Brownian functions*, које се могу обезбедити или генерисањем уз помоћ одговарајућих компјутерских програма или "директно" из Природе, записивањем промене вредности неких природних варијабли, или на друге начине, које такође наводи, Бовил описује неопходне трансформације (нпр. превођење фракталне функције са континуалног на степенести дијаграм) које је потребно извршити од почетног стања модела до стања или облика са кога се преузимање ритма са модела у архитектуру може спровести. За *random curds* уместо преузимања "готових" фракталних објеката, предлаже њихово генерисање спровођењем једноставног поступка *curdling*, када се бирањем вероватноће догађаја за сваки корак процеса као и броја корака, може добити модел случајног груписања елемената, са жељеним карактеристикама и "спреман за употребу" у архитектури.

Описујући поступак преузимања ритма са фракталног модела на ритам у архитектури, аутор Бовил идентификује и наводи, као илустрацију, неке случајеве из архитектонско-урбанистичке праксе у којима се ритам у архитектонско-урбанистичким композицијама може детерминисати на овај начин, као *фрактални ритам*, али не испитујући при томе евентуално постојање специфичности или

разлика између наведених случајева, а које би можда могле бити значајне у избору фракталног објекта као одговарајућег модела за посматрани ритам. Тако, аутор за исти тип фракталног објекта предлаже да се може користити и за, нпр. детерминисање ритма промене висине и ширине јединица уличног низа, или удаљености њихових фасада од равни улице, и за детерминисање ритма промене различитих орнамената као детаља на фасади. Овде се може уочити следеће: да се први наведени случај односи на ритам својстава која се могу окарактерисати као димензионална или положајна својства (висина, ширина, удаљеност) а која се могу математички представити као различите вредности једне исте променљиве: димензије или положаја. Међутим, други наведени случај односи се на својство које се препознаје као дескриптивно својство јер се тиче специфичности облика детаља на начин да се предложени различити орнаменти или детаљи не могу, као у претходном случају, представити као различите вредности, опадајуће или растуће, једне исте променљиве. Наведено запажање одвело је до питања које је иницирало овај рад: да ли се за могуће различите случајеве ритма у архитектонско-урбанистичким композицијама могу идентификовати таква њихова својства, а имајући у виду и својства самих фракталних објеката, од којих ће зависити процена фракталног објекта као мање или више одговарајућег математичког модела за ритам који се детерминише, па се могу појавити као објективни параметри у његовом избору? Односно, да ли се може, после идентификације, анализе и научног описивања могућих случајева ритма, а у односу на уочене параметре, извршити научна класификација и типологизација ритма у арх-урб. композицијама како би се фрактални објекат, за сваки појединачни случај, могао бирати према утврђеним и описаним одликама типа?

С друге стране, Бовил је идентификовао и као илустрацију описао неколико могућих случајева (нпр. растојање линија пројектантског растера на плану основе или растојање вертикалних пречкица код хоризонталних прозорских трака) где се коришћење фракталних објеката исте врсте али са различитим математичким (или геометријским) својствима, пре свега са различитом вредношћу фракталне димензије, може одразити на ритам тако да ће нпр. код оног генерисаног са објектом са већом фракталном димензијом варијабилност бити визуелно уочљивија јер ће имати више скоковитих или наглих него постепених промена,

односно, разлике између суседних вредности биће, генерално гледано, веће. Такође, аутор је додао за случај детерминисања растера на плану основе, да је, да би се избегли могући структурални проблеми, боље користити фрактални објекат са мањом фракталном димензијом, уз образложење да ће се тако добити мање разлике у растојањима између линија конструктивног растера те мање разлике у распонима греда. Ипак, осим у том конкретно наведеном случају када идентификује и образлаже објективан критеријум на основу кога ће се један фрактални објекат оценити као повољнији модел за ритам који се детерминише, у осталим наведеним случајевима, Бовил, осим, дакле, истицања да ће варијабилност код ритма генерисаног уз помоћ објекта са већом фракталном димензијом бити већа и визуелно уочљивија, не даје даље објашњење на који начин описана последично већа или мања, односно, више или мање уочљива варијабилност код детерминисаног ритма може утицати на опредељивање за један или други фрактални објекат, осим, можда, што прећутно претпоставља да је процена једног или другог фракталног објекта као повољнијег модела у датом случају само питање личних преференција пројектанта. Ово запажање одвело је до другог питања значајног за овај рад: на који начин се математичка својства фракталних објеката као модела ритма преносе на својства ритма који се детерминише, односно, из те утврђене релације, који се објективни параметри могу специфицирати на основу којих ће се извршити процена фракталног објекта као повољнијег или мање повољног у односу на својства која се желе остварити у ритму, а што је значајно за правилан избор фракталног објекта као модела за ритам који се детерминише? Осим тога, на основу прикупљених података о својствима облика из природе, али и природних процеса, описаних и измерених параметрима фракталне геометрије, а да би детерминисани ритам, што је намера, био сличан *природном ритму*, на избор фракталног објекта утицаће и сличност његових својстава са својствима објеката из природе, кроз упоређење вредности мерљивог параметра Фракталне геометрије, наиме, фракталне димензије.

ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Циљ намераваног истраживања је идентификација, научно описивање и научно објашњење параметара који могу бити значајни у избору одређеног

фракталног објекта као математичког модела ритма у поступку детерминисања ритма елемената арх-урб. композиције уз помоћ таквих објеката, поступку који је иницијално предложио и описао аутор Бовил. Параметри на основу којих ће се посматрани фрактални објекат процењивати као мање или више одговарајући математички модел за посматрани ритам, и према томе и бирати, односиће се на: својства ритма елемената арх-урб. композиције, затим, на својства фракталних објеката и треће, на својства објеката из природе, описана и изражена параметрима фракталне геометрије.

Рад треба да за идентификоване, документоване и анализирани различите случајеве ритма у архитектонско-урбанистичким композицијама, као могуће случајеве ритма, научно утврди, опише и објасни таква њихова својства, а имајући у виду и својства самих фракталних објеката, од којих ће зависити процена фракталног објекта као мање или више одговарајућег математичког модела за ритам који се детерминише, и где ће описана својства представљати објективне параметре као смернице у избору фракталног објекта. Према научно утврђеним и описаним параметрима извршиће се научна класификација и типологизација ритма у арх-урб. композицијама како би се фрактални објекат, за сваки појединачни случај, могао бирати према утврђеним и описаним одликама типа. С друге стране, потребно је научно утврдити начин на који се математичка својства фракталних објеката као модела ритма преносе на ритам који се детерминише, односно, из те утврђене и научно описане релације, идентификовати и научно објаснити својства фракталних објеката која ће се као објективни параметри појавити у процени фракталног објекта као повољнијег или мање повољног модела за ритам који се детерминише. Осим тога, намера је, да би детерминисани ритам био сличан природном ритму, да се фрактални објекат бира и према утврђеном степену сличности његових својстава са својствима објеката из природе, описаним и израженим преко параметара фракталне геометрије, кроз упоређење вредности посматраних параметара.

ЗАДАЦИ ИСТРАЖИВАЊА

У односу на постављени циљ истраживања, могу се дефинисати следећи задаци:

- идентификација различитих случајева ритма у арх-урб. композицијама и њихова анализа као могућих случајева ритма кроз научно утврђивање и научно описивање својстава која могу бити значајна у поступку детерминисања ритма, да би се, према утврђеним својствима извршила научна класификација и типологизација ритма;

- прикупљање и систематизација научних информација о Фракталној геометрији и објектима Фракталне геометрије, посебно о својствима две врсте таквих објеката из класе случајних фрактала који су предмет овог рада, наиме: *fractional Brownian functions* и *random curds*; затим прикупљање и систематизација научних информација о резултатима описивања и мерења објеката из природе уз помоћ Фракталне геометрије, израженим кроз параметре Фракталне геометрије; да би се извршило научно утврђивање и научно описивање релације између својстава објеката Фракталне геометрије и својстава облика и процеса из природе (израженим кроз параметре Фракталне геометрије) где су управо наведене две врсте објеката Фракталне геометрије посебно прихватљиве у описивању и моделовању природних феномена;

- прикупљање и анализа резултата релевантних научних истраживања из експерименталне естетике о постојању корелације естетских преференци према објектима Фракталне геометрије и њихове фракталне димензије која је најзначајније својство фракталних објеката и која се узима као објективни параметар њихове комплексности; затим, прикупљање и анализа резултата научних описивања објеката из Природе уз помоћ Фракталне геометрије и мерења њихове фракталне димензије; да би се научно утврдио однос естетских преференци према одређеним вредностима фракталне димензије са једне, и преовлађујуће вредности за фракталну димензију код објеката из природе, са друге стране;

- пошто се фрактална димензија узима као објективни параметар комплексности фракталних објеката (а презентоваће се и истраживања која су показала да је она у корелацији са *опаженом комплексношћу*), претходно наведена испитивања допунити се, и њихови налази евентуално поткрепити, кроз прикупљање и анализу резултата сличних истраживања (обављених пре појаве Фракталне геометрије) о корелацији естетских преференци према визуелним

објектима и њихове објективне (која се дефинише и мери на различите начине), и опажене комплексности;

- прикупљање и систематизација резултата релевантних научних истраживања на научном пољу познатом као *психологија животне средине (environmental psychology)* где се кроз интердисциплинарни приступ проблему испитује утицај природне и грађене средине на човека, и где се препознаје могућа улога и значај Фракталне геометрије, као *геометрије природе* у планирању и пројектовању грађене средине.

ПОЛАЗНА ХИПОТЕЗА

У складу са изнесеним проблемима и циљевима истраживања, могуће је дефинисати следећу полазну хипотезу:

У детерминисању ритма у арх-урб. композицијама уз помоћ објеката Фракталне геометрије посматраних као да су математички модели природног ритма, а са циљем постизања ритма у арх-урб. композицијама који је по неким својим својствима сличан природном ритму, правилан избор фракталног објекта, који ће се затим у поступку појавити као математички модел ритма, је веома значајан за правилно спровођење поступка (који је описао аутор Бовил) и за добијање жељеног резултата, тј. ритма са одређеним карактеристикама. Параметри који утичу на правилан избор објекта Фракталне геометрије јављају се као својства самог ритма који треба да се детерминише, и као својства посматраних фракталних објеката, где је управо значајна релација између наведених својстава, са полазном претпоставком да за неки, конкретно посматрани ритам ентитета арх-урб. композиције, постоје фрактални објекта који се, из разлога које овај рад има намеру да испита, могу прихватити као више или мање повољни или се уопште не могу прихватити као потенцијални математички модели ритма. Истовремено, пошто је циљ да овако детерминисан ритам у архитектури буде сличан природном ритму, односно, начину промене неке веријабле из природе посматрано у функцији времена или позиције у простору, на избор фракталног објекта утицаће и релевантана својства самих природних објеката, описана и измерена параметрима Фракталне геометрије.

НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

У оквиру истраживачког рада биће систематично коришћено неколико научних метода истраживања, уз помоћ којих ће се перманентно проверавати научна заснованост постављених хипотеза.

Истраживање полази од избора и формулације проблема и предмета истраживања и интерпретације основних теоријских појмова који су релевантни за истраживање. Основне методе у овој фази помоћу којих се формира информациона основа истраживања су метода анализе грађе, примарних и секундарних извора уз анализу случаја најзначајнијих примера који репрезентују предмет и проблем истраживања.

Уз анализу грађе и извора, вршиће се обрада података, систематизација и израда студије случаја, на основу којих ће бити разрађен систем хипотеза. У томе ће, такође, бити коришћена метода анализе садржаја, која ће се спроводити приликом истраживања библиографских извора. Анализа ће бити спроведена систематично, на репрезентативним узорцима, имајући у виду и ширу анализу укупне масе истраживане грађе. Метода анализе садржаја подразумеваће и доношење одређених закључака о природи и карактеру посматраних проблема, који ће бити у директној функцији потврђивања постављених научних хипотеза.

Упоредна анализа ће бити коришћена као основна метода истраживања у проучавању различитих типова ритма у арх-урб. композицијама и у анализи својстава објеката из Природе и објеката Фракталне геометрије.

Резултати истраживања биће приказани кроз синтезу, односно сумирање и интерпретацију обављених анализа. Закључне напомене ће представљати синтезу резултата истраживања и њихово упоређење са постављеним хипотезама и основним теоријским постулатима.

НАУЧНА ОПРАВДАНОСТ ДИСЕРТАЦИЈЕ, ОЧЕКИВАНИ РЕЗУЛТАТИ И ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА РЕЗУЛТАТА

Истраживања треба да пружи научна објашњења и научне класификације потребне за правилно спровођење поступка детерминисања ритма у арх-урб. композицијама као *фракталног ритма*, поступка који је иницијално предложио и описао аутор Бовил. Рад би требало да обезбеди неопходне смернице за правилан

избор фракталног објекта који ће се затим у поступку користити као математички модел ритма, кроз научно утврђивање и научно описивање параметара који могу бити значајни у процени посматраних фракталних објекта као мање или више прихватљивих математичких модела ритма. Идентификовани и научно описани параметри допринеће да се, у ситуацијама недовољног познавања Фракталне геометрије, њених принципа и објеката, смањи могућност погрешног избора фракталног објекта као неадекватног модела за ритам који се детерминише. Истраживање ће тако омогућити одређивање за *фрактални ритам* у детерминисању ритма у архитектонско-урбанистичким композицијама и за адекватно спровођење поступка те добијање очекиваног резултата и без неопходности исцрпног познавања Фракталне геометрије, јер она припада архитектури спољашњој научној дисциплини, математици, и није довољно (довољно да би се могла за архитекте једноставно а истовремено и "безопасно" преузимати и користити у архитектури) присутна у архитектонском курикулуму.

Истраживање ће научним описивањем и објашњењем до сада недовољно описаног и објашњеног сегмента у поступку детерминисања ритма као *фракталног ритма*, обезбедити боље услове за ширу примену овог поступка у архитектонско-урбанистичкој пракси, а што би последично, пошто би тако детерминисани ритам требало да буде сличан природном ритму, могло допринети унапређењу квалитета грађене средине имајући у виду истраживања која су показала вишеструко повољно дејство на човека присуства природних садржаја али и својстава сличних природним својствима у грађеној средини.

Очекује се и да овај рад започне ширу и продубљенију научну и стручну расправу о покренутим питањима, а, такође, верује се да резултати истраживања могу да помогну у бољем разумевању неких тенденција у савременој архитектонској пракси.

І ДЕО

РИТАМ У АРХИТЕКТОНСКО-УРБАНИСТИЧКИМ КОМПОЗИЦИЈАМА

ГЛАВА 1

Ритам као средство компоновања у архитетонско-урбанистичким композицијама

1.1 О феномену визуелног ритма

У испитивању различитих видова појављивања ритма у архитектури, рад ће поћи од саме запитаности, у оквиру психолошких истраживања, о природи феномена *визуелни ритам*. Феномен визуелног ритма није нови предмет научног интересовања и научних истраживања. Скоро један век је прошао од истраживања на пољу психологије перцепције (Ruckmich, 1917) у коме се експерименталним путем показало да се визуелни стимуланси могу доживљавати ритмички на основу разлика у неком њиховом својству, нпр. боји, односно, да се и у визуелном пољу ритам може произвести на сличан начин на који се јавља и у аудитивном, кроз односе неких атрибута, што је потврдило претпоставку о постојању визуелног ритма. Такође, наведено истраживање је показало да се визуелни ритам може произвести и кроз разлике у трајању визуелних стимуланса, кроз њихово временско уређивање, што је у овом раду значајно као потврда да се може говорити и о ритму у архитектури који је, у односу на феномене простора и времена - *просторно-временски*, тј. просторни је зато што су својства елемената визуелна а временски је јер се елементи уређују и у времену. А затим, као полазно за овај рад, такође на пољу психологије перцепције, може се навести истраживање перцепције ритма где аутор (Titchener, 1919) налази да је ритам - кинестетички, односно да је перцепција визуелног ритма готово увек повезана са осећањем кретања, било да је изазвана у лабораторијским условима излагањем низу одвојених визуелних стимуланса (када је реч о просторно-временском ритму) или се јавља при погледу на понављајуће елемент неке арх-урб. композиције (када је реч о просторном ритму).

1.2 О визуелном ритму у архитектури

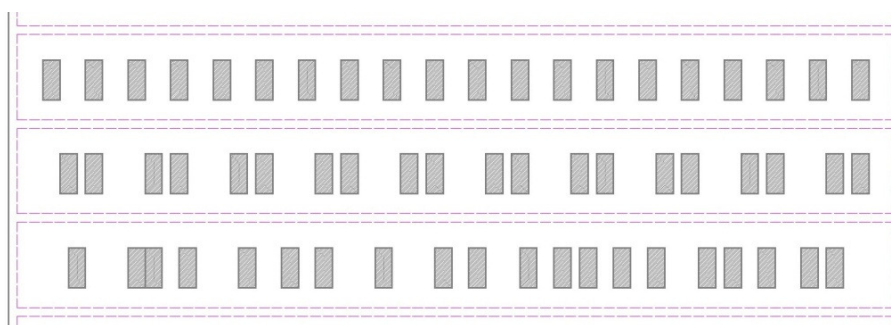
Код већине аутора који разматрају питања доживљаја и значења ритма у архитектури, присутно је блиско повезивање појма *ритам* са појмом *кретање* (нпр. Arnheim, 1974; Milenković, 1991; Mitrović, 1987; Ching, 2007; Rasmussen, 1959). Тако, аутор Чинг (Ching, 2007, стр. 417) појам *ритам* у архитектури дефинише као "кретање" које настаје понављањем формалних елемената или мотива, у истом или модификованом облику. Слично, аутор Арнхајм (Arnheim, 1974) истиче да код понављања елемената композиције који су исти или слични по својим карактеристикама или по улози коју имају у склопу, постоји тенденција да се елементи не опажају као низ независних облика, већ динамички, као: "повезан догађај преображавања" (1974, стр. 366). Таква веза појмова *ритам* и *кретање* у овом раду биће значајна у каснијем испитивању могућности успостављања аналогije између ритма у арх-урб. композицијама и Брауновог кретања или Браунових функција (*Brownian motion* или *Brown function*) као објеката Фракталне геометрије који у основи представљају записе кретања честице или промене неке варијабле кроз време.

За овај рад значајна су запажања аутора Расмусена (Rasmussen, 1959) који, разматрајући искуство ритма у архитектури, налази да термин *ритам* у архитектури подразумева и елементат *време* и да је базиран на кретању, као музика и плес, и истиче да се та временска компонента ритма у архитектури јавља у процесу његовог - опажања. По ауторовом мишљењу, архитектура сама по себи нема временску димензију, нема кретање, али, да би се доживела архитектура, потребно је кретање а такође, потребна је и активност, не физичка, већ ментална. Такво ритмичко доживљавање низа елемената аутор означава као процес "ре-креације" који се одвија у посматрачу док се ти елементи, по речима аутора "прате очима" (1959, стр. 135). На основу тога у раду се може касније претпоставити да ће посматрач или перцептор ритма, тј. специфичног вишеструког јављања елемената у архитектонско-урбанистичким композицијама, где се својства елемената понављају, у истом или модификованом облику, пратећи их очима, кроз процес "ре-креације", у себи ре-креирати промену, тј. ритам промене

варијабле са фракталног објекта који је послужио као математички модел у генерисању посматраног ритма.

1.3 О врстама ритма у арх-урб. композицијама

У зависности од тога да ли је у процесу детерминисања или генерисања визуелног ритма присутна компонента случајности, могу се разлучити две основне групе ритма: (а) *егзактни ритам*, као онај који је детерминисан без компоненте случајности, и (б) *неегзактни ритам*, или *случајни ритам*, као онај у чијем је детерминисању или генерисању таква компонента присутна. (Фиг. 1)



Фиг. 1: Ритам прозора на фасадном зиду: егзактан и неегзактан ритам

На Фиг. 1, на горњем низу прозора не постоји ниједно својство које се мења у ритму различитом од понављања, односно, сва својства посматраног елемента се понављају, без промене вредности, што би се могло записати као: $A - A - A - A - A \dots$. На средњем и доњем низу мења се једно својство, наиме, растојање између прозора, при чему се растојања на средњем низу мењају на егзактан начин, у ритму: $A - B - A - B - A - B \dots$, док се ритам промене растојања између прозора на доњем низу не мења на предвидљив начин јер је детерминисан уз помоћ фракталног објекта из класе случајних фрактала и представља, дакле, *неегзактан ритам*.

1.3.1 Егзактни или детерминистички ритам

У дефиницијама ритма преузетим од различитих аутора а које наводи аутор Миленковић (1991) јављају се следећи изрази који упућују на значење појма

ритам: "правилно понављање или ређање појава", "уређен ток", "принцип по којем теку збивања" (стр.140), и ту се може обратити пажња на следеће: да се уз појам *ритам*, осим појмова: *понављање*, *ређање*, *ток* и *збивање*, јављају и појмови који описују то *понављање*, *ређање*, ... итд. као *уређено*, *правилно*, или такво да се одвија по неком *принципу* тј. *правилу* или законитости. Ритам који се јавља у арх-урб. композицијама а на који се углавном односи овај опис је такав ритам код кога се промена визуелних атрибута одвија по неком унапред утврђеном правилу које се доследно спроводи и које је најчешће довољно једноставно да се може, пажљивим посматрањем, препознати као такво, те нпр. математички записати у виду уређеног низа: А-Б-а-Б-А-Б-а-Б-А ... (нпр. код ритма прозора са наизменичном променом међупрозорских растојања или ритма удвојених стубова, итд.) или изразито једноставан ритам који настаје смењивањем два различита атрибута, а чији би математички запис био: А-Б-А-Б ..., и о коме апологетски пише аутор Расмусен (1959) као о ритму који никада у архитектури неће постати "превазиђен" (стр. 130). Према аутору, овај ритам представља регуларност која се не може наћи у природи већ само у реду који ствара човек; он је класичан начин човековог уређивања света који се са подједнаком подесношћу користио и у "каменим споменицима Египта" (стр. 130), као и у некој згради данашњице. Сви такви ритмови, за потребе овог рада, означиће се као *егзактни* јер су унапред детерминисани на начин да се евентуално даље "низање" (визуелних) догађаја или стања може са сигурношћу предвидети на основу (пре)познате законитости, што значи, да у процес настајања ритма, односно, у начин вишеструког јављања ентитета, није укључена компонента случајности.

Такође, аутор Расмусен као посебне случајеве ритма у композицијама, описује оне арх-урб. композиције код којих су истовремено, на истом нивоу простора и за елементе са истом или сличном улогом у композицији, присутни различити ритмови, али такви да сваки појединачно припада врсти егзактног ритма, и где се ти ритмови некада, на краћим или дужим интервалима, узајамно усклађују. Као илустрацију, аутор наводи уличне низове вишеспратних кућа код којих сваки спрат има свој сопствени, са стриктном правилношћу спроведен, ритам прозора. Иако овакав поступак "преклапања" различитих ритмова аутор опажа и описује као "компликован" , "интересантан" и "узбудљив" (стр. 132-133), сваки ритам

појединачно, због јасног и доследно спроведеног правила, те непостојања случајности, припада групи егзактних ритмова.

1.3.2 Неегзактни или недетерминистички ритам

Осим ритмова који су овде описани и означени као егзактни, у теорији архитектуре могу се пронаћи описи а у архитектонској пракси примери, ритмова који се, због присутне компоненте случајности у процесу њиховог генерисања (што за последицу има или непостојање или немогућност у опажању препознавања доследно спроведеног правила), не могу подвести под споменуту категорију, и који ће се овде означити као *неегзактни ритмови*. Ако се узме да је ритам "ређање појава" или "ток збивања", онда су то "ређање" и тај "ток", када је реч о овом ритму - непредвидљиви и неизвесни. У овом раду описале се три вида појављивања неегзактног ритма: (а) ритам који се среће у спонтано насталим композицијама (нпр. улични низ у старим градовима), који ће се овде означити као *спонтано настали ритам*, (б) ритам који се јавља у архитектури када на својства њених ентитета утичу и одређују их фактори из природног окружења (нпр. сунчева светлост, температура ваздуха, правац и брзина ветра, итд.), који ће се овде означити као *природни ритам*, и (в) ритам који је детерминисан уз помоћ објеката фракталне геометрије из класе случајних фрактала и који је аутор Бовил означио као *фрактални ритам* (Bovill, 1996; 2000).

За ритмове у арх-урб. композицијама који су овде означени као неегзактни или случајни ритмови, неки аутори налазе да изгледају "природно" ("*natural*") (Bovill, 1996; Rasmussen, 1959). Истовремено, за овај рад су значајне још две полазне чињенице које са претходном повезује заједничка одредница "природно", а које ће се касније у раду изложити: прво, и за фракталне објекте се налази да изгледају "природно", и друго, то својство тзв. природности ("*naturalness*"), (Hagerhall, Purcell, & Taylor, 2004; Richards, 2001) у експерименталним испитивањима естетских преференци, појављује се као значајан корелат. А имајући у виду и чињеницу да је Фрактална геометрија од стране свог творца окарактерисана као "геометрија природе", једна линија испитивања у овом раду односиће се и на релацију између својстава (математичких а која имају утицаја и на визуелна)

објеката Фракталне геометрије који су предмет овог рада и наведеног својства тзв. природности.

1.3.2.a: Спонтано настали ритам

Аутор Расмусен препознаје и наводи примере за још две врсте ритмова, осим описаних егзактних, који се могу срести у арх-урб. композицијама. Једна врста је онај који је кроз време спонтано настао од стране више градитеља, и који, према речима аутора, представља "суптилну варијацију унутар стриктне правилности" (1959, стр.127) а среће се у сачуваним старим деловима данашњих насеља, у нпр. уличном низу кућа "где су куће истог типа и из истог периода изграђене појединачно, унутар ограничења генералног плана" (1959, стр.127). Друга врста био би ритам који са претходно описаним ритмом има ту сличност што је без стриктно спроведеног правила, али, за разлику од претходног, није "спонтано настао", већ је генерисан у поступку пројектовања и аутор га именује као "*free rhythm*" а затим налази да такав ритам изгледа "*interesting*" и "*natural*" (1959, стр.152), при томе не дајући прецизан опис ни општих одлика уоченог типа ритма ни поступка којим је такав ритам генерисан. Једино што се можда, на основу тога што га аутор именује као: "free", може претпоставити је да је то ритам "слободан" од некаквог – (доследно спроведеног) правила или, евентуално, да се то правило не може посматрањем (лако) уочити.

У литератури се може пронаћи значајан број аутора који проналазе и описују, у очуваним деловима старих градова и у аутохтоном окружењу или у тзв. "архитектури без архитеката", примере спонтано насталих композиција и у њима присутан спонтно настали ритам, тј. спонтано настало, кроз време, понављање сличних јединица. Аутор Хилдебранд (Hildebrand, 1999) нпр. описује такав ритам као присуство "безбројних незнатних варијација које чине сваку јединицу истовремено и различитом од осталих и њима сличном" (стр.112). Слично, аутор Бовил (1996) описује аутохтоно окружење као "ритмички комплексну структуру" (стр.177) у којој је, у понављању сличних јединица, присутна компонента случајности у виду специфичне мешавине предвидљиве уређености и непредвидљивости, или према његовим речима: "*mix of order and surprise*" (стр. 177). Као илустрацију аутор наводи ред староседелачких кућа дуж улице,

истичући како све куће имају сличну унутрашњу структуру сачињену од базе и корпуса а да затим на тој заједничкој основи куће појединачно (и случајно) варирају својом ширином, висином, или обликом и распоредом прозора. Истовремено, аутор Расмусен (1959) проналази сличност између таквог спонтано насталог понављања сличних јединица и варијабилности која се среће у Природи.

Аутор Бовил (1996) скоро да изједначава природни ритам и спонтано настали у својој тврдњи да ће ритмови у архитектури који се генеришу према фракталној дистрибуцији изгледати као "комплексни ритмови које видимо у облицима из природе и у аутохтоној архитектури" (стр. 6) где им, дакле, осим што их изједначава, приписује и заједнички атрибут, наиме да су - комплексни (о чему ће касније бити речи). Ако се ова тврдња може прихватити као ауторова намера: да у пројекту оствари исте или сличне ритмове као што су ритмови које видимо у природи или у спонтано насталим композицијама, онда се може поставити следеће питање: зашто би неко хтео да оствари и у пројектованим композицијама такве ритмове? Да ли они поседују за човека неку посебну вредност којој, дакле као вредности, треба тежити? Одговори на та питања код Бовила су више подразумевано присутни и наведени кроз "успутне коментаре" о њиховој евентуалној вредности, нпр. да је ритмичка структура која се тако постиже иста она "која чини традиционално насеље *pleasant*, и она која чини природу *pleasant*" (стр. 173), или, да ће тако ред нових кућа успети да "*recapture the magic* створену од стране више градитеља кроз дужи временски период" (стр. 158) – та ритмичка структура је, дакле, "*pleasant*" или чак и "*magic*" !

Уопште, код значајног броја аутора који пишу о таквом (случајном) понављању сличних јединица у спонтано насталим арх-урб. композицијама, било имплицитно, било експлицитно, присутно је и изражавање естетског уживања које оне изазивају код посматрача, чак извесно одушевљење њиховом: "*diversity*" (Rasmussen, 1959, стр. 129), или: "*accretions and variety*" (Hildebrand, 1999, стр.102), али и сумња да се таква, спонтано настала, мера између, "*order and surprise*" (Bovill, 1996, стр. 177) може у пројектантском поступку (свесно) постићи. На пример, аутор Портогези (Portoghesi), према наводима преузетим од аутора Арнхајма (Arnheim, 1977) говорећи о "*anonymous*" архитектури, јасно изражава и то одушевљење и ту сумњу истичући како не верује у могућност да се

композиција настала кроз време, у процесу корак-по-корак или јединица-по-јединица, "таложењем из генерације у генерацију" (стр. 170) од стране различитих стваралаца, односно поступак њеног генерисања, може "ухватити" и свесно "реплицирати" јер би то било, по његовим речима, само "нејасно имитирање" (стр. 170), а истовремено и наивно, готове форме. Слично, након навођења овог одломка, аутор Арнхајм и сам осуђује покушаје таквог површног или спољњег подражавања форме а без (могућности) спровођења стварног процеса у коме она, дакле, по њиховом заједничком мишљењу, једино и може настати, јасним ставом: "Подражавање последице у одсуству узрока била би штетна превара" (стр. 170).

Ова тачка се може сматрати као једна од полазишних у намеравању истраживању јер ће наведено естетско уживање изазвано визуелним својствима која се јављају код таквог случајног понављања сличних јединица са некаквом "правом" мером између "*order and surprise*" бити - оправдање предузећа (јер се та својства, дакле, препознају као некаква естетска вредност), а изречене сумње (да се таква својства не могу, контролисано и за струку прихватљивим методама, достигати у пројектантском поступку) - први подстицај (кроз запитаност: да ли се ипак могу достићи?) па тако и - прави изазов! Да ли се, уместо "готове форме" може имирати "процес" у коме овакве спонтано настале композиције (према Портогезију и Арнхајму) *једино* могу настати? Да бисмо, према речима Манделброа "имитирали стварност средствима геометрије" (Mandelbrot, 1982, стр. 84), потребан нам је модел процеса који има у себи компоненету случајности али није хаотичан, који није потпуно предвидљив али ипак поседује неку меру уређености. Аутор Бовил (1996) препознао је могућност да Фрактална геометрија, с обзиром на њену доказану способност да успешно описује и моделује природне системе које одликује "детерминистички хаос" или "ред сакривен иза привидног недостатка реда" (Ostwald, 2009, стр. 51) може пројектанту да пружи такав модел.

1.3.2.б: Природни ритам

Природни ритам у арх-урб. композицијама јавља се када на својства њихових елемената утичу и одређују их фактори из природног окружења, тј. из природе која је комплексан динамички систем (нпр. Devaney, 1988; Peitgen, Jurgens, & Saure, 2004). Природни чиниоци чији се ритам промене непосредно или посредно

(преко мерно-управљачких уређаја), може преносити на ритам промене стања елемената у архитектури су, на пример, јачина или правац сунчеве светлости, температура или притисак ваздуха, правац или јачина ветра, ниво мора итд.

Природни ритам може бити непосредно повезан са ритмом промене (тако што ће га спонтано и непосредно одражавати): или другог својства истог елемента (нпр. узајамно повезана својства рефлексивности-провидности стаклене фасаде музеја *Cartier Foundation, Paris, France, 1991-94.*, *Jean Nouvel, Emanuel Cattani*, мењају се заједно са кретањем по њој бачене сенке од грађевина из окружења, Прилог 6) или другог елемента композиције (нпр. ритам промене неких својстава унутрашњег простора, као што су осветљеност или визуелна повезаност са околином код *Quadracci Pavilion, addition to Milwaukee Art Museum, 2001.*, *Santiago Calatrava*, непосредно је повезан са ритмом промене стања "раширени-скупљени" брисолеји, Прилог 2) или једног или више чинилаца из окружења и тако преузима његов ритам промене (нпр. сенке, сопствене и бачене или степен рефлексивности површина повезане су са правцем и јачином сунчеве светлости). Иако је немогуће у фази уређивања композиције у потпуности предвидети овај ритам, може му бити додељена значајна визуелна улога у будућој композицији. На југозападној фасади зграде *10011th Avenue apartment building in New York City, 2005-10.*, *Atelier Jean Nouvel* (Прилог 7), управо је та намера, према објашњењу самог архитекте, да елементи композиције непосредно примају, одражавају и тако, средствима архитектуре, предочавају посматрачу ритам промене правца и јачине сунчеве светлости током дана, била претворена у један од главних концепата у процесу настајања форме. Као илустрација за ово може се навести и промена нагиба код *Temperature Wing, Munich, Germany, 1980.*, *Coop Himmelb(l)au* (Прилог 1), непосредно повезана са променама у температури ваздуха где "крило" непосредно преузима (захваљујући природном закону скупљања и ширења метала услед промене у температури) тај ритам промене из природе, и тако, опет по објашњењу самог архитекте, језиком архитектуре предочава посматрачу природу као ону која се непрекидно мења, што нам је добро позната чињеница али овде дата и чулима на увид. Такође, и променљиви однос потопљених-непотопљених платформи на кеју *Port of Vigo, Spain, 2007.*, *"the garden of tides", Atelier Jean Nouvel* (Прилог 4), непосредно прима и одражава природни ритам промене нивоа

мора. Као илустрација како сенке и ритам њихове промене може имати значајну визуелну улогу у арх-урбанистичким композицијама може се навести фасада стамбене зграде *Carabanchel Social Housing, Madrid, Spain, 2007., Foreign Office Architects* (Прилог 8), коју управо чине затворени, полуотворени и отворени сунчани застори и у зависности од тога, њихове краће или дуже сенке на зиду. Сенка и њено кретање може утицати и на нека друга визуелна својства елемената, као што је степен рефлексивности-провидности стаклених површина: нпр. кретање бачене сенке од грађевина из непосредног окружења, са друге стране улице, по стакленој фасади музеја *Cartier Foundation, Paris, France, 1991-94., Jean Nouvel, Emanuel Cattani* (Прилог 6), где је у зони сенке већа провидност кроз фасаду у унутрашњи простор музеја, а мања рефлексивност, огледање околине на њој. То огледање стално променљиве околине на рефлектујућим фасадним површинама, као на споменутом примеру музеја *Cartier Foundation*, према објашњењу архитекте, доводи у питање границу између архитектуре и њеног окружења јер кућа прима и одражава стално променљиве тренутке и ситуације живота око себе и постаје његов део.

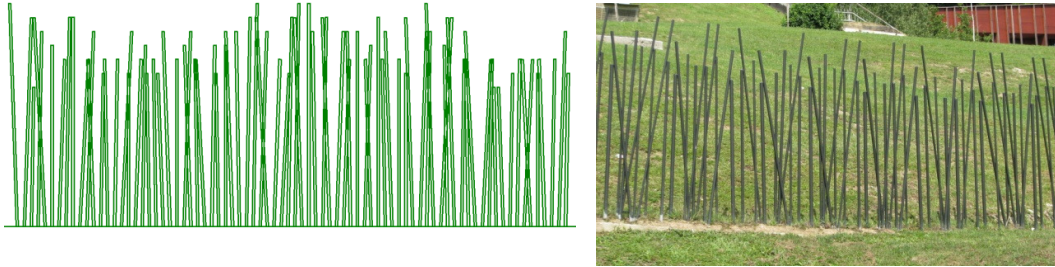
Природни ритам може бити и посредно, преко мерно-управљачких уређеја, повезан са ритмом промене (и тако преузима његов ритам промене) једног или више чинилаца из природног окружења. Илустрација овога је ритам отварања-затварања металних дијафрагми на јужној фасади зграде музеја *Arab institute, Paris, 1987., Jean Nouvel* (Прилог 3), који је регулисан од стране мерно-управљачких уређеја који су програмирани тако да према измереним вредностима количине светлости и температуре на фасади "одлучују" о потребном степену отворености дијафрагми. Такође, и боја којом је осветљена фасада торња луке *Port of Vigo, Spain, 2007., Atelier Jean Nouvel*, познат као "Menhir" или "Rock" (Прилог 5), који има и улогу светионика, па је предвиђено да буде осветљена тиркизном светлошћу за време осеке а плавом за време плиме, преко мерно-управљачких уређеја који мере ниво мора, мења се у ритму плиме и осеке. Ритам преузет на овај начин, преко мерно-управљачких уређеја, разликује се од претходно наведеног непосредног преузимања само утолико што се уређеја као преносници ритма, као посредници, могу некада искључити или покварити.

3.3.2.в: Фрактални ритам

Неегзактни ритам у архитектонско-урбанистичким композицијама може се детерминисати уз помоћ објеката Фракталне геометрије из класе случајних фрактала, посматраних као да су математички модели природног ритма, што је као могућност иницијално предложио аутор Бовил (Bovill, 1996) и који је тако детерминисан ритам означио као *fractal rhythm*. Аутор је предложио и поступак детерминисања таквог ритма, тј. сам начин преузимања ритма са фракталног модела на ритам у архитектури, како би после спровођења поступка детерминисани ритам био (по својствима која ће се пренети са модела на ритам) сличан природном ритму, тј. начину промене вредности природних варијабли посматрано у функцији времена (нпр. промена температуре или притиска ваздуха кроз време) или просторне позиције (нпр. једнодимензионалне позиције: код силуете пејзажа, дводимензионалне позиције: код промене висине природног терена или тродимензионалне: код облака).

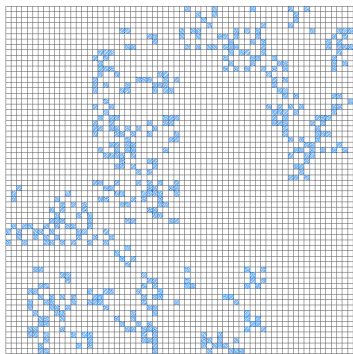
Аутор је разматрао две врсте фракталних објеката, које су обе из класе случајних фрактала: *fractional Brownian functions* и *random curds*, за које је у научној литератури (нпр. Devaney, 1988; Feder, 1988; Fraedrich, Blender, & Zhy, 2009; Goldberger, Amaral, Hausdorff, Ivanov, Peng, & Stanley, 2002; Ivanov, Amaral, Goldberger, Havlin, Rosenblum, Struzik, & Stanley, 1999; Mandelbrot, 1982; Peitgen et al., 2004; Pentland, 1983; Voss, 1988) показано да су прихватљиви математички модели за многе облике и процесе из природе, и то: *fractional Brownian functions* као математички модел промене кроз време неке случајне варијабле из природе и као модел великог броја природних облика и површина, нпр. рељефа, облака, водених површина, биљака, итд. и *random curds* као математички модел случајног груписања материје у природи, нпр. груписање звезда или галаксија. Аутор Бовил уочио је могућност да се ритам у архитектонско-урбанистичким композицијама може детерминисати уз помоћ наведене две врсте објеката Фракталне геометрије, посматрајући их као да су математички модели природног ритма промене или природне дистрибуције елемената, и описао је могући поступак преношења ритма са модела на ритам у архитектури, чиме се може у архитектонско-урбанистичким композицијама остварити ритам који је, а тиме аутор оправдава предложени концепт, сличан природном ритму. На Фиг. 2 и 3 дате су, као илустрација

наведене могућности, композиције архитектонских елемената (ограда од металних штапићастих елемената и подна површина прекривена плочама у две боје) генерисане уз помоћ наведених објеката фракталне геомтрије, поступком који је предложио аутор Бовил, као и два примера из архитектонске праксе у којима је ритам елемената могао бити генерисан управо на овај начин. (Фиг. 2 и 3)



Фиг. 2а: Ограда генерисана уз помоћ две *fractional Brownian functions*;

Фиг. 2б: *Terme Olimia*, Крањска Гора, пројектант ЕНОТА, аутор фотографије Ђорђе Ђорђевић



Фиг. 3а: "Шара" за подну површину, генерисана уз помоћ једне *random curd*;

Фиг. 3б: Пословни објекат *Galleria*, Суботица, пројектант Бранка Хегедиш, <http://www.dans.org.rs>

1.4 Улога геометрије у детерминисању ритма у арх-урб. композицијама

Аутор Еванс (Evans, 1995), испитујући могуће место геометрије у архитектури, запажа да се присуство геометрије у архитектури подразумева, на сличан начин на који се подразумева и нпр. присуство математике у физици, где архитекте не производе геометрију већ је само користе, и налази да, осим облика и цртежа грађевине, што су места где се геометрија у архитектури обично тражи, геометрија постоји и у простору између њих, као и на оба њихова краја, односно у простору који повезује мишљење са имагинацијом, имагинацију са цртежима,

цртеже са грађевином и грађевину са нашим очима, при чему се управо композиција грађевине може сматрати као право место тог сусрета. Говорећи затим о улози геометрије у архитектури, Еванс примећује да у процесу пројектовања геометрија архитектама служи као ослонац, као научна истина проверена и доказана у оквиру друге дисциплине, математике, где архитекте од геометрије траже и очекују: "*firmness and stability*" (1995, стр. XXVII). Други аутор, Оствалд (Ostwald, 2003; 2009), проширује наведену улогу геометрије као научног ослонаца за архитекте до самог - научног ауторитета, истичући да архитекте ретко преузимају геометрију на прикривен начин, већ да, напротив, присуство геометријског система управо јасно наглашавају у тежњи да пројекту обезбеде извор ауторитета или пак оправдање за своје пројектантске одлуке. Такође, исти аутор (Ostwald, 2000) указује на постојање некакве вере архитеката у способност или моћ геометрије (и геометријских облика али и пропорцијских односа, као што је "*Golden mean*") да може да испуни грађевину – смислом, при чему, значај геометријског облика или смисао који му се приписује не лежи у његовим унутрашњим особинама самим по себи, већ у његовој, или претпостављеној сличности и повезаности са некаквим идеалним или оригиналним формама, или у уоченој сличности са облицима из природе. Аутор Миленковић (2003) истиче да геометрија у архитектури не представља само "помоћно средство за добијање форме" (стр.18), већ да је, напротив, "неодвојиви део грађења" (стр.16), да је она оно што је у архитектури универзално, па поредећи геометрију у архитектури са језиком, који је универзално средство општења, налази да се геометрија може сматрати универзалним - језиком архитектуре.

У овом раду, у коме је описана примена Фракталне геометрије у детерминисању фракталног ритма, претпостављени однос геометрије и некаквог смисла који она са собом уноси у архитектуру, може се пратити на две линије. Прва је линија на којој се Фрактална геометрија поистовећује са геометријом природе, како је већ на самом свом рођењу, од стране свог творца, окарактерисана и представљена следећим речима: "Смислио сам и развио нову геометрију природе." (Mandelbrot, 1982, стр.1) Касније се показало да је та геометрија заиста у стању да, прецизније од Еуклидове, опише, али и да успешно моделује или

симулира, облике из природе (нпр. Pentland, 1983; Barnsley, 1988; Avnir, Biham, Lidar, & Malcai, 1998). Друга је линија, на којој се Фрактална геометрија повезује са групом различитих научних дисциплина "чије је једино заједничко својство проучавање детерминистичког хаоса унутар природних система" (Ostwald, 2009, стр. 56), а које су груписане под заједничким именом као *Complexity Science* и које се углавном, нпр. *Chaos Theory* и *Nonlinear Dynamics* ослањају управо на Фракталну геометрију. Према истом аутору (Ostwald, 2001) за архитекте данашњице Фрактална геометрија је мање значајна *per se*, а више зато што верују да може да им обезбеди везу, осим са природом, и са глобалном променом у науци чији смо сведоци последњих неколико деценија. Споменуто глобалну промену у науци аутор Пригожин (Prigogine, 1997), у истоименој књизи, описује као "*the end of certainty*" и пише како смо сада сведоци "обрушавања детерминизма" (стр. viii) и напуштања "једне од базних традиција западњачког мишљења, вере у извесност" (стр. 4). Према аутору, за разлику од класичне науке која је наглашавала ред и стабилност и у којој су закони природе изражавали извесности, "то више није тако, значење закона природе радикално се мења јер они сада изражавају могућности и вероватноће" (стр. 4). Уместо некадашње вере у извесност сада се суочавамо са "ограниченом предвидљивошћу" (стр. 4). А, треба подвући, Манделбро на самом почетку своје књиге истиче да су "најкориснији фрактали", мислећи најкориснији у претходно израженој намери да њима опише природне феномене, они који "укључују *случај* и чије су и правилности и неправилности статистичке" (Mandelbrot, 1982, стр. 1), што управо упућује на споменуто – ограничену предвидљивост! И касније, уводећи у свој есеј случајне фрактале каже: "Теорија вероватноће је једино расположиво математичко оруђе које ће нам помоћи у описивању непознатог." (стр. 201)

У овом раду, архитектонско-урбанистичка композиција је то "место" са кога архитекта, са намером да у композицији оствари извесне односе (нпр. да у начин уређивања ентитета укључи компоненту случајности) а да истовремено избегне произвољност, може посегнути за геометријом, управо Фракталном геометријом и њеним случајним фракталима, и где ће се Фрактална геометрија, као "истина" проверена и доказана у оквиру друге дисциплине (математике) појавити у архитектури у улози ослона али и као могући извор научног ауторитета. А затим,

због описаних веза Фракталне геометрије са природом, са једне, и "новом науком", са друге стране, и у улози евентуалног доносиоца некаквог "смисла" или значења у архитектуру, где ће се кроз претпостављено препознавање присуства елемента случајности или неизвесности у композицијама генерисаним уз помоћ објеката Фракталне геометрије који укључују компоненту случајности, уз отворено питање: у којој мери ће се уношењем геометрије са њеним специфичним математичким својствима унети у архитектуру и њена визуелна својства, упућивати на наведене релације.

II ДЕО

МАТЕМАТИЧКА И ВИЗУЕЛНА СВОЈСТВА ОБЈЕКТА ФРАКТАЛНЕ ГЕОМЕТРИЈЕ

ГЛАВА 2

МАТЕМАТИЧКА СВОЈСТВА ОБЈЕКТА ФРАКТАЛНЕ ГЕОМЕТРИЈЕ

2.1 Основне информације о Фракталној геометрији

За разлику од Еуклидове геометрије, Фрактална геометрија, "стара" је тек неколико деценија. Наиме, као година "рођења" Фракталне геометрије узима се година објављивања књиге њеног творца Манделброа (Benoit Mandelbrot) "*Fractals: Form, Chance, and Dimension*", 1977. год., на енглеском језику, односно, две године пре тога, 1975., на француском. Следећем, проширеном издању, које је изашло 1982., аутор је променио име у: "*The Fractal Geometry of Nature*". Свој есеј, како га сам представља, аутор започиње упечатљивим и касније често цитираним запажањем да: "Облаци нису лопте, планине нису купе, морске обале нису кружне, кора од дрвета није равна..." (1982, стр. 1) и да зато Еуклидова геометрија (а чији су елементи управо те лопте, купе, ... итд.) није у стању да опише такве облике. Међутим, пише он, иако их је Еуклид оставио по страни као "*formless*" или "*amorphous*", они, ти "*irregular* и *fragmented* облици" (стр.1) постоје у свету око нас, у природи, и само њихово постојање, довољан је разлог (и изазов) да се они и проуче и опишу. Зато је, објашњава аутор, прихватајући тај изазов, измислио и

развио "нову геометрију природе" (стр.1) и идентификовао породицу облика које је назвао "*fractals*". Фрактали су затим представљени читаоцу истицањем неколико, вероватно најважнијих, својстава: да су најкориснији они фрактали који укључују елемент случаја ("*chance*"), затим, да фрактали имају тенденцију да буду "*scaling*" (особина фрактала позната као *self-similarity* или *self-affinity*), да концепт *fractal dimension* (која је мерљиво својство фрактала) има централну улогу у теорији, и да је потребно разграничење фракталних сетова према томе да ли су површи ("*surfaces*"), криве ("*curves*") или расуте тачке ("*dust*") (стр.1).

2.2 Фрактална геометрија као геометрија Природе

Фрактална геометрија, научно је потврђено и документовано кроз бројна истраживања која су уследила (Avnir et al., 1998; Barnsley, 1988; Devaney, 1988; Feder, 1989; Peitgen et al., 2004; Pentland, 1983; Voss, 1988) може успешно да се користи у описивању, мерењу и моделовању природних облика и процеса. Употреба Фракталне геометрије односи се на споменуте неправилне облике које свакодневно опажамо у свету око нас: облаке, планине, морске обале, кора дрвета, биљке, итд., али и на облике и процесе који се јављају на "*large scales*", тј. на макроскопским, великим размерама: "*ecosystem boundaries, seismic faults, and the clustering of galaxies*", као и на "*small scales*", тј. микроскопским размерама: "*electrostatic discharges, electrochemical deposition and fluid-fluid displacement*" (Voss, 1988, стр. 36). У природним системима, који су раније третирани као хаотични или неуређени системи (нпр. стопа раста шуме или пораст и опадање популације), откривен је, под окриљем *Complexity Science* – ред, наиме: "*deep and striking order*" (Ostwald, 2009, стр.53) а откривене форме или *patterns* тог реда, нису форме Еуклидове већ Фракталне геометрије. Иако математички фрактали подразумевају неограничен број размера понављања а испитивања су показала да је број размера понављања за облике у природи ограничен на свега неколико размера, ипак, што је важно за овај рад, облици из природе *изгледају* фрактално, тј. присутан је визуелни утисак *self-similarity* код природних објеката чак и за те ограничене размере (Avnir et al., 1998). А затим, што је овде такође значајно, и математичким записивањем процеса из природе, нпр. на X-Y дијаграму у

функцији времена, а који могу бити веома разнородни између себе, од промене климатских елемената (температуре, притиска ваздуха, падавина итд.), до промена у људском организму (напона кроз нервне мембране, ритма откуцаја здравог срца или дужине корака за време шетње), о чему сведоче многа истраживања (нпр. Fraedrich et al., 2009; Goldberger et al., 2002; Keshner, 1982) добијају се криве које су такође – фракталне криве. Аутор Бовил изразио је то следећим речима: "Нису само облици из природе фрактални; начин на који се природа мења кроз време је такође фракталан" (1996, стр.4).

"*Nature-based formes*", "*biomorphic architecture*" и "*biophilic design*", неки су од нових концепата у пројектовању произашлих из концепта *биофилија* (Wilson, 1984) и у последње време интензивних интердисциплинарних истраживања на пољу *environmental psychology* о утицају природне и изграђене средине на човека (нпр. Hartig, Evans, Jamner, Davis, & Gärling, 2003; Kaplan, 1987; Kaplan, 1995; Kaplan & Kaplan, 1989; Kellert, Heerwagen, & Mador, 2008; Purcell, Peron, & Berto, 2001; Parsons, 1991; Ulrich, 1993; Ulrich, Simons, Losito, Fiorito, Miles, & Zelson, 1991; Ulrich, 1983; Ulrich, 1984; Van den Berg, Hartig, & Staats, 2007). Ова истраживања показала су да, са једне, постоје веће естетске преференце према природним садржајима, а да, са друге стране, природни садржаји имају позитиван ефекат на човеково психолошко и физиолошко стање (на пример, смањење стреса, опоравак после болести, боља концентрација). Међутим, данашњи урбани живот смањено је могућност излагања природним садржајима, што, претпоставља се, дугорочно може имати негативне последице по човека. Према неким ауторима (нпр. Joye, 2006, 2007, 2007а) такав негативан тренд може се делимично ублажити ако се у планирању и пројектовању средине користе принципи или облици Фракталне геометрије, као - геометрије природе.

2.3 Фрактална димензија

За било који скуп у Еуклидовом простору R^E , Манделбро (Mandelbrot, 1982) означава тополошку димензију са D_T и описује је као димензију која је "интуитивна", а затим наглашава да је она "увек цео број" (стр.15). Тако, *fractal dust*, *fractal curve* и *fractal surface* су фрактални сетови за које је тополошка

димензија $D_T = 0$, $D_T = 1$ и $D_T = 2$, тим редом (Mandelbrot, 1982, стр.74). С друге стране, фрактална димензија, означена као D , не мора бити, и најчешће и није, цео број, и за фракталне сетове важи правило да фрактална димензија увек мора бити већа од тополошке, тј. да је $D > D_T$. Фрактална димензија D , је, према Манделброу (Mandelbrot, 1982) једна од основних одлика фракталних објеката, и може се објаснити као мера превазилажења тополошке и заузимања следеће, веће димензије.

Две ствари су важне за овај рад када је у питању фрактална димензија.

Прво, она је мерљив параметар, чија се вредност, са једне стране, за постојеће фракталне објекте може одредити, а са друге стране, у поступку генерисања фракталног објекта унапред задати. Прихваћено је више метода за прорачунавање вредности Фракталне димензије неког фракталног објекта, а у овом раду примењиваће се две такве методе: *Box-counting dimension method* и *Rescaled range analysis*, према предлогу аутора Бовила (Bovill, 1996), због њихове једноставности уз задовољавајућу, за потребе овог рада, прецизност.

Друго, значајан број аутора указао је на постојање релације између вредности фракталне димензије неког фракталног објекта и његових визуелних својстава, као што су: детаљност и богатство структуре, кривудаваост, храпавост, разуђеност, итд., за која ће се касније у овом раду, кроз презентацију неких експерименталних психолошких истраживања, показати да су директно повезана са проценама визуелне комплексности код визуелних објеката а затим и са естетским преференцама према таквим објектима. Тако, према групи аутора (Taylor, Newell, Spehar, & Clifford, 2005), вредност фракталне димензије неког фракталног објекта има снажан ефекат на његов "*visual appearance*" на тај начин да визуелни објекат са ниском фракталном димензијом изгледа као "врло раван, редак облик", док, с друге стране, визуелни објекат са високом фракталном димензијом изгледа "као облик пун компликоване, детаљне структуре" (стр.57). Аутори затим описују фракталну криву као линију која "почиње да заузима површину" и код које се, повећавањем вредности њене фракталне димензије, повећава и "*complexity*" и "*richness*" њене понављајуће структуре (стр.57). Слично, аутор Вос (Voss, 1988) пише како фрактална димензија детерминише релативну количину детаља код фракталних објеката, па се нпр. код *Brownian curves* или једнодимензионалних

Brownian functions јавља као мерљив параметар њихове "кривудавости" ("*wigginess*") (стр.71) а код *Brownian surfaces* или дводимензионалних *Brownian functions* као мера "храпавости", па површине са већом Фракталном димензијом изгледају "храпавије" ("*rougher*") (стр.31). А аутор Пентланд (Pentland,1983) описујући *Brownian surfaces* запажа да Фрактална димензија приближно одговара нашем интуитивном утиску "разуђености" ("*jaggedness*") (стр.974), па ако би неко хтео да генерише серију предела са истим 3-D моделом рељефа, од скоро равног, преко таласастог пејзажа, до старе и на крају младе, гребенасте планине, он би то постигао повећавањем вредности за фракталну димензију модела, од приближно 2 до 2.5

Наведена запажања аутора о томе како вредност фракталне димензије фракталних објеката утиче и на њихов "изглед", односно на нека својства која имају своју јасну визуелну манифестацију, значајна је за овај рад јер непосредно води до следеће претпоставке: да ће се коришћењем ових објеката фракталне геометрије у уређивању арх-урб. композиције, уз "преузимање" њихових математичких или геометријских својстава, преузети и њихова визуелна својства, што онда отвара могућност да се у арх-урб. композицијама жељени визуелни утисак као: мање или више "нестално", "променљиво", итд., а што се, показаће се касније у раду, оцењује или препознаје као: мање или више "визуелно комплексно", може регулисати избором одговарајућих вредности тих параметара.

2.4 Независност од размере посматрања или *scaling*

За разлику од Еуклидових облика, фрактали немају једну карактеристичну размеру или величину, већ су њихов изглед и особине независни од размере посматрања, односно, они задржавају особине своје структуре и свој изглед кроз "све" размере посматрања (за математичке фрактале, од бескрајно мале до бескрајно велике), па су при променама размере "*invariant*" (Mandelbrot, 1982, стр.18). Та особина фрактала да: увеличавање било ког дела структуре, према објашњењу групе аутора (Gilden, Schmuckler, & Clayton, 1993) "доводи у фокус други ниво структуре који је изоморфан у односу на глобалну структуру из које је издвојен" (стр.460) позната је као *self-similarity* или, тамо где увеличавајући

фактор, да би се задржала непроменљивост структуре, не може бити исти за све правце, као *self-affinity*.

Аутор Соуп (Сауре, 1988), описујући разлику између Еуклидових и фракталних објеката, истиче како Еуклидове криве или површи и онда када су глобално веома компликоване структуре, на "малим исечцима или растојањима само су праве линије или равне површи" (стр.71), а да са друге стране, фрактални објекти поседују детаље при свим увећањима, без обзира колико су мали посматрани исечци.

За овај рад је важно да је код облика из природе, за које је прихваћено да се описују као фрактални, присутан визуелни утисак *self-similarity* или *self-affinity*, иако се код њих особина "*scaling invariance*" односи на ограничен број размера (Avnir et al., 1998).

2.5 Основна подела фрактала на: *deterministic fractals* и *random fractals*

Овде је значајно, пре навођења ове основне поделе фрактала, истаћи још једно важно њихово својство, а које Вос (Voss, 1988) наводи као једну од четири главне разлике између Еуклидове и Фракталне геометрије. (Остале три су овде већ наведене, а то су: "старост" геометрије, затим, постојање размере посматрања или независност од размере, као и степен прецизности или погодности у описивању облика из природе.) Наиме, упоређује аутор, за разлику од облика Еуклидове геометрије које дефинишемо уз помоћ алгебарске формуле (па као пример наводи формулу за кружну линију: $r^2 = x^2 + y^2$), фрактални објекти, који настају као резултат конструкционе процедуре или алгоритма који је у општем случају рекурзиван, "*repeated over and over*" (стр.26) описују се или дефинишу – описивањем или дефинисањем те процедуре или алгоритма и не постоји алгебарска формула која може да опише све тачке једног фракталног објекта, нпр. једне фракталне криве. Процедура се најчешће јавља у виду понављања са тзв. *feedback loops*, када се систем за сваку нову итерацију похрањује резултатима из претходне итерације. (Зато су компјутери, истиче аутор, идеално средство за конструисање фрактала, и штавише, за већину фрактала, и неопходно.) Аутор још

запажа да, иако се конструкционе процедуре одвијају понављањем правила која су често веома једноставна, добијају су "*seemingly complex shapes*" (стр.26) .

И *deterministic fractals* и *random fractals* настају као резултат понављања конструкционог процеса, а разлика је та што је у процес конструисања *random fractals* укључена и компонента случајности ("*randomness*"), најчешће у виду случајних бројева, па су алгоритми за њихово конструисање *недетерминистички*. Зато се код *deterministic* или *exact fractals*, како се још зову, структура (или *pattern*) тачно понавља у свакој новој итерацији или при свакој промени размере, и сваки део, издвојен и увеличан, изгледа потпуно исто као и глобална структура из које је издвојен, па је ту реч о *exact self-similarity*. С друге стране, код *random fractals*, непроменљивост кроз више размера је – статистичка, тј. присутна је, не егзактна, већ статистичка сличност, тзв. *statistical self-similarity* и код њих сваки мањи део изгледа слично али не потпуно исто као већи део из кога је издвојен (Voss, 1988). Оно што је овде важно и због чега је и Манделбро, на самом почетку излагања своје теорије, истакао да су "најкориснији" они фрактали који укључују компоненту "*chance*" (Mandelbrot, 1982, стр.1), је чињеница да је особина *statistical self-similarity*, где су делови само статистички слични и где је поглед на "већи" део недовољан да се потпуно тачно предвиди изглед увеличаног "мањег" дела, према аутору Восу: "централна особина фрактала у природи" (Voss, 1988, стр.30) па су управо *random fractals* она група фрактала која се користи у описивању или симулирању природних облика. Тамо где је потребно неједнако скалирање за различите правце а то важи за *fractional Brownian functions*, реч је о *statistical self-affinity* (нпр. Voss, 1988).

Овде се дошло до још једне полазне чињенице значајне за овај рад на линији успостављања релације између фрактала и визуелног својства тзв. "*naturalness*" да је управо присутна компонента случајности заслужна за природан изглед фракталних објеката. Тако, аутори Тејлор и Спрот (Taylor & Sprott, 2008) примећују како егзактни или детерминистички фрактали нису довољно слични са природним облицима зато што егзактно понављање структуре производи тачност или, по њиховим речима: "*cleanliness*" (стр.119), која се ретко налази у природи. Насупрот томе, тврде аутори, убацивањем "*randomness*" у процес генерисања, избегава се "*artificial look*" и добија се "*more natural-looking*" фрактал (стр.119).

Предмет овога рада биће две врсте фракталних објеката, а које обе припадају групи случајних фрактала, или тзв. *random fractals*, тј. фрактала у чијем је генерисању присутна компонента случајности, а то су: *fractional Brownian functions* и *random curds*.

2.6 Fractional Brownian functions

Fractional Brownian functions (fBf) су врста случајних фрактала која се успешно користи у моделовању и описивању природних феномена и представља математичку генерализацију или проширење of *ordinary Brownian function* или *ordinary Brownian motion*, према предлогу Манделброа и Ван Неса (Mandelbrot & Van Ness, 1968).

Термин *ordinary Brownian function*, или, познатије као, *Brownian motion*, односи се на кретање микроскопских честица које услед случајних судара у дифузним процесима бивају гуране тамо-амо, на неправилан и несталан начин (нпр. Mandelbrot 1982; Saupe 1988; Feder 1989; Peitgen et al., 2004). Посматрано под микроскопом, кретање честице састоји се од корака у случајним правцима па се и термин *random walk* користи да именује описано кретање. Записивањем на X-Y дијаграму позиције честице у функцији времена (са X-осом као осом времена), добија се *one-dimensional Brownian function* која представља у ствари *ordinary Brownian function*. За њу важи да су сукцесивни прираштаји независни (*independent increments*), односно, да је корелација између њих једнака нули. Овде је потребно разликовати позициону корелацију честице за неки временски период и корелацију између сукцесивних прираштаја. Наиме, позиција честице у било ком тренутку времена је у високој корелацији са позицијом где је била у прошлости и та позициона корелација опада са повећањем посматраног временског интервала. Са друге стране, сваки корак у овом кретању је статистички независан у односу на претходни, тј. подједнака је вероватноћа да ће честица у било ком судару бити гурнута уназад као и унапред.

Математички гледано, могу се разматрати кретања код којих су сукцесивни прираштаји у позитивној или у негативној корелацији, и која дакле, према Манделброовом предлогу, представљају проширење или генерализацију of

ordinary Brownian function. Њиховим записивањем добија се фамилија *fractional Brownian functions* које се разликују према степену корелације сукцесивних прираштаја, а последично, и према вредностима фракталне димензије, која за ове криве износи између 1 и 2, и може се одредити према формули $D=2-H$, где је H тзв. *Hurst exponent*. *Hurst exponent* је коефицијент карактеристичан за различите природне феномене до чијих вредности је емпиријским путем дошао хидрологист Хурс (H.E.Hurst, нпр. према Mandelbrot 1982; Feder 1989) педесетих година прошлог века, проучавајући промене природних система кроз различите периоде времена. Хурс је закључио да је њихово понашање далеко од независног и да код већине природних система посматрана варијабла, нпр. ниво воде неког великог речног система као што је река Нил коју је Хурст највише испитивао, у неком тренутку укључује у своју тренутну вредност и "ефекат меморије", односно, да њена вредност не зависи само од недавних већ и од акумулираних последица догађаја из претходног, често дужег, временског периода, тако да у свом понашању природни системи показују већи или мањи степен инертности или истрајности, наиме, да су "*persistant*", да имају некакву меморију. Аутор Федер (Feder, 1989) описујући понашање природних система кроз време као и математичке моделе који представљају "*records*" (стр.161) тог понашања, истиче да управо *fractional Brownian function* као математички модел понашања природних система, својим специфичним својствима узима у обзир ефекат меморије ("*takes memory effect into account*") (стр.161). Да ли се, према томе, нека *fractional Brownian function* може узети као хипотетички запис, као "имитација процеса", и као модел "таложења из генерације у генерацију", у коме, видели смо, једино може настати композиција налик на спонтане ахр-урб. композиције, ако се прихвати, према неким ауторима (нпр. Devaney, 1988; Peitgen et.al., 2004) да су и друштвени системи, као и природни, комплексни, и да се, као и природни, могу описивати уз помоћ ових објеката Фракталне геометрије ?

Наведена својства карактеристична за *fractional Brownian functions*: степен корелације сукцесивних прираштаја, Фрактална димензија и параметар H , су својства која су узајамно повезана. Према њиховим вредностима разликују се три фамилије ових Фракталних кривих, а које се обично раздвајају у односу на вредност параметра H : за $H=1/2$, за $1/2 < H < 1$ и за $0 < H < 1/2$.

Криве чији је *Hurst exponent* $H=0.5$ а фрактална димензија $D=1.5$, познате су као *ordinary Brownian functions*. За њих важи да је корелација сукцесивних прираштаја нула, тј. прираштаји су независни (*independent increments*) у смислу теорије вероватноће и оне представљају запис процеса који је без инертности (*without persistence*).

Затим, све криве код којих је *Hurst exponent* већи од 0.5 а фрактална димензија мања од 1.5, груписане су у посебну категорију са заједничком особином да између прираштаја постоји позитивна корелација, тако да ако вредност функције расте у неком тренутку, она има тенденцију да настави да расте и у следећем тренутку. Ове криве представљају записе процеса који су "инертни" или "истрајни" (*persistent*), односно које имају, "дугорочну истрајност" (*long term persistence*). Јачина њихове истрајности или инертности повећава се истовремено са повећањем експонента H , односно, са смањивањем фракталне димензије. Пример природног система који има изражену *long term persistence* је речни систем Нила, за који је Хурс пронашао (према Mandelbrot, 1982) да су годишње промене неке варијабле овог система, нпр. нивоа воде, биле далеко од независних те да је јачина истрајности посматране варијабле, изражена преко Хурсовог параметра износила чак $H = 0.9$, што се показује у томе да промене у овом великом речном систему, према објашњењу Манделброа, нису биле реда величине кратких временских интервала него су се "протезале на векове (неки су кишни, неки суви) или чак на миленијуме" (стр.251). Манделбро ту наводи и податке које је прикупио проучавајући варијабилност и других речних система и истиче да сви ови системи показују особину *persistence*, тј. да за све важи да је експонент H већи од 0.5.

Криве код којих је *Hurst exponent* мањи од 0.5 а фрактална димензија већа од 1.5, представљају трећу фамилију кривих, са заједничком особином да између сукцесивних прираштаја постоји негативна корелација. Ове криве представљају записе процеса који нису "истрајни" или "инертни", тј. који су "*antipersistent*".

Fractional Brownian functions се могу проучавати и преко спектралне густине (*spectral density*) $S(f)$. Између спектрална густине (која даје меру заступљености различитих фреквенција за неки период времена) и фракталне димензије постоји зависност (нпр. Mandelbrot, 1982) по којој вредност спектралне густине за неку

фреквенцију износи $S(f) = 1/f^\beta$ где је β параметар који упућује на фракталну димензију, преко параметра H , на следећи начин: $\beta = 2H + 1$. Продубљеније испитивање узајамне зависности ових величина, кроз анализу брзине опадања спектралне густине са повећањем фреквенције за неку криву, где: "*there is a direct relationship between the fractal dimension and the logarithmic slope of the spectral density*" (Voss, 1988, стр.39), довела би до следећег налаза: да се криве са мањим фракталним димензијама састоје од много више мањих него већих фреквенција, тј. мање су промене вредности од тачке до тачке или, према речима аутора Воса, такве криве се "*consists of many more slow (low frequency) than fast (high frequency) fluctuations*" (Voss 1988, стр.39). За криве са већом фракталном димензијом важи обрнути однос, и, као крајност те релације, појављује се крива чија се фрактална димензија приближава вредности 2, а параметар H нултој вредности, и која је позната као "*white noise*". Од свих *fractional Brownian functions* она је "највише случајна" ("*the most random*") (Voss 1988, стр. 39) што се може објаснити и као "најмање предвидљива" (пошто термин *noise* у физици има значење: "непредвидљива промена неке величине" (Voss 1988, стр. 39)) и код ње спектрална густина скоро да не опада са повећањем фреквенције па су у једнаким количинама присутне све фреквенције.

Описана узајамна зависност фракталне димензије неке криве и вредности спектралних густина за различите фреквенције у неком посматраном интервалу дате криве, значајна је за ово истраживање јер, као и неке претходно наведене особине фракталних кривих, има своју јасну "визуелну манифестацију", тј. одражава се на изглед криве тако да криве са мањом фракталном димензијом, које имају много више "мањих" промена вредности од тачке-до-тачке ("*point-to-point fluctuation*") (Gilden, Schmuckler, & Clayton, 1993, стр.465) изгледају као криве са постепеним и спорим променама, а само ретко "се догоди" и нека "већа" или "бржа" промена, док за криве са већом фракталном димензијом важи обрнуто, а то су особине за које се овде може претпоставити да ће се, коришћењем дате криве у генерисању ритма, пренети и на ритам елемената у арх-урб. композицијама и да ће се одразити и на његов изглед, што, из јасног сагледавања те релације, даје још један параметар значајан за правилан избор фракталне криве у циљу добијања

ритма са жељеним карактеристикама, односно, отвара још једну могућност контролисаног спровођења поступка генерисања.

Fractional Brownian functions се могу проширити, према предлогу Mandelbroa (Mandelbrot, 1982) и на фракталне објекте чија је тополошка димензија $D_T = 2$, тј. на фракталне површи, које се састоје од случајних висина у функцији дво-димензионалне површинске позиције $V_H(x,y)$, и чија је Фрактална димензија $D=3-H$. Значајно је овде још истаћи да вертикални пресеци кроз ове површи представљају претходно описане фракталне криве, које карактерише иста вредност коефицијента H , чија је фрактална димензија $D=2-H$ и које су статистички *self-affine*. С друге стране, хоризонталним пресецима добијају се "фрактална острва" која имају фракталну димензију исто $D=2-H$, само што су статистички *self-similar* (нпр. Mandelbrot, 1982; Voss, 1988).

Такође, могуће је извршити и даљу генерализацију на фракталне објекте који представљају неку случајну промену (нпр. температуре) у функцији тро-димензионалне позиције $V_H(x,y,z)$ (Voss, 1988). Њихова тополошка димензија била би тада $D_T = 3$ а фрактална димензија $D=4-H$.

Постоји више математичких метода за генерисање *fractional Brownian functions*, нпр. *Random midpoint displacement method* или *The Fourier filtering method* (нпр. Saure, 1988) које су обе алгоритмичне и пре свега се спроводе уз помоћ компјутера. За добијање функције са жељеним особинама (фракталном димензијом а која је повезана са осталим наведеним својствима) потребно је само као улазни податак унети одговарајућу вредност параметра H . Пошто су ове методе везане за употребу компјутера и одговарајућих програма па нису увек и приступачне, за потребе овог рада ће се прихватити приближна метода за добијање ових функција, коју наводи аутор Бовил (Bovill, 1996, преузето од *M.Gardner, Mathematical Games, Scientific American, April 1978*) јер је једноставна за спровођење, уз помоћ обичне коцкице за играње и није везана за употребу компјутера. (Ипак, овом методом могу се добити фракталне криве само са неким, не свим, вредностима, за фракталну димензију.) Осим тога, могуће је криве добити и "директно из природе", записивањем на дијаграму промене неке природне варијабле али ту се фрактална димензија не може унапред задати па ће бити потребно да се тако добијеној фракталној кривој одреди фрактална

димензија уз помоћ неке од прихваћених метода, нпр. *Rescaled range analysis*, коју је предложио аутор Хурст (H.E.Hurst), преузето од аутора Бовила (1996). На пример, ако је у питању фрактална крива, прво се за целу криву, а затим за њене половине, четвртине, осмине итд. одреди просечна максимална промена или разлика у вредностима (*the average maximum fluctuation*). Те вредности се нанесу на X-Y дијаграм, а затим и логаритми добијених вредности: на Y-осу наноси се просечна максимална промена а на X-осу размера посматрања, овде посматране половине, четвртине итд. Нагиб праве линије која представља најближу апроксимацију добијене криве је приближна вредност Хурсовог експонента H после чега се фрактална димензија једноставно израчуна из зависности $D=2-H$ (Bovill, 1996, стр. 88) или у општем случају $D=E+1-H$, где је E за једнодимензионалне, дводимензионалне и тродимензионалне функције: 1, 2 или 3, тим редом (Voss, 1988, стр. 64).

2.7 Random curds и поступак curdling

Random curds су фрактални објекти из класе случајних фрактала који представљају "неповезан скуп тачака за које је карактеристично својство груписања" (Bovill, 1996, стр.92). *Random curds*, према Манделброу (1982) настају као резултат процеса *curdling*. То је, каскадни процес који резултује у контракцији, где *curd* означава "волумен унутар кога су физичке карактеристике постале веома концентрисане као резултат процеса *curdling*" (Mandelbrot, 1982, стр.76). (У свакодневном језику именица *curds* значи: грушевина а глагол *curdle*: згрушати, што може донекле да упути на значење појма у овом новом контексту.) Као илустрацију за неравномерно груписање материје у универзуму, аутор наводи дистрибуцију галаксија и звезда.

Ови фрактални објекти могу се произвести једноставном *curdling* методом, за коју Манделбро истиче да њена главна вредност лежи у "готово смешној једноставности" али која ипак води до "корисних случајних фрактала" (1982, стр. 210) а произашла је из настојања да се "реалност имитира средствима геометрије" (стр. 84). Према објашњењу аутора, "за конструкцију ових фрактала потребна је мрежа или растер сачињен од дужи, квадрата или кубуса, подељених на b^E

субдужи, супквадрата или супкубуса, где је b база растера" (стр. 210). Е је овде 1, 2 или 3, за дужи, квадрате или кубусе, тим редом. *Curdling* или случајно груписање постиже се низом бинарних случајних избора о каснијој судбини сваке од b^E субдужи, супквадрата или супкубуса. Са вероватноћом $p < 1$, "the subinterval "survives" as part of a precurd; otherwise, it dies off" (стр. 211). Са "преживелим" субдужима, супквадратима или супкубусима, прелази се у наредни корак процеса. Бирањем вероватноће догађаја за сваки корак процеса као и броја корака, може се добити модел случајног груписања елемената, са жељеним карактеристикама. Вероватноће $p = 1/2, 1/3, 2/3$, и сл. могу се постизати једноставно, бацањем новчића или коцкице.

Аутор Бовил (1996) истиче како се, у сваком следећем кораку процеса генерисања ове врсте фрактала, површина на којој ће се наћи будућа фрактална "*dust*" све више сужава или смањује у односу на почетну површину, да се при томе простор између груписаних тачака повећава, и како, каскадним понављањем процеса, у свакој следећој итерацији, опада и нумеричка вредност фракталне димензије овог фракталног објекта. Осим тога, у контексту овога рада значајно је овде истаћи и то да се, у зависности од изабране вероватноће "преживљавања", а која може бити различита за сваки корак процеса, може унапред, за намеравани број корака, израчунати број очекиваних "преживелих" поља на крају процеса.

Према предлогу Бовила (1996) у овом раду ће се, за прорачунавања фракталне димензије ових фракталних објеката, користити метода *box-counting*, која се добија из односа, из корака у корак процеса, броја "преживелих" или "пуних" поља и величине поља b за посматрани корак, где b упућује на размеру посматрања.

ГЛАВА 3

ВИЗУЕЛНА СВОЈСТВА ОБЈЕКТА ФРАКТАЛНЕ ГЕОМЕТРИЈЕ

3.1 Визуелна својства као манифестације математичких својстава

Описавши облике које намерава да научно објасни, у представљању свог Есеја, као "неправилне и изломљене" (1982, стр.1), Манделбро је, вероватно, бар делимично, мислио и на њихова визуелна својства, а то се и из затим изнесених

запажања да: "облаци нису лопте, планине нису купе, ... " (стр.1), итд. може схватити и као да они не *изгледају* тако. Сама чињеница да је Манделбро, по његовим речима, измислио и развио геометрију која ће моћи да опише такве "неправилне и изломљене" облике, али и само име које је дао тој геометрији, говори нешто и о визуелним својствима њених облика. Манделбро објашњава како је назив *фрактал* "сковао" од латинског придева "*fractus*" (који значи: "сломљен") а да одговарајући латински глагол "*frangere*" значи "сломити, разбити", односно: "направити неправилне фрагменте" (стр.4) па према томе, истиче аутор, наведени придев може такође да значи и "неправилан" ("*fractus* should also mean *irregular*") (стр.4). Ако се овде прихвати такво одређење облика Фракталне геометрије, наиме, да су "неправилни" (уз истовремено овде прихватање недовољно прецизног значења такве одреднице, па ће се касније у овом раду презентовати експериментална психолошка истраживања визуелне перцепције која боље осветљавају и донекле сужавају њено поље значења) онда ова разматрања могу започети питањем: да ли ће се ритам генерисан уз помоћ геометријских објеката који су окарактерисани или описани као "неправилни" процењивати у визуелној перцепцији и сам као - "неправилан" или као "неправилнији" у односу на ритмове који су генерисани уз помоћ геометрије која је у основи геометрија правилних облика и односа?

На темељу запажања аутора, који иначе испитују математичка својства Фракталних објеката, о њиховим визуелним својствима, као и на основу резултата неких психолошких истраживања о начину на који се опажају фрактални објекти (а који ће се касније овде презентовати) у овом раду је једна од полазних претпоставки и следећа: да су визуелна својства фрактала или њихов изглед ("*visual appearance*") директно условљена њиховим математичким својствима.

Визуелна својства Фракталних објеката која су предмет овог рада: *fractional Brownian functions* и *random curds*, значајна су у овом раду, због претпоставке да ће се, коришћењем тих објеката у генерисању ритма, истовремено са преношењем њихових математичких својстава, пренети у арх-урб. композиције и њихова визуелна својства.

И код Манделброа, и касније, код других аутора који су писали о математичким својствима Фракталне геометрије, њихова математичка описивања

некада прате и запажања које се односе на визуелна својства објеката Фракталне геометрије, на њихов изглед, често и са освртањем на изглед облика из природе да би се скренула пажња на њихову сличност, на сличност њиховог изгледа. Та запажања која упућују на визуелна својства Фракталних објеката могу се грубо поделити у две групе: она која само истичу сличност са природним облицима, са природом, у виду одреднице "природан" ("*natural*"), и она који се односе на сам изглед Фракталних објеката, као што су нпр. својства "неправилан" ("*irregular*") или "нераван, храпав" ("*rough*") итд.

Аутор Пентланд (Pentland, 1983) примећује како: "фрактали људима изгледају природно" ("*fractals look **natural** to human beings*") (стр.973), а аутор Соуп (Saure, 1988) предвиђа (пре 25 година) како ускоро, за компјутерски генерисане фракталне пејзаже неупућеним посматрачима неће бити лако да одреде да ли је пејзаж природан, или пак представља само компјутерску симулацију природних (стр.71). Аутор Бовил (1996), слично, упоређујући пројектантски растер који је користио архитекта Ф.Л.Рајт (F.L.Wright) са растером другог пројектанта, закључује како је први "више природан, више фракталан" ("*more natural, more fractal*") те тиме скоро да изједначава значење те две одреднице (стр.169).

Показало се да на својство "природности" ("*naturalness*") које се приписује неким фракталним објектима, утиче, пре свега, присуство компоненте случајности ("*randomness*") у њима. У прилог наведеној тврдњи овде се може још једном истаћи чињеница да се у описивању и моделовању природних феномена пре свега користе фрактални објекти из класе случајних фрактала, *random fractals*, односно, фрактални објекти у чијем је генерисању присутна компонента случајности јер је, природним облицима, као и случајним фракталима, својствена не егзактна непроменљивост (*exact self-similarity*) кроз више размера него – статистичка непроменљивост (*statistical self-similarity*), тако да нпр. "сваки мањи део неке морске обале изгледа слично (али не потпуно исто) као већи део из кога је издвојен" (Voss, 1988, стр.30).

Да би испитали ефекат присуства компоненте "случајности" у генерисању фрактала, група аутора (Peitgen et. al., 2004) је у процес генерисања иначе детерминистичког или егзактног фракталног сета, фракталне криве познате као

Koch curve, унела компоненту случајности (где "шиљак" са неком вероватноћом може бити окренут и на супротну страну, на "доле") претпоставивши да ће тако добити фрактал који ће изгледати више као, по њиховим речима: "*natural shape*" (стр.425). Добијена фрактална крива, наиме *random Koch curve*, имала је исту фракталну димензију као и *exact Koch curve*, око 1.26, али се, по речима аутора, "њен изглед драстично разликује" (стр.425), тако да она, сматрају они, много више личи на, нпр. неку "праву" морску обалу од егзактне *Koch curve*. А према аутору Восу, већину морских обала у Природи карактерише фрактална димензија од око 1.15 до 1.25 (Voss, 1988, стр.30). Слично, аутори Тејлор и Спрот (Taylor & Sprott, 2008) поредећи *exact Koch curve* и *random Koch curve* истичу како егзактни фрактали нису довољно слични са природним облицима и налазе како је код прве потпуно доследно понављање структуре произвело облике какви се ретко могу пронаћи у природи, а да је код друге убацивањем "случајних промена" ("*random variations*"), уз исту вредност фракталне димензије, избегнут такав "*artificial look*" (стр.119).

С друге стране, код више аутора могу се срести слична запажања о визуелним својствима фракталних објеката, која сва упућују на споменуту "неправилност", нпр.: "*wiggleness*" (Voss, 1988, стр.71), "*roughness*" (Pentland, 1983, стр.975), "*jaggedness*" (Pentland, 1983, стр.974), "*richness of the repeating structure*" (Taylor et al., 2005, стр. 57), са истовременим истицањем директне условљености наведених визуелних својстава вредношћу фракталне димензије. У раду је такође већ истакнута и условљеност ових визуелних својстава и осталим математичким својствима или параметрима ових објеката, било да су они мерљиви или описни, при чему су та својства повезана са вредношћу фракталне димензије (нпр. за *fractional Brownian functions*: параметар H , степен корелације сукцесивних прираштаја, степен инертности или истрајности и вредност спектралне густине за различите фреквенције, и за *random curds*: број итерација и вероватноћа "преживљавања"). На пример, аутор Соуп (Saure, 1988) за *fractional Brownian functions* са већом фракталном димензијом налази да осцилирају "много несталније" ("*more erratically*") (стр.84), као и да параметар H указује на "*roughness*" функције (стр.83). Слично, криву са већом фракталном димензијом

група аутора (Gilden et. al., 1993) описују као "храпавију" ("*rougher*"), истичући да она има већу "промену од тачке до тачке" ("*point-to-point fluctuation*") (стр.465)

И ово, и слична, раније у раду наведена, запажања других аутора о томе како математичка својства ових фракталних објеката утичу и на њихов "изглед", односно на нека својства која имају своју јасну визуелну манифестацију, значајна је за овај рад јер непосредно води до претпоставке: да ће се коришћењем ових објеката Фракталне геометрије у уређивању арх-урб. композиције, уз "преузимање" њихових математичких или геометријских својстава, преузети и њихова визуелна својства, што онда отвара могућност да се у арх-урб. композицијама жељени визуелни утисак као: мање или више "нестално", "променљиво", "разуђено", итд., може регулисати избором одговарајућих вредности математичких параметара.

Оно што је овде даље значајно је то да више аутора споменуто визуелна својства подводи под једну уопштенију одредницу, а то је – визуелна комплексност. Тако, група аутора (Taylor et. al., 2005) описује фракталне објекте, (истичући у том смислу разлику у односу на објекте Еуклидове геометрије), као објекте "огромне комплексности" ("*of immense complexity*") (стр. 53). Исти аутори још истичу да је визуелни утисак комплексности повезан са вредношћу фракталне димензије и да се повећавањем вредности фракталне димензије, повећава и комплексност структуре (стр. 57). Таква директна повезаност одвела је неке ауторе до претпоставке да се визуелна комплексност може мерити, а тиме и упоређивати за различите визуелне објекте, преко фракталне димензије. На пример, аутори Митина и Абрахам (Mitina & Abraham, 2003) представљају фракталну димензију као "објективни параметар фракталне комплексности" (стр.1047) а аутори Воган и Оствалд (Vaughan & Ostwald, 2010) мере и упоређују "*visual complexity*" (стр.323) изграђеног и природног окружења, мерећи и упоређујући нумеричке вредности њихових фракталних димензија.

Претпостављена повезаност визуелне комплексности фракталних објеката и њихових математичких својстава (што је предмет наредног поглавља) значајна је у овом раду као један од могућих параметара у избору одговарајућег фракталног објекта за ритам који се детерминише јер визуелна комплексност представља значајан корелат у естетском процењивању визуелних објеката (што показују

истраживања која ће се касније презентovati у овом раду на пољу психологије перцепције и експерименталне естетике спроведена и пре и после појаве Фракталне геометрије).

3.2 Перцепција објеката Фракталне геометрије

Да би се показала повезаност математичких својстава фракталних објеката и његовог изгледа ("*visual appearance*"), овде ће се презентovati резултати експерименталних истраживања из области психологије перцепције о способности разликовања ("*discrimination sensitivity*") и проценама комплексности ("*complexity judgments*") фракталних објеката у односу на нека њихова математичка својства, нпр. у односу на вредност фракталне димензије, где је потврђено да таква повезаност постоји.

Група аутора (Knill, Field, & Kersten, 1990) испитивала је способност разликовања дво-димензионалних визуелних објеката са фракталним својствима, генерисаних уз присуство компоненте случајности и тако да имају различит експонент β . Овај експонент, који указује на промену спектралне густине са променом фреквенције, директно је повезан са вредношћу фракталне димензије следећом релацијом: $D = E + (3 - \beta)/2$ (нпр. Voss, 1988, стр.47), тако да објекти са мањим β имају већу фракталну димензију. Малим променама вредности ових математичких параметара, мења се и изглед визуелних објеката тако што они постају мање или више, према речима аутора "*rougher*" (Knill et.al., 1990, стр.1115). Испитујући способност препознавања промене вредности математичких својстава (текстуре су се разликовале у вредностима фракталне димензије за по 0.2) намера аутора била је да испитају да ли је човеков визуелни систем усклађен са статистичком структуром природних слика или објеката које види око себе, а то су експерименти и показали. Наиме, резултати су потврдили претпоставку да је највећа способност разликовања била за слике са оним вредностима математичких својстава (за ове дво-димензионалне текстуре вредност фракталне димензије од 2.5) које су карактеристичне за највећи број објеката из природе. Друга група аутора (Gilden et.al., 1993) испитивала је способност разликовања једно-димензионалних *fractional Brownian functions* које су се разликовале према

вредностима фракталне димензије за по 0.15 (а експонент β за по 0.3) што се у њиховом изгледу манифестовало тако да криве са већом фракталном димензијом, према речима аутора изгледају "*slightly rougher and have greater point-to-point fluctuation*" (стр.465). Резултати су показали највећу "*discrimination sensitivity*" за вредност β око 2 (а то су криве са фракталном димензијом D око 1.5) а, истичу аутори, компјутерска моделовања појзажа и мерења природних облика управо показују да природне контуре: "*typically have power law exponents near $\beta = 2$* " (стр.463). На пример, фрактална димензија за неке типичне облике из природе: морске обале 1.05-1.52; геотермалне стене 1.25-1.55; биљке и дрвеће 1.28-1.90; таласи 1.3; облаци 1.3-1.33; итд. (Spehar, Clifford, Newell, & Taylor, 2003; Taylor, Spehar, Wise, Clifford, Newell, Hagerhall, Purcell, & Martin, 2005a)

Као још једна потврда манифестације на визуелном пољу математичких својстава фракталних објеката, навешће се и резултати експерименталног истраживања из области психологије перцепције које су спровели аутори Катинг и Гарвин (Cutting & Garvin, 1987). Намера истраживача била је да испитају да ли за фракталне објекте постоји корелација између неких њихових (и управо којих) математичких својстава, и процене њихове комплексности ("*complexity judgments*"). Испитиване су фракталне криве које су се, између осталог, разликовале по вредности фракталне димензије и броју итерација у процесу генерисања. Повезујући вредност фракталне димензије са визуелним својством "*roughness*", а затим својство "*roughness*" са проценама визуелне комплексности, аутори су претпоставили постојање корелације између вредности фракталне димензије, и процене визуелне комплексности за посматране фракталне криве. Резултати експеримента су показали да је број итерација ("*recursion depth*") у највећој мери утицао на процену комплексности, али, код кривих са истим бројем итерација, фрактална димензија је била та која је утицала на процене. А затим, аутори су упоредили ове фракталне варијабле са варијаблама из претходне литературе за које је већ документовано да утичу на процену комплексности, па су установили да су следеће две "старе" варијабле: број страна и однос обима и површине полигона (који су често били предмет оваквих испитивања), у високој корелацији са "новим", фракталним варијаблама: бројем итерација и фракталном димензијом, тим редом. Наведена корелација између "нових", фракталних, и

"старих" варијабли које утичу на процену визуелне комплексности значајна је за овај рад који има намеру, због обухватнијег сагледавања третирања фракталне димензије као објективног параметра визуелне комплексности, и као могућег параметра у избору одговарајућег фракталног објекта за генерисање ритма, да се осврне и на ранија, пре појаве фракталне геометрије, тумачења и испитивања визуелне комплексности и да утврди евентуалне сличности претходних варијабли и фракталних.

И у испитивању перцепције фракталних објеката које су спровели Митина и Абрахам (Mitina & Abraham, 2003), фрактална димензија се појавила као главни корелат у субјективној процени комплексности фрактала, тако да су се они са већом фракталном димензијом опажали као комплекснији.

Наведена истраживања су показала да се нумеричка вредност фракталне димензије, која је математичко својство фрактала, заиста одражава и на изглед фрактала (за конкретно испитиване објекте у виду особине "храпавости"), јер су се визуелно препознавале и такве разлике у вредности фракталне димензије као што је разлика од 0.2 или 0.15; да је способност разликовања и за фракталне криве и за фракталне површи највећа за "средње" вредности, око 1.5 за криве и 2.5 за површи (што аутори објашњавају чињеницом да те вредности одговарају измереној вредности фракталних димензија за највећи број објеката из нашег природног окружења па да је наш визуелни систем усклађен управо са таквим карактеристикама окружења) као и да се фрактални објекти са већом фракталном димензијом заиста процењују као – визуелно комплекснији.

У складу са предметом и циљем овог истраживања, овде се поставља питање: да ли ће се заједно са математичким својствима модела пренети у детерминисани ритам и његова визуелна својства, па да ће, нпр. ритам чија је основа био модел са "*greater point-to-point fluctuation*" (Gilden et.al., 1993, стр.465) имати и сам "већу промену од елемента-до-елемента" неких њихових својстава, па да ће се, као и модел, процењивати као – визуелно комплекснији? Овде ће се само указати на могућу повезаност својстава генерисаног ритма и својства фракталних објеката која могу да утичу на комплексност: број елемената, број различитих елемената, асиметрија, неправилна дистрибуција, случајна дистрибуција, степен варијабилности неких атрибута итд. (која су то тачно својства навешће се у

наредним поглављима) али таква претпоставка о корелације фракталног објекта који је послужио као математички модел ритма и визуелне комплексности тако генерисаног ритма, што се тиче домета овог рада, остаће отворена за евентуална каснија истраживања на пољу визуелне перцепције.

3.3 Естетско процењивање фракталних објеката

У оквиру психологије перцепције, експерименталне психологије и експерименталне естетике вршена су истраживања о естетском процењивању ("*aesthetic judgement*") фракталних објеката која су испитивала да ли постоји корелација између естетских преференци и неког својства фракталних објеката. Појам *фрактални објекат*, као предмет ових истраживања, обухватао је три врсте објеката, сврстаних тако у зависности од начина на који су генерисани (Spehar et al., 2003), и то су: (а) математички генерисани фрактални објекти, углавном уз помоћ компјутера, или краће – *математички фрактали*, који су се појављивали у два вида, једни који подсећају на неке облике из природе, нпр. морске обале или планине, и други који су у основи "апстрактни", (б) објекти из природе, у виду фотографија, за које је већ овде истакнуто се могу описати средствима Фракталне геометрије јер поседују фрактално својство статистичке непроменљивости кроз више размера, познато као *self-similarity* или *self-affinity*, краће – *природни фрактали*, и (в) објекте које је направио човек али "директно" или "спонтано", без помоћи алгоритама или других математичких процедура, као што су нпр. сликарска дела уметника Полока (Pollock), за која се показало да имају фрактална својства (Taylor, Micolich, & Jonas, 1999; Taylor et al., 2005a).

Група аутора (Taylor et. al., 2005) описујући фракталне објекте као "објекте огромне комплексности" (стр.53), претпоставља да је људима таква комплексност "визуелно пријатна" ("*visually appealing*") (стр.53), имајући у виду чињеницу нашег константног визуелног излагања *природним фракталима*, због чега ми можда поседујемо спонтано разумевање и афинитет према таквим облицима. Истраживања која ће се овде навести о естетским процењивањима фракталних објеката (Aks &.Sprott, 1996; Hagerhall, Purcell, & Taylor, 2003; Richards, 2001; Spehar et. al., 2003; Sprott, 1993) ослањају се на слична размишљања, и већина

аутора доноси закључке о релацији између естетских преференци, вредности фракталних димензија посматраних фракталних објеката и преовлађујућих измерених вредности фракталних димензија за објекте из природе.

Сви аутори добили су сличне резултате, без обзира што су предмет испитивања преференци били различити фрактални објекти. Највеће преференце биле су према објектима са ниском и средњом вредношћу фракталне димензије, тј. у интервалу 1.1-1.5. Такве резултате аутори су објаснили на сличан начин, нпр. да "нису изненађујући јер многи природни објекти имају фракталну димензију у том распону вредности" (Spratt, 1993, стр.329), да фрактална својства високо преферираних објеката "одговарају онима из природног окружења" (Aks & Spratt, 1996, стр.6), да су наша и перцепција и прихватање уметности "обликовани светом око нас" (Spehar et.al., 2003, стр.819) као и да је "сензитивност нашег визуелног система усклађена са фракталним својствима природног окружења" и да су такве естетске преференце последица нашег "непрекидног визуелног излагања природним фракталима" (Hagerhall et.al., 2003, стр.253). Истовремено, пошто вредност фракталне димензије, показано је, директно утиче на процене визуелне комплексности, онда се овакви резултати могу протумачити и као преференце према ниском и средњем нивоу визуелне комплексности.

И аутор Вос (Voss, 1988) који, као физичар, пише о фракталној геометрији у математици и физици, и о математичким својствима фрактала, ипак, и сам прави "излете" ка областима визуелног и визуелне перцепције када износи своја запажања и претпоставке:

Облици са фракталном димензијом око 0.2 до 0.3 већом од Еуклидове димензије Е изгледа да су посебно омиљени у природи. [...] Можда, зато, није изненађујуће да је за наш перцептивни систем, који се развијао у таквом свету, посебно пријатна $D - E$ око 0.2 (стр.35)

3.4 Визуелна комплексност: тумачење, мерење и преференце

Одредница *визуелна комплексност* у контексту Фракталне геометрије појављује се у спрези са појмом *фрактална димензија*, тако што се код великог броја аутора фрактална димензија узима као објективни параметар визуелне комплексности, не само фракталних објеката већ и природног и изграђеног окружења (Vaughan, & Ostwald, 2010). Међутим, та одредница, њено значење и њено одређивање или мерење, постојала је као предмет научне запитаности и много пре појаве Фракталне геометрије. Овде ће се презентовати неколико значајних или карактеристичних погледа и аутора који су различито и тумачили и одређивали визуелну комплексност. Ипак, извесна сагласност међу њима може се запазити у резултатима експерименталних испитивања преференци према комплексности: да преференце испитаника нагињу ка средњим нивоима комплексности, а што се подудара и са таквим испитивањима у контексту Фракталне геометрије.

Према математичару Биркофу (Birkhoff, 1933) количина естетског уживања у делима уметности зависи од две варијабле, количине реда ("*order*") и количине комплексности ("*complexity*"). (Однос ове две варијабле, према аутору, представља "естетску меру" уметничког дела или естетски ужитак који дело пружа). За полигоне, за које је испитивао естетске преференце у односу на количину реда и комплексности у њима, аутор је као факторе који повећавају количину реда или уређености навео: вертикалну симетрију, равнотежу, централну симетрију, повезаност са хоризонтално-вертикалним правцима, а комплексност је, по његовом мишљењу, била равна броју страница полигона. Овде се може скренути пажња да споменуто својство "*број страница*" ("*number of sides*"), после више од пола века, аутори Катинг и Гарвин (Cutting & Garvin, 1987) наводе као једну од варијабли које "утичу на процену визуелне комплексности" (стр.365), и упоређују је са – фракталном димензијом. Аутор Биркоф је касније (Birkhoff, 1938), у објашњењу своје теорије о "естетској мери", нагласио да однос реда и комплексности заправо упућује на добро познат однос "јединства-у-разноликости" ("*unity-in-multiplicity*") где је комплексност изједначена са "*multiplicity*", а елементи реда су "они елементи који доприносе јединству дела"

(стр.351). Осим истакнуте везе између "броја страна" (што се, када су у питању полигони може протумачити као "број елемената") и бројем итерација у поступку генерисања фракталног објекта, за овај рад значајно је и то да присуство симетрије, као елемента реда, по Биркофу, повећава уређеност, односно, да њено одсуство, а то ће неизбежно бити случај са елементима архитектонске композиције уређеним уз помоћ случајних фрактала, повећава комплексност. То значи да ће се, због присуства или одсуства симетрије (или парцијалне симетрије) неегзактни ритмови препознавати као комплекснији од егзактних, а већ је раније истакнуто да је аутор Бовил (Bovill,1996) фрактални ритам окарактерисао као - комплексан ритам.

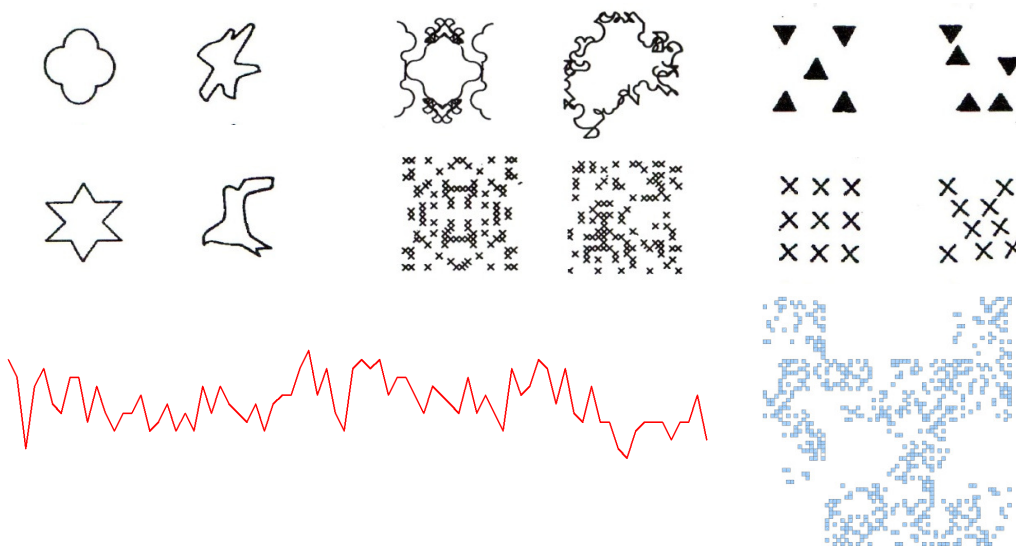
Аутор Ајсенк (Eysenck, 1941) је такође, користећи велики број различитих полигона, испитивао естетске преференце у односу на елементе реда са једне, и комплексности са друге стране. Пронашао је следећу корелацију преференци и геометријских карактеристика: на повољно рангирање полигона највише су утицала својства које је и аутор Биркоф навео као елементе реда: симетрија и равнотежа, а затим и још нека нова својства нпр.: понављање и компактност. Својство *компактности* се може поистоветити са варијаблом P^2/A , која се такође користи у испитивању визуелне комплексности и коју касније аутори Катинг и Гарвин (Cutting & Garvin, 1987) упоређују са – фракталном димензијом, што је већ овде истакнуто у поглављу о перцепцији фракталних објеката. Мериу комплексности према аутору Ајсенку даје "број непаралелних страна полигона" (1941, стр.89). Дакле, по овом аутору, степен комплексности повећава се са повећањем броја елемената који се по неком визуелном својству разликују, што је другачије од претходног дефинисања комплексности полигона, код Биркофа, где се посматра укупан број елемената, без обзира на њихову сличност-различитост.

Овакво дефинисање значења појма комплексности за полигоне може помоћи и у прецизирању значења одреднице комплексности за ритам у арх-урб. композицијама, где би се ритам који настаје правилним понављањем два различита елемента, нпр. А-Б-А-Б..., могао сматрати као мање комплексан од ритма са три, четири или више различитих елемената, све до ритма код спонтано насталих композиција који би по овом критеријуму био најкомплекснији јер може имати, према аутору Хилдебранду таквих "безброј" елемената. Наиме, аутор

Хилдебранд (Hildebrand, 1999) говорећи о обновљеној популарности старих суседстава и о тежњи да се она заштите због своје, по његовим речима "нагомиланости и разноврсности" ("*accretions and variety*") (стр.102) препознаје естетско уживање које она могу да пруже и описује једно такво суседство које се посматрачу представља својим: "наизглед истим елементима и наизглед истим интервалима - врата, прозори, кровни прозори, забати, димњаци - чије безбројне незнатне варијације чине сваку јединицу и различитом од осталих и њима сличном, као што су то и индивидуе од исте врсте" (стр.112). А затим, ако су: понављање и симетрија (што је, углавном, карактеристично за егзактне ритмове) својства која аутори сврставају у елементе реда, онда би се могло закључити да њихово одсуство повећава утицај елемената комплексности, па да је резултат - повећан степен комплексности. Према томе, може се уопштено рећи да су код егзактних, детерминистичких ритмова у арх-урб. композицијама, које одликује правилно понављање било једног, два или групе више различитих елемената, присутни неки од елемената које ова два аутора наводе као елементе реда, нпр. понављање и симетрија, и да су зато они мање комплексни од *случајних* ритмова, код којих се понављање групе елемената и симетрија или супсиметрија, услед компоненте случајности, ретко може успоставити и које, значи, можемо третирати као – комплексне ритмове.

У експерименталном истраживању естетских процењивања визуелних објеката ("*visual patterns*"), које је спровео аутор Берлине (Berlyne, 1963), објекти су процењивани према својствима за која аутор пише да би се у свакодневном језику могли покрити терминима "комплексност" и "неслагање" ("*complexity and incongruity*") (стр.274). Изабрано је више таквих својстава, и у зависности од њиховог одсуства или присуства у визуелним објектима, подељени су сви објекти на две основне класе: као мање неправилни и више неправилни ("*less irregular and more irregular*"), а што се, према напред наведеном, може заменити и са: мање и више комплексни. Изабрана су, дакле, својства, за која је претпостављено да утичу на степен неправилности или комплексности, а која ће се овде навести због њиховог значаја у овом раду за процену фракталног ритма као комплекснијег али и зато што је Манделбро на самом почетку свог есеја окарактерисао објекте фракталне геометрије као "неправилне", па је потребно да се и та одредница, као

недовољно прецизна, ближе одреди. То су: "неправилност распореда", "количина материјала", "хетерогеност или разноврсност елемената", "неподударност" или "неслагање", "неодговарајуће повезивање", "број независних јединица" , "асиметрија", "случајно распоређивање" (*Irregularity of arrangement; Amount of materijal; Heterogenity of elements; Irregularity of shape; Incongruity; Incongruous juxtaposition; Namber of independent units; Asymmetry; Random redistribution*) (стр.274). Присуство неке од ових одлика сврстава визуелни објекат у класу "неправилнији" (*more irregular*), а јасно је да је велики број ових својстава управо карактеристичан и за фракталне објекте који су предмет овог рада а очекује се да ће се та својства пренети и на ритам које се генерише, па ће и њега карактерисати: "неправилан распоред", "хетерогеност или разноврсност елемената", "асиметрија" или "случајно распоређивање", због чега се може проценити као "неправилнији" или "комплекснији" од ритмова за које не важе овакве одреднице. Резултати експеримента показали су значајну тенденцију да се објекти из класе *more irregular* рангирају као интересантнији. Овакав резултат, који је показао да се оно што је неправилније или комплексније, процењује и као – интересантније, може да се поткрепи и раније наведеним запажањима аутора Рајсмусена (Rasmussen, 1959) о *free* ритмовима у арх-урб. композицијама које он управо описује као – интересантне ритмове. Даље, може се претпоставити да би се у естетском процењивању ритмова у арх-урб. композицијама, неегзактни ритмови, било да их је као такве генерисао архитекта или су спонтано настали (кроз "архитектуру-без-архитеката"), кроз препознавање код њих неких од ових својстава, нпр.: неправилности распореда, хетерогености елемената или асиметрије, оценили као - интересантнији од егзактних. На Фиг. 4 приказани су неки карактеристични визуелни објекти (*visual patterns*) које је у експерименту користио Берлине и два објекта Фракталне геометрије која су предмет овог рада. Приказани визуелни објекти, три пута по два пара, представљају следећа својства, с лева у десно: неправилност облика, асиметрију и неправилност распореда, тако да је код свих парова десни цртеж онај који је *more irregular*. Очигледна је сличност фракталних објеката са десним цртежима.



Фиг. 4: Сличност случајних фрактала и цртежа окарактерисаних као "more irregular"

Наведено истраживање обухватило је још једну компоненту естетског искуства за коју аутор Берлине (Berlyne, 1963) тврди да је једно од питања од највећег интереса у разматрању естетског искуства, тзв. "exploratory choice". Аутор је испитивао утицај свих наведених "complexity and incongruity variables" на "exploratory choice" (стр.277), односно, да ли се чешће бирају и у ком трајању посматрају мање или више неправилни визуелни објекти, генерално гледано али и у зависности од трајања иницијалног излагања ("initial exposure"). На основу анализе резултата аутор је дошао до следећег закључка: да избор у неком тренутку према више или мање неправилним, тј. више или мање комплексним визуелним објектима зависи и од дужине претходног излагања или "засићености" једним или другим, али и од намераване дужине будућег излагања, па, објашњава аутор, ако неко треба да изабере објекат који ће бити у обавези да гледа дуже време како "hanging on the living-room wall" (стр.289), могуће је да ће он више нагињати ка томе да избегне мање неправилне објекте као оне који су у истраживању оцењени, не као интересантнији, већ као - пријатнији.

Овде ће се још нека запажања аутора Расмусена (Rasmussen, 1959) повезати са естетским доживљајем у односу на визуелну комплексност, да би се илустровала сложеност проблема естетског процењивања визуелне комплексности у архитектури и условљеност тог доживљаја претходним визуелним излагањима, а што упућује на размишљање о постојању некакве праве мере комплексности у

изграђеној средини, или како је то изразио аутор Бовил (1996): "*mix of order and disorder*" (стр.176), или "*of order and surprise*" (стр. 6). Наиме, аутор Расмусен, после обиласка средњовековног дела Рима за који налази да је: "*as a piece of Nature that has been allowed to grow wild*" (1959, стр.129) и неприкривеног естетског уживања изазваног његовом "разноликошћу", описује благотворност сусрета са ренесансним делом Рима, као, кроз контраст појачан, доживљај сусрета са већом јасноћом ("*greater clarity*"), и уређеношћу коју ствара човек, супростављајући се хаосу: "*Man has brought order out of chaos; the hill has been tamed*" (стр.129). Важно је подвући да аутор овде говори пре свега о искуству, о доживљају "мање или више комплексног" које може постојати у урбаној средини једно уз друго. Чак и ако ће се рад касније ослањати на резултате испитивања естетских преференци који говоре у прилог визуелних стимуланса веће комплексности, не може се негирати овде описано искуство сусрета са ренесансном *Quirinal Street* и *Quirinal Palace*, када се правилни и једноставни облици, пропорције и ритмови (наиме, права линија улице, правилне пропорције прозора и њихов правилан ритам дуж зида) доживљавају, после обиласка средњовековног дела града и перципирања његове разноликости и шароликости, пре као визуелно пријатни него као досадни: "Ово уједначено понављање овде је пре пријатно него досадно" (стр.130). И у другим градовима, закључује аутор, постоје зграде које "*with its great monotony*" дају "нешто са чим можемо да упоредимо друге зграде", дају "*keynote*" (стр.130), основни тон, који би, у супротном, по речима аутора - недостајао.

Аутор Волвил (Wohlwill, 1968) такође испитује естетске преференце и "*exploratory behavoir*" у односу на визуелну комплексност, и налази да је релација између преференци и комплексности: "*inverted U-shaped function*" (стр.311), која прво расте, достиже максимум за средњи ниво комплексности, а са даљим повећањем комплексности опада, док "*amount of exploratory behavoir*", у складу са очекивањима, истиче аутор, линеарно расте са повећавањем комплексности слике, и објашњава: "пошто је у визуелном пољу већа варијабилност елемената а тиме је и више информација које треба обрадити" (стр.307). Наведено ауторово објашњење резултата значајно је јер је у њему имплицитно садржано и његово тумачење одреднице: комплексно. Наиме, аутор је изједначио: већу комплексност

са већом варијабилношћу а ову опет са већом количином информација које треба обрадити. Овде се може направити паралела са сличним тумачењем комплексности аутора Хилдебранда (Hildebrand, 1999) који, разматрајући однос реда и комплексности у архитектури, већу комплексност препознаје тамо (нпр. у старим деловима градова, као што је средњевековни део Рима о коме пише Расмусен) где је већа количина "нагомиланости и разноврсности", што, истиче аутор, даје уму *"more to discover"* (1999, стр.102). А својства "нагомиланост и разноврсност" могу се повезати и са својствима која доприносе већој комплексности код аутора Берлинеа: *"Amount of materijal"*, *"Number of independent units"* и *"Heterogenity of elements"*. Иначе, аутор Хилдебранд (1999), испитујући однос појмова које се срећу и код Биркофа (Birkhoff, 1933) у његовој "естетској мери", наиме, појмова *ред* и *комплексност*. (*"order and complexity"*), тврди да та два појма нису у супротности, већ да су савезници, тачније, "нужни савезници" (*"they are necessarily allies"*), толико да могу бити семантички спојени као "уређена комплексност или комплексни ред" (*"ordered complexity or complex order"*) (Hildebrand, 1999, стр. 99). Према аутору, супротност реду је неред, а комплексности - симплификација или упрошћеност (*"order-disorder"* и *"complexity-simplicity"*). Аутор даље објашњава да је ред без комплексности – монотонија, и да је управо монотонија оно што осећамо гледајући нпр. "беживотно понављање" (*"deadly repetition"*) (стр.102) истих кућа у неком стамбеном насељу и да је зато потребна нека мера комплексности у реду, као отклон од "сувише упрошћеног реда" (*"too-simple order"*) (стр.102). С друге стране, наставља аутор, комплексност без реда је исто тако непријатна као и ред без комплексности, што су, додаје аутор, потврдила испитивања преференци у којима су слике које се тешко организују и интерпретирају због своје велике комплексности, увек ниско рангиране.

Запазити се може и ово, а што опет упућује на сложеност питања оптималног нивоа сложености у изграђеној средини, да се она не може посматрати издвојено од других фактора: ниво сложености који се јавља код правилног понављања идентичних елемената, који можемо узети овде као најнижи ниво сложености, један аутор је описао, у једном контексту, као *"great monotony"* (Rasmussen, 1959,

стр.130), а други, у другом контексту, као "*deadly repetition*" и "*too-simple order*" (Hildebrand, 1999, стр.102).

Оно што овде још може бити важно а везано је за истраживање које је спровео аутор Волвил (Wohlwill, 1968) је: како је одређена мера, односно, измерен степен визуелне комплексности визуелних објеката? Према објашњењу аутора, у одређивању визуелне комплексности, рад се ослонио на концепцију других аутора (Fiske & Maddi, 1961) који су поистоветили комплексност са "количином варијабилности неких визуелних атрибута" (Wohlwill, 1968, стр. 307). Код аутора Волвила за објекте чија се комплексност одређивала, испитиван је степен варијабилности следећих визуелних атрибута: боја, облик, доминантни правци, текстуре, однос "*natural vs artificial*". Ако већа варијабилност елемената значи и већу визуелну комплексност, а исто објашњење комплексности срели смо и код аутора Ајсенка (Eysenck, 1941), онда ће то бити значајно касније у раду када буде речи о одређивању броја различитих вредности визуелног својства елемента чијим се вишеструким понављањем генерише ритам.

Истраживање које је спровела група аутора (Kaplan, Kaplan, & Wendt, 1972) важна је за овај рад јер су аутори утврдили да осим постојања значајне корелације између визуелне комплексности и преференци, на преференце утиче и присуство, на слајдовима, елемената из природног окружења. У каснијим сличним истраживањима присуство природног елемента именовале се као "*naturalness*" – природност, и потврдиће се његова корелација са преференцама (Hagerhall et.al., 2004; Richards, 2001), а то је својство које се препознаје као једно од визуелних својстава случајних фрактала.

III ДЕО

ИЗБОР ФРАКТАЛНОГ ОБЈЕКТА У ПОСТУПКУ ДЕТЕРМИНИСАЊА РИТМА У АРХ-УРБ. КОМПОЗИЦИЈАМА КАО ФРАКТАЛНОГ РИТМА

ГЛАВА 4

СВОЈСТВА РИТМА КОЈИ СЕ ДЕТЕРМИНИШЕ

4.1 Терминолошка разграничења

Елементи, јединице или мотиви архитектонско-урбанистичких композиција који су исти или слични по својим особинама или по свом месту, односно улози у композицији, својим вишеструким јављањем у истом или модификованом облику, изазивају код посматрача доживљај визуелног ритма (Arnheim, 1977; Ching, 2007; Rasmussen, 1959).

У овом раду споменути елементи, јединице или мотиви означиће се као *ентитети* композиције. Ентитет ће се овде дефинисати као: на посматраном нивоу просторне организације или на датој размери посматрања (према Фракталној геометрији), ентитет се препознаје као јасан компонентни део већег ентитета, при чему, на крупнијој размери посматрања или на нижем нивоу организације, посматрани ентитет и сам може бити кохерентна целина мањих ентитета али где је важно да на датом нивоу организације ти мањи ентитети функционишу као целина. Пошто ће се овај рад бавити феноменом визуелног ритма, разматраће се само визуелна својства ентитета, која ће се, за потребе овог рада, сврстати у три групе својстава: димензионална, положајна и дескриптивна визуелна својства. На пример, ако се узме у разматрање фасада неке грађевине као размера посматрања или ниво просторне организације, онда се ту прозор може препознати као посебан ентитет са својим димензионалним, положајним и дескриптивним визуелним својствима. Димензионална својства, осим основних димензија самог ентитета (нпр. његове ширине и висине) обухватила би евентуално и она његова својства која се у потпуности могу изразити као димензионална или нумеричка вредност (нпр. висина хоризонталне пречке) па затим и упоређивати као "веће од" и "мање од". Положајна својства обухватала би

оне величине којима се дефинишу његове просторне релације, било са другим прозорима (удаљеност у хоризонталном и вертикалном правцу од суседних прозора), било са другим елементима композиције (нпр. висина у односу на хоризонталну фасадну профилацију и сл.) а које се, као и претходно наведене, у потпуности могу изразити као нумеричка вредност. Дескриптивна својства обухватила би таква визуелна својства која се не могу у потпуности представити или изразити кроз нумеричку вредност да би се упоређивала, а тичу се специфичности облика (које се често могу препознавати и као карактеристике *стила*) као и материјалности посматраног ентитета, као што је нпр. боја, рефлексивност, провидност, осветљеност, текстура, итд. његових површина.

За потребе овог рада увешће се термин *стање ентитета* којим ће се овде означавати конкретна вредност једног његовог визуелног својства. У вишеструком јављању ентитета (на пример, прозора на фасади), вредности неког посматраног визуелног својства, тј. његова *стања*, се или понављају или мењају (односно, од једног до другог прозора појављују се као *иста* или као *различита*), генеришући тако специфичан визуелни ритам промене вредности његових визуелних својстава или, краће, *ритам промене стања*. Пошто је предмет рада детерминисање ритма у архитектонским композицијама у фази пројектовања, онда ће се термин *вредност визуелног својства* или *стање ентитета* овде односити не на било коју вредност коју теоријски може имати то својство, већ само на унапред одређену, изабрану вредност (као могућу, пожељну и сл.) посматраног својства за дати конкретан случај детерминисања ритма у архитектонско-урбанистичкој композицији. На пример, ако су споменути прозори ентитети чијим се вишеструким јављањем генерише ритам, онда ће се вредности за својства висине или ширине прозорских отвора или висине парапета изабрати (као могуће, препоручене, пожељне и сл.) у зависности од намене унутрашњег простора, спратне висине, типа прозора, оријентације према странама света и осталих релевантних фактора.

И коначно, *фрактални ритам* у архитектонско-урбанистичким композицијама означаваће у овом раду онај ритам промене вредности визуелних својстава ентитета композиције или ритам промене стања, који је детерминисан уз помоћ објеката Фракталне геометрије, а то ће у овом раду бити две врсте објеката из

класе случајних фрактала: *fractional Brownian functions* и *random curds*, у поступку који је предложио и описао аутор Бовил (Bovill, 1996; 2000).

4.2 Претходна испитивања ритма који се детерминише

Ритам у арх-урб. композицији, за који је намера да се детерминише као фрактални ритам, пре уласка у процедуру детерминисања, потребно је да се испита у односу на следећа два својства:

1. да ли посматрани ритам може бити унапред, тј. у фази уређивања арх-урбанистичке композиције, потпуно детерминисан?
2. за посматрани ентитет, чијим ће се вишеструким јављањем генерисати визуелни ритам, који је број његових визуелних својстава која ће се (у вишеструком јављању ентитета) вишеструко јављати на начин различит од понављања?

4.2.1 Могућност потпуног детерминисања ритма у фази уређивања композиције

Да би се ритам могао окарактерисати као ритам који може бити унапред, тј. у фази уређивања арх-урбанистичке композиције, потпуно детерминисан, потребно је да већ у фази уређивања композиције буду у потпуности познате и дефинисане и све (будуће) вредности визуелног својства ентитета и сви генеративни чиниоци, односно чиниоци који ће их одређивати или од којих ће зависити њихова вредност (и њихово трајање, ако је реч о ритму који је *просторно-временски*, што ће се касније у раду објаснити). Такође, потребно је да, осим познатог дејства свих генеративних чинилаца, и сами генеративни чиниоци и њихова евентуална промена кроз време буду унапред познати, тј. да се могу у потпуности предвидети. Ритам који се не може, на описани начин, окарактерисати као потпуно детерминисан, било зато што генеративни чиниоци не могу бити унапред у потпуности предвидљиви и дефинисани (њихово дејство или њихова евентуална промена кроз време или обоје), иако су, на пример, све будуће вредности визуелних својстава унапред познате и дефинисане, било зато што се ни чиниоци ни вредности визуелних својстава не могу унапред предвидети, такав ритам неће бити предмет овог рада. Може се рећи да се претходни опис углавном односи на

ритам који је у овом раду раније описан и означен као *природни ритам*, јер су вредности визуелних својстава код тог ритма, као и њихово трајање, повезани са чиниоцима из природног окружења (сунчева светлост, ветар, температура ваздуха, итд.) а који се не могу предвидети (јер природни системи, видели смо, испољавају "детерминистички хаос", или "непредвидљиви ред"). На пример, промена нагиба код *The Temperature Wing, Munich, Germany, 1980., Coop Himmelb(l)au* (Прилог 1), непосредно је повезана са променама у температури ваздуха где "крило" непосредно преузима ритам промене чиниоца из природног система, или нпр. променљиви однос потопљених - непотопљених платформи на кеју *Port of Vigo, Spain, 2007., 'the garden of tides', Atelier Jean Nouvel* (Прилог 4) који непосредно одражава природни ритам промене нивоа мора. У оба наведена случаја, могуће вредности визуелних својстава ентитета композиције унапред су познате, а познати су и природни чиниоци који ће својим променама мењати визуелна својства ентитета али није унапред познат сам начин или ритам промене природних чинилаца који ће се непосредно преносити на ритам у архитектури. С друге стране, као могући случај ритма када нису унапред познате ни будуће вредности визуелних својстава ни промена генеративних чинилаца кроз време може се навести промена одраза (познатих али и непознатих) чинилаца из окружења на рефлектујућим површинама зграда.

Иако се ритам који се не може унапред детерминисати најчешће јавља као *просторно-временски ритам*, може се јавити и као само *просторни ритам*, ако су у питању, нпр. *незавршене* композиције, тј. такве код којих се будућим корисницима оставља могућност "довршавања" своје јединице, нпр. избор боје свог дела фасаде и сл., што се, јасно је, не може унапред предвидети.

4.2.2 Број визуелних својстава ентитета која се мењају у неком ритму

У вишеструком јављању ентитета композиције, према броју визуелних својстава која се јављају у ритму различитом од понављања, могу се, за потребе овог рада, препознати три могуће ситуације:

а) Не постоји ниједно својство посматраног ентитета које се мења у ритму различитом од понављања, односно, сва својства ентитета се понављају без промене вредности. Овај ритам среће се нпр. код низа стубова или код низа

прозора на фасадном зиду, са идентичним понављањем свих својстава, укључујући и понављање растојања између њих. (на Фиг. 1, горњи низ прозора)

б) Само једно својство посматраног ентитета се мења у ритму различитом од понављања у истом облику. (На Фиг. 1, на средњем и доњем низу прозора, мења се само вредност растојања од суседног прозора а сва остала својства се понављају)

в) Више својстава посматраног ентитета мења се у ритму различитом од понављања.

Ово разграничење значајно је за детерминисање ритма, јер, ако се истовремено мења више својстава неког ентитета у ритму различитом од понављања на идентичан начин, онда се те промене могу одвијати у једном истом ритму (ако је реч, нпр. о вишеструком јављању прозора на фасади где се мењају вредности за два својства: величина прозора као димензионално својство и висина као положајно, онда би већи прозор, могао бити увек истовремено и нижи, итд.) или у више различитих ритмова (Фиг. 5 и 6). На Фиг. 5 (Цветни трг, Ужице, Србија, 2005., пројектант: Д. Петронијевић,) орнамент на зиду, у виду стилизованог цвета, својим димензионалним, положајним и дескриптивним визуелним својствима представља јасно један ентитет на посматраном нивоу просторне организације. У вишеструком јављању овог ентитета, у различитим ритмовима мењају се вредности за три визуелна својства: величина (као димензионално својство), висина и хоризонтално растојање (као положајна својства).



Фиг. 5. Вишеструко јављање ентитета са променом више својстава у различитим ритмовима

Цртеж на Фиг. 6 могао би да представља низ кућа дуж улице код кога се два својства, наиме, висина и ширина куће као ентитета на посматраном нивоу

просторне организације, мењају у истом ритму, на начин да је виша кућа увек истовремено и шира, и обрнуто. Ритам је детерминисан уз помоћ једног фракталног објекта као математичког модела ритма.



Фиг. 6: Вредности два визуелна својства мењају се у истом ритму

4.3 Типологија ритма промене вредности визуелних својстава

Параметри који могу да утичу на избор фракталног објекта појављују се, са једне стране, као својства самог ритма који треба да се детерминише, а са друге стране, као својства посматраних фракталних објеката. Овде се испитује узајамна условљеност параметара из ове две групе јер ће управо од ње зависити процена прихватљивости посматраног фракталног објекта као математичког модела за ритам који се детерминише са полазном претпоставком да за неки посматрани случај детерминисања ритма у арх-урб. композицији постоје фрактални објекти (овде *fractional Brownian functions* или *random curds*) који би се, у односу на параметре који се испитују, могли прихватити као више или мање одговарајући или се уопште не би могли прихватити као потенцијални математички модели ритма који се детерминише.

Рад идентификује и описује својства ритма која могу да утичу на процену прихватљивости посматраног фракталног објекта (овде *fractional Brownian functions* или *random curds*) као математичког модела ритма. У зависности од испитаних својстава (а имајући у виду и својства самих фракталних објеката која се у поступку преносе са модела на ритам) изабраће се или генерисати фрактални објекат такав да се у поступку појави као одговарајући математички модел за ритам који се детерминише. Својства *fractional Brownian functions* у односу на која ће се испитивати њихова прихватљивост као модела у поступку биће овде: вредност тополошке димензије, а која је за *fractional Brownian functions* једнака њиховој Еуклидовој димензији (за једнодимензионалне, дводимензионалне и тродимензионалне *fractional Brownian functions* износи 1,2 и 3, тим редом, при

чему се, математички гледано могу генерисати и функције чија је тополошка димензија већа) и вредност *fractal dimension* (а која је повезана са осталим овде раније описаним математичким својствима: корелацијом сукцесивних прираштаја, инертношћу и спектралном густином), а својства *random curds* у односу на која ће се испитивати њихова прихватљивост као модела у поступку биће: Еуклидова димензија помоћне или конструктивне мреже са бројем поља b^E (где Е за субдужи, супквадрате и супкубусе износи 1,2 и 3, тим редом), затим, број итерација или корака у поступку *curdling* и изабрана вероватноћа за сваки корак поступка.

Својства ритма у архитектонским композицијама која је потребно испитати за сваки конкретан случај детерминисања ритма, и према којима ће се за потребе овог рада извршити типологија могућих случајева ритма, су:

1. који је број просторно-временских одредница или димензија потребан, и довољан, да се специфицира положај, у вишеструком јављању ентитета, сваког појединог ентитета архитектонске композиције;

2. да ли су све изабране вредности визуелног својства у истој мери прихватљиве или пожељне као и да ли су сви могући интервали између изабраних вредности у истој мери прихватљиви или пожељни, односно, постоји ли условљеност визуелних својстава и њихових могућих интервала неким релевантним аспектом арх-урб. композиције, и улогом коју у томе има посматрани ентитет;

3. какав је узајамни однос сличности изабраних вредности визуелног својства посматраног елемената композиције;

4. који је број изабраних вредности визуелног својства.

4.3.1 Типологија према броју просторно-временских одредница или димензија

Број просторно-временских одредница или димензија потребан и довољан да се специфицира положај сваког појединог ентитета арх-урб. композиције може бити: а) једна, б) две, в) три или г) четири просторно-временске одреднице.

Овај број значајан је у овом раду, јер, да би се ритам могао у поступку преносити са фракталног модела на вредност визуелног својства ентитета у односу на његову тачно одређену позицију у простору или у времену, потребно је да се између њих успостави структурално поравнање и релација придруживања 'један-на-један' (о чему ће касније бити речи) а то значи да је потребно да број просторно-временских одредница које у потпуности одређују положај сваког ентитета композиције одговара вредности тополошке димензије фракталног објекта код *fractional Brownian functions*, односно Еуклидовој димензији помоћне мреже са бројем поља у сваком кораку b^E , код *random curds*.

4.3.1.a: Једна просторно-временска одредница

Једна просторно-временска одредница среће се у арх-урб. композицијама као: а) једна просторна (код линијске организације елемената) и као б) једна временска (један ентитет композиције који се мења кроз време). Промена вредности посматраног својства овде се може представити у виду функције $F(x)$ или $F(t)$ (ако је намера да се ритам детерминише уз помоћ *fractional Brownian functions*).

Као илустрација за једну просторну одредницу може се овде навести улични низ кућа, где је кућа ентитет композиције који се вишеструко јавља на посматраном нивоу просторне организације и где се њена својства (висина, ширина, боја фасаде или примењени материјали, облик венца или забата, повученост од регулационе линије улице и сл.), могу мењати, или у истом или у различитим ритмовима (као на Фиг. 6 где се у истом ритму мењају вредности визуелних својстава висине и ширине сваке куће), као и низ прозора на фасади једноспратних грађевина код којих се нека својства (нпр. растојање између прозора, висина парапета, величина прозора итд.) мењају у неком специфичном ритму.

Као илустрација за једну временску одредницу може се овде навести ритам отварања-затварања брисолеја код *Burke Brise Soleil, Quadracci Pavilion, addition to Milwaukee Art Museum, 2001.*, *Santiago Calatrava* (Прилог 2), или промена нагиба "крила" код *The Temperature Wing, Munich, Germany, 1980.*, *Coop Himmelb(l)au* (Прилог 1), где и брисолеји и крило представљају један ентитет на

посматраном нивоу просторне организације, чија се нека визуелна својства мењају кроз време.

4.3.1.б: Две просторно-временске одреднице

Две просторно-временске одреднице срећу се у арх. композицијама као: а) две просторне (код површинске организације ентитета) и као б) једна просторна плус једна временска (код линијске организације ентитета чија се нека својства мењају кроз време). Промена вредности посматраног својства овде се може представити као $F(x,y)$ или као $F(x,t)$ (ако је намера да се ритам детерминише уз помоћ *fractional Brownian functions*).

Као илустрација за две просторне одреднице могу се овде навести прозори на фасадним површинама вишеспратних зграда или поплочавање подних површина (као подна шара у две боје на Фиг. 3).

Као илустрација за једну просторну и једну временску одредницу може се овде навести низ прозора са сунчаним засторима чија се својства отворено-полуотворено-затворено, појединачно (нпр. од стране корисника) мењају кроз време.

4.3.1.в: Три просторно-временске одреднице

Три просторно-временске одреднице срећу се у арх. композицијама као: а) три просторне (нпр. код просторне организације елемената) и као б) две просторне плус једна временска (код површинске организације елемената чија се нека својства мењају кроз време). Промена вредности посматраног својства овде се може представити као $F(x,y,z)$ или као $F(x,y,t)$ (ако је намера да се ритам детерминише уз помоћ *fractional Brownian functions*).

Као илустрација за две просторне одреднице и једну временску може се овде навести *GSW Headquarters, Berlin, Germany, 1990-99., M.Sauerbruch, L.Hutton* (Прилог 9) где је фасадна површина вишеспратних зграда "прекривена" сунчаним засторима у више боја а који се још појединачно отварају и затварају кроз време.

4.3.1.2: Четири просторно-временске одреднице

Четири просторно-временске одреднице срећу се у арх-урб. композицијама као три просторне плус једна временска (нпр. код просторне организације елемената чија се нека својства мењају кроз време). Промена вредности посматраног својства овде се може представити као $F(x,y,z,t)$ (ако је намера да се ритам детерминише уз помоћ *fractional Brownian functions*)

4.3.2 Типологија према условљености вредности визуелних својстава

Условљеност могућих вредности визуелног својства ентитета, или могућих стања ентитета, неким од релевантних аспеката арх-урб. композиције (материјализација, употреба или значење простора, затим економски аспект, еколошки итд.) и улогом коју у томе има посматрани ентитет, представљаће у овом раду такво својство ритма могућих стања ентитета према коме ће се извршити његово разграничење на ритам са условљеним и на ритам са неусловљеним могућим стањима. Такво разграничење значајно је за овај рад јер се код ритма са условљеним стањима нека стања могу појавити као прихватљивија или пожељнија а нека мање пожељна, а код ритма са неусловљеним стањима сва изабрана стања биће једнако пожељна или прихватљива, па ће то својство утицати и на избор фракталног објекта као модела ритма.

С циљем да се утврди да ли су све изабране вредности за посматрано визуелно својство у истој мери одговарајуће или пожељне, потребно је испитати улогу коју посматрани ентитет има у композицији у односу на различите аспекте арх-урб. композиције као просторне целине предвиђене за неку намену (нпр. захтеви, потребе и жеље корисника; социокултурни и економски фактори; прописи и стандарди; историја и традиција; физички и друштвени контекст; итд.) (нпр. Ching, 2007; Миленковић, 1988). У односу на испитане аспекте, све изабране вредности за визуелно својство или изабрана стања појавиће се или се неће појавити као једнако прихватљива или одговарајућа. Наиме, у ситуацијама када се са вредностима које у истој мери задовољавају све испитане захтеве и за које се може рећи да све леже у некој зони толеранције за посматрано својство (што се

може јавити у свим оним ситуацијама када за неко својство не постоји само једна стриктно одређена могућа вредност већ неки интервал подједнако прихватљивих вредности) не може постићи жељена визуелна разноликост или варијабилност ("*diversity*" или "*variability*") јер су интервали између њих недовољно велики, односно приметни, скуп вредности се може проширити додавањем вредности које су ван тог интервала једнаке прихватљивости па су мање прихватљиве или мање пожељне. У таквим ситуацијама, ако су стања условљена неким аспектом, па су нека повољнија у односу на тај аспект (нпр. оптимална висина парапета прозора у односу на мање и веће вредности висине које се ипак прихватају као могућа стања да би се остварила жељена варијабилност у ритму, али су са гледишта функције прозора мање повољне) потребно је већ код избора фракталног модела бирати такав модел у коме се неке вредности чешће јављају од неких других.

Према описаном критеријуму условљености а од које зависи прихватљивост или пожељност стања ентитета или вредности визуелних својстава, што се овде може означити и као њихова равноправност, може се извршити, за потребе овога рада, разграничење вредности свих стања ентитета на: а) условљена или неравноправна, и на б) неусловљена или равноправна стања или вредности за посматрано визуелно својство. Овакво разграничење значајно је јер ће се за два могућа типа на различите начине процењивати прихватљивост фракталног објекта као потенцијално одговарајућег математичког модела за ритам који се детерминише.

4.3.2.a: Условљена или неравноправна стања

Условљена или неравноправна стања су она могућа стања која су условљена релевантним аспектима, па у односу на посматране аспекте постоје више или мање повољна (пожељна) стања. Стања се појављују као условљена када се односе на својство ентитета који има значајну улогу у односу на један или више релевантних аспеката простора, под условом да посматрано визуелно својство утиче на остварење те улоге. Ако се посматра ритам стубова, такво својство било би растојање између стубова или однос висине и попречног пресека стуба али вероватно не и његова боја, или је у питању елемент композиције који има улогу у значењу форме, као носилац или преносилац духовних садржаја, културних

вредности заједнице и сл., нпр. метални брисолеји код *Quadracci Pavilion, addition to Milwaukee Art Museum, 2001.*, *Santiago Calatrava* (Прилог 2) где се стање отворених брисолеја као "раширених крила", може доживети као стање са већим асоцијативним потенцијалом, као лет према језеру, или као примање посетилаца, као отварање и добродошлица, дакле као пожељније, значајније од стања "скупљених крила".

Прозори посматрани као ентитети арх-урб. композиција могу овде да се наведу као добра илустрација за ентитете који могу бити условљени великим бројем различитих аспеката (материјализације, употребе, значења итд.) простора. Условљеност прозора функционалним аспектом на нивоу унутрашњег простора повезана је са наменом тог простора, нпр. да ли је у питању простор дечјег вртића или неки магацински простор, јер мера осветљености унутрашњег прозора природном светлошћу као и визуелна повезаност са спољњим простором, и сл. нема ту исти значај. Затим, нека својства прозора на фасадним зидовима, као што су положај или величина и облик, увек су условљена и конструктивним аспектом, било да је у питању фасадни зид као део носеће конструкције целе грађевине, или су само у питању конструктивни елементи фасаде. А затим, прозори на грађевинама сакралне намене могу имати и наглашену симболичну улогу као отвори за пролаз "божанске светлости" па није свеједно да ли прозор "гледа" ка небу или ка нпр. зиду суседне грађевине која је профаног карактера.

4.3.2.б: Неусловљена или равноправна стања

Неусловљена или равноправна стања јављају се код оних својстава ентитета чија вредност није условљена различитим релевантним аспектима (материјализације, употребе, значења, као и еколошким, економским, итд.) простора, па у односу на посматране аспекте не постоје више или мање повољна (пожељна) стања, нпр. код покривања подне површине плочама или облагања фасаде панелима у две или више боја, где се проблем ритма некада своди само на визуелни аспект компоновања шаре или "*pattern*". Ако се утврди да су стања у истој мери пожељна или прихватљива, што је овде означено као да су равноправна, онда се фрактални објекат као математички модел ритма може бирати само према томе да ли ће његова математичка својства произвести жељена

визуелна својства у детерминисаном ритму, нпр. потребни степен визуелне комплексности или визуелне "diversity" или "variability", па ће ту бити могуће у избору се ослонити на наведене резултате испитивања, на пољу експерименталне естетике, естетских преференци према фракталним објектима у односу на њихова математичка и визуелна својства.

4.3.3 Типологија према условљености интервала

Када се изаберу вредности визуелног својства, без обзира да ли су равноправне или не, потребно је испитати у односу на све релевантне аспекте још и све могуће интервале између изабраних вредности: да ли су и они подједнако прихватљиви или не. И ту се могу разлучити основна два типа: интервали који су подједнако пожељни и прихватљиви и они који то нису. Као и у претходним разматрањима о самим вредностима, и интервали се као равноправни јављају углавном када посматрана визуелна својства не утичу на остварење улоге коју елемент има у композицији, као конструктивни, функционални, као елемент који преноси неке духовне садржаје или културне вредности и др.

За потребе овога рада, извршиће се разграничење могућих интервала на: а) условљене или неравноправне, и на б) неусловљене или равноправне интервале. Овакво разграничење значајно је јер ће се за два могућа типа на различите начине процењивати прихватљивост фракталног објекта као потенцијално одговарајућег математичког модела за ритам који се детерминише.

У оквиру типа ритма са условљеним или неравноправним интервалима потребно је овде извршити још једно разграничење, које може бити значајно у избору одговарајућег фракталног објекта, према корелацији или узајамној условљености суседних интервала, на два подтипа, која ће се овде означити као: ритам са узајамно условљеним и ритам са узајамно неусловљеним суседним интервалима. Ритам са узајамно условљеним суседним интервалима је ритам код кога су могуће само постепене промене стања у вишеструком јављању ентитета у арх-урб. композицијама и где се само стања са најмањим могућим интервалима или најмањом разликом у вредности, могу појавити као суседна стања у композицији, као и понављање могућих стања, односно, код кога су између

суседних ентитета, осим понављања дозвољени или могући само најмањи интервали.

4.3.4 Типологија према узајамној сличности могућих стања ентитета композиције

Узајамна сличност могућих стања или изабраних вредности посматраног визуелног својства ентитета композиције представљаће у овом раду такав узајамни однос могућих стања ентитета код кога се могућа стања, према својим вредностима, могу уредити у градацијски низ унутар неког интервала, са равномерним порастом тј. приближно једнаком разликом између суседних стања, и где границе интервала представљају у највећој мери различите вредности за дати скуп елемената тј. могућих стања (као минимум и максимум вредности). Према таквој дефиницији, у овом раду разликоваће се: а) узајамно слична и б) узајамно неслична стања.

Разграничење на слична и неслична стања значајно је у овом раду јер се вишеструко јављање сличних стања, према аутору Арнхајму (Arnheim, 1974) визуелно може доживети као линијско кретање или, ако је праћено и променама неког својства, као кретање са преображајем једног "истог" елемента: "Сличност облика и постепеност промена [...] наводе гледаоца да види повезан догађај преображавања а не низ независних облика" (стр.366). С друге стране, ритам промене несличних стања доживеће се као постојање и смењивање више различитих елемената, и неће се доживети као кретање са променом једног "истог" елемента јер је, дакле, услов за такав визуелни доживљај особина сличности.

Особина узајамне сличности стања значајна је у овом раду као услов за успостављање релационе сличности са објектима фракталне геометрије јер је намера, да би генерисани ритам био сличан природном ритму, да се прихватљивост фракталног објекта као модела ритма разматра у односу на могућност препознавања аналогije са таквим објектом, посматраним као да је математички модел природног ритма, где ће се преузимање својстава са модела на ритам тумачити као аналошки трансфер релација. У том случају, циљни домен

била би арх-урб. композиција а базни домен било би - њено природно окружење, или уопште - природа.

4.3.4.a: Узајамно слична стања

Ако су могућа стања узајамно слична на напред описани начин, онда се могу третирати као различите вредности неке променљиве, па се на основу тога може препознати релациона сличност са једном *fractional Brownian function* јер она управо представља математички модел промене вредности неке варијабле, у функцији по X позицији, по X-Y позицији, или по X-Y-Z позицији (као линијска, површинска или просторна функција, тим редом), где је опадање или пораст вредности мање или више постепено или скоковито (а што је особина повезана са вредношћу фракталне димензије).

Ако се промена стања код вишеструког јављања неког ентитета композиције, са нпр. линијском или једнодимензионалном организацијом елемената, представи математичким моделом као функцијом на X-Y дијаграму, где би X-оса представљала редни број стања (пошто је у питању низ стања) а Y-оса вредност стања (односно придружена му вредност по месту које заузима у градацијском низу стања) и ако се вредности за свако стање споје, добиће се крива која представља, дакле, математички модел ритма промене стања ентитета тог низа, било да је у питању ширина ентитета, висина, итд., и на тој линији може се успоставити релациона сличност са једнодимензионалним *fractional Brownian functions*, које такође представљају функцију промене вредности неке варијабле за позицију (просторну или временску) 1., позицију 2., позицију 3. итд. односно запис њене промене по X.

Код ритма сличних стања може се, за потребе овог рада, према корелацији или узајамној условљености суседних стања, извршити још једно разграничење на два подтипа, која ће се овде означити као: ритам са узајамно условљеним и ритам са узајамно неусловљеним сличним стањима. Ритам са узајамно условљеним стањима овде ће бити дефинисан као ритам код кога су присутне само постепене промене стања у вишеструком јављању ентитета у арх-урб. композицијама и где се само суседна, у градацијском низу стања, могућа стања могу појавити и као суседна стања, као и понављање могућих стања. За овакво разграничење, код

избора одговарајуће *fractional Brownian functions*, биће значајна вредност фракталне димензије, на већ описани начин, али и сам начин на који су генерисане *fractional Brownian functions* као математички модели ритма.

4.3.4.б: Узајамно неслична стања

Ако могућа стања нису слична на раније описани начин, тј. ако се не могу уредити у елементе једног градацијског низа унутар неког интервала, са равномерним порастом тј. приближно једнаком разликом између суседних стања, где би границе интервала представљале у највећој мери различите вредности за дати скуп елемената тј. могућих стања (као минимум и максимум вредности), онда се не могу третирати као различите вредности неке променљиве на основу чега би се могла успоставити релациона сличност са неком *fractional Brownian function* (која управо представља математички модел промене вредности неке варијабле) и где би свакој вредности функције по Y било придружено једно могуће стање у зависности од његовог места у градацијском низу стања.

Описана могућност или немогућност успостављања релационе сличности са фракталним објектима који су предмет овог рада, у зависности од тога да ли су стања окарактерисана као узајамно слична или неслична, важна је у овом раду пре свега код процене *fractional Brownian function* као одговарајућег модела за ритам који се детерминише, и појавиће се као један од значајних параметара у њеном избору.

4.3.5 Типологија према броју могућих стања ентитета композиције

Број могућих стања ентитета композиције у његовом вишеструком јављању може бити: једно (када се својство понавља са истом вредношћу или на исти начин и такав ритам није предмет овог рада), затим два стања, три, четири и више, или веома велики број стања.

Значај броја могућих стања ентитета у односу на својстава фракталних објеката разликује се за две врсте фракталних објеката које се разматрају у овом раду. Наиме, са једне или више преклопљених *fractional Brownian functions* могуће је преузимати ритам промене за било који број могућих стања: потребно је само

преко изабране криве (или више кривих) нанети онолики број хоризонталних поља колики је и број могућих стања, према предлогу аутора Бовила (Bovill, 1966), а затим вредности криве заокруживати на дате дискретне вредности по Y , и тако је трансформисати у степенасту дијаграм који је њен приближни еквивалент. Међутим, потребно је овде нагласити и следеће: што је број стања већи, то је одступање степенастог од континуалног дијаграма – мање, а ритам промене ће са фракталне криве веродостојније, са мањим одступањима од почетне криве као модела ритма, бити транспонован у архитектуру. Осим тога, показано је, такав ритам са више различитих стања опажаће се као - визуелно комплекснији.

С друге стране, код преузимања ритма са једне или више *random curds* као математичких модела ритма, број могућих стања је ту од непосредног значаја на тај начин да се *random curds* могу прихватити као потенцијални модели ритма само за одређени број могућих стања, тј. за два, четири, осам, шеснаест. итд, могућих стања, односно за број који представља број могућих комбинација од "преживелих" поља свих преклопљених *curds* (за једну *curd* два стања, за две, четири стања, за три преклопљене, осам могућих стања итд.)

ГЛАВА 5

ИЗБОР **FRACTIONAL BROWNIAN FUNCTIONS** КАО МОДЕЛА РИТМА

5.1 Детерминисање ритма у арх-урб. композицијама уз помоћ *fractional Brownian functions* као математичких модела ритма

Fractional Brownian functions, које представљају генерализацију of *ordinary Brownian functions*, су објекти фракталне геометрије из класе *random fractals* који се успешно користе у описивању, мерењу и моделовању великог броја природних феномена: облика и текстура као што су морске обале, планине, биљке, облаци или водене површине, као и различитих природних процеса, од климатских промена или промена у нивоу река и мора, до ритма рада срца код здравих особа или промена у дужини корака за време шетње (Devaney, 1988; Feder, 1988; Fraedrich et al., 2009; Goldberger et al., 2002; Ivanov et al., 1999; Mandelbrot, 1982; Peitgen, 2004; Pentland, 1983; Voss, 1988). Запис промене неке варијабле из

природе у функцији времена или просторне позиције (једнодимензионалне, дводимензионалне или тродимензионалне) може се описати уз помоћ Хурсовог експонента H (нпр. Feder, 1988). Наиме, овај запис, под одређеним условима, представља *fractional Brownian function* чија је фрактална димензија $D = D_T + 1 - H$. Овде D_T представља тополошку димензију о којој говори Манделбро (Mandelbrot 1982, стр.15) као о "интуитивној" ("*intuitive*") димензији. За фракталне објекте важи да је њихова тополошка димензија мања од фракталне димензије: $D > D_T$. Тополошка димензија D_T је за једнодимензионалне, дводимензионалне и тродимензионалне *fractional Brownian functions*: 1,2 и 3, тим редом. Пошто се и ритам у архитектури може објаснити као специфичан начин промене вредности неких својстава елемената архитектонске композиције приликом њиховог вишеструког јављања, аутор Бовил (Bovill, 1996, 2000) предложио је могућност детерминисања ритма у архитектури уз помоћ ових објеката фракталне геометрије. Аутор је *fractional Brownian functions* посматрао као да су математички модели природног ритма и описао је могући поступак преношења тог ритма са модела на ритам у архитектури, чиме би се и у архитектонским композицијама могао остварити ритам који је, а тиме аутор и оправдава предложени концепт, сличан природном ритму. Тако детерминисани ритам аутор је означио као *fractal rhythm*. Појам *природни ритам* о коме говори аутор Бовил (1996) у овом раду односиће се на начин промене вредности природних варијабли посматрано у функцији времена (нпр. температуре или притиска ваздуха) или просторне позиције која може бити једнодимензионална (нпр. код силуете пејзажа према небу), дводимензионална (нпр. код природног терена) или тродимензионална (нпр. код облака).

За *fractional Brownian functions*, које се могу обезбедити или генерисањем уз помоћ одговарајућих компјутерских програма (нпр. Saure, 1988) или директно из природе, записивањем промене вредности неких природних варијабли, или на друге начине које такође наводи (нпр. уз помоћ новчића, коцкице за играње или коришћењем нотног записа као извора фракталне варијабилности), Бовил (1996) описује потребне трансформације, као што је превођење фракталне функције са континуалног на степенести дијаграм да би се добио математички модел са кога се затим може једноставно спровести преузимање ритма промене вредности

варијабле на ритам промене архитектонских елемената. Аутор наводи и неке карактеристичне случајеве из праксе архитектуре у којима би се ритам могао детерминисати на овај начин, као фрактални ритам. Тако, аутор за исти модел фракталног ритма, који је у овом случају преузет са нотног записа једне песме, предлаже да се може користити код уличног низа зграда, за детерминисање ритма промене њихове висине, ширине, предњег или задњег растојања од регулационе линије улице као и за детерминисање ритма промене различитих детаља на фасади. Овде се може скренути пажња на постојање специфичности или разлика између случајева ритма које је навео аутор: да се први овде наведени случајеви односе на ритам промене својстава која се могу означити као димензионална или положајна својства (висина, ширина, удаљеност) и која се могу математички представити као различите вредности једне исте променљиве: димензије или положаја. Међутим, последњи овде наведени случај односи се на својство које се тиче специфичности облика на начин да се седам могућих орнаманата или детаља које је предложио аутор, а који су између себе неки врло слични а неки веома различити, не могу, као у претходном случају, математички представити као различите вредности једне исте променљиве, већ се боље могу описати као присуство више различитих варијабли. Пошто се и саме фракталне функције између себе разликују (нпр. према тополошкој димензији, фракталној димензији итд.) онда се овде може појавити једна дилема: да ли је та уочена разлика између наведених ритмова на неки начин значајна у генерисању или избору функције пре спровођења поступка, као и да ли постоје и нека друга својства ритма због којих би иста функција била за неке случајеве ритма више а за друге мање одговарајући математички модел или чак таква да се уопште не би могла прихватити као потенцијални модел ритма у неком конкретно посматраном случају.

Наводећи из архитектонске праксе могуће случајеве ритма, нпр. ритам промене растојања линија пројектантског растера на плану основе или ритам промене растојања вертикалних пречкица код хоризонталних прозорских трака, аутор истиче да се коришћење *fractional Brownian functions* са различитим математичким својствима, наиме, са различитом вредношћу фракталне димензије, одражава на визуелна својства ритма. Тако ће нпр. визуелна разноликост код ритма детерминисаног уз помоћ објекта са већом фракталном димензијом бити

визуелно уочљивија јер ће имати више скоковитих или наглих него постепених промена, односно, разлике између вредности посматраних својстава код суседних елемената биће, генерално гледано, веће. Аутор препоручује за случај детерминисања растера на плану основе да је боље користити фрактални објекат са мањом фракталном димензијом, уз образложење да ће се тако добити мање разлике у растојањима између суседних линија конструктивног растера те мање разлике у распонима суседних греда, "чиме се могу умањити структурални проблеми" (1996, стр. 166). У наведеном случају аутор, дакле, идентификује и образлаже објективан критеријум на основу кога ће се фрактални објекти са неким математичким својствима оценити као потенцијално повољнији модели за ритам који се детерминише. Међутим, за остале наведене случајеве ритма нису на овај начин истакнуте специфичности које би у виду посебних захтева могле бити значајне у избору или генерисању фракталне функције као одговарајућег модела. Може се евентуално претпоставити да је у тим случајевима процена једног или другог фракталног објекта као повољнијег модела само питање преференција према већој или мањој визуелној разноликости, а која се подудара, видели смо, са већом или мањом визуелном комплексношћу.

Наведена запажања одвела су до питања значајног за овај рад: која су то својства ритма у архитектонским композицијама, а имајући у виду и својства *fractional Brownian functions*, од којих зависи да ли ће нека фрактална функција бити одговарајући математички модел за ритам који се детерминише, па се могу третирати као објективни параметри у њеном избору или генерисању?

5.1.1 Fractional Brownian function као математички модел природног ритма

5.1.1.a: Аналошка релација

У овом раду се поступак који је предложио и описао аутор Бовил (1996, 2000) препознаје као поступак аналошког трансфера из једног домена у други на основу уочене аналогije између њих. Значење термина *домен* преузеће се овде од аутора Гентнер (Gentner, 1983) :

Domains and situations are psychologically viewed as systems of objects, object-attributes and relations between objects. [...] These "objects" may be clear

entites (e.g., "rabbit"), component parts of a larger object (e.g., "rabbit's ear"), or even coherent combinations of smaller units (e.g., "herd of rabbits"); the important point is that they function as wholes at a given level of organization." (стр.156)

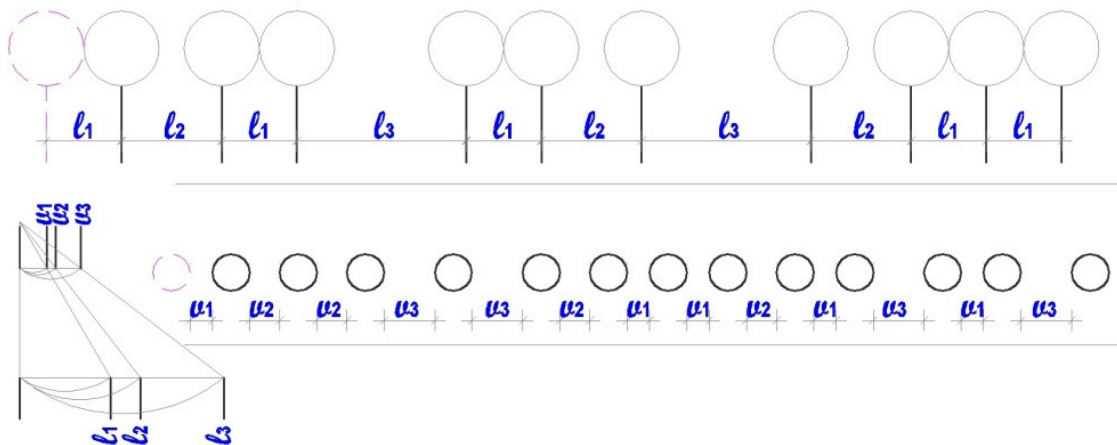
Као базни домен овде ће се узети природа где ће неки посматрани елементи из природног окружења, нпр. шумска стабла одређена својом позицијом у простору, представљати *објекте* у том домену, њихова висина, дебљина или растојање од суседног стабла њихове *атрибуте* док ће *релације* између објеката бити степен њихове сличности или различитости, односно величина и врста интервала за посматрана својства између објеката. Наиме, према аутору Грејвсу (Graves, 1941), основне релације између елемената композиције су: "they may be identical (Repetition), or similar (Harmony), or totally different (Discord). The difference among these three fundamental forms of relationship is one of degree of interval and the kind and number of intervals involved." (стр.16). Исти аутор даље наводи различите врсте интервала: "strong, great, or major intervals, medium intervals, and weak, small, or minor intervals", и истиче значај постојања различитих или неједнаких интервала у композицији: "unequal intervals create interest through variety, whereas equal intervals are monotonous and uninteresting" (стр.36), што можемо упоредити са, претходно у раду истакнутом, релацијом између броја различитих елемената, визуелне комплексности и процене о - визуелној интересантности.

Такође, објекти у природном домену могу бити и природни елементи који се мењају кроз време и који су одређени својом позицијом у времену, где ће се свака позиција у времену посматрати као један објекат, па, на пример, ако се узме река као *објекат* из природног окружења у тренутку t_n , онда се ниво воде може узети као *атрибут* тог објекта а релације између објеката биће онда степен сличности или различитости вредности посматраних својстава за објекте чије су временске позиције суседне, нпр. t_n и t_{n-1} , односно разлика у нивоу воде за тренутке t_n и t_{n-1} . Као циљни домен препознаје се архитектонско-урбанистичка композиција где су *објекти* елементи композиције који се вишеструко јављају или у простору или у времену (ако је реч о елементима који се мењају кроз време) и који су одређени својом позицијом у простору (једнодимензионалном, дводимензионалном или тродимензионалном) или у времену, и где ће њихова својства (димензионална,

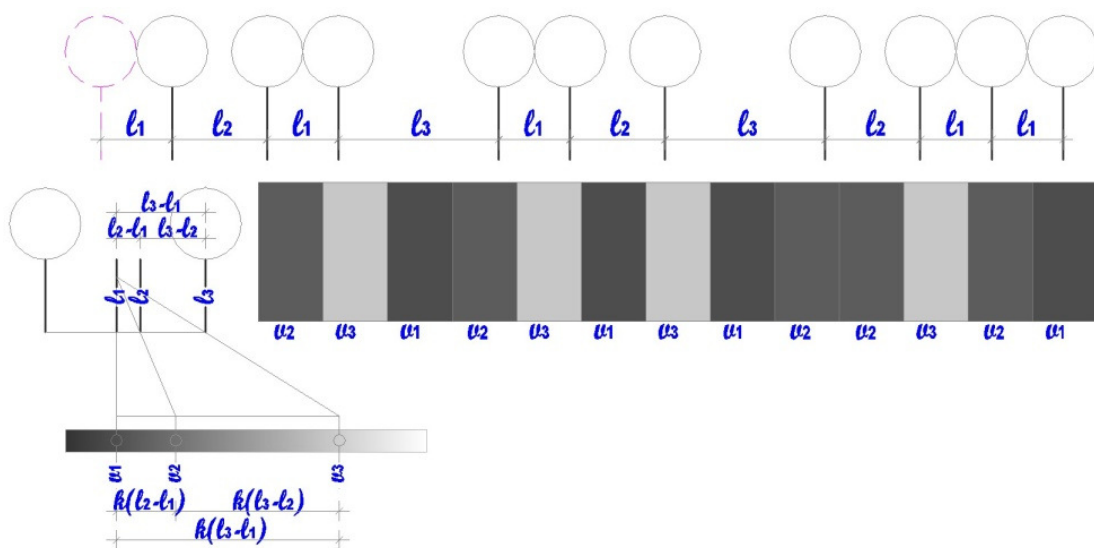
положајна или дескриптивна) бити њихови *атрибути* а *релације* између објеката биће величина и врста интервала између вредности за посматрана својства. Ако су дакле објекти базног домена природни елементи одређени својом позицијом у времену или у простору а објекти циљног домена елементи архитектонске композиције такође одређени својом позицијом у времену или у простору, онда се о аналогiji између ових домена, према аутору Гентнер, може говорити онда када постоји релациона сличност између њихових објеката а при чему није неопходна и сличност између њихових атрибута (Gentner, 1983; Gentner & Markman, 1997; Gentner & Colhoun, 2010). Сличност у атрибутима објеката није услов за успостављање аналогije мада може да постоји. Тако, сличност између шумских стабала и стубова у арх. композицији може се препознати и у релацијама између објеката (нпр. ако се посматра својство растојања од суседних објеката, онда растојања између стабала могу бити слична растојањима између стубова) али и у атрибутима објеката (која је у случају стабала и стубова очигледна). Када је присутна и значајна сличност у атрибутима објеката онда је реч о буквалној сличности: "When a comparison exhibits a high degree of relational similarity with very little attribute similarity, we consider it an analogy. As the amount of attribute similarity increases, the comparison becomes one of literal similarity" (Gentner & Colhoun, 2010, стр.38).

Ако су дакле, релације између објеката у оба домена: величина и врста интервала за посматрана својства, онда се о сличности у релацијама између домена може говорити ако је у оба домена присутан исти број различитих интервала који су исте величине и исте врсте. Таква кореспонденција интервала из различитих домена јавља се онда када вредности за посматрана својства код објеката из једног домена и вредности за посматрана својства код објеката из другог домена такође кореспондирају. Услов за постојање потпуне кореспонденције вредности из два домена могао би се математички изразити на следећи начин: ако се скуп свих вредности за посматрано својство код објеката из једног домена обележи као скуп $L = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$, а скуп свих вредности за посматрано својство код објеката из другог домена као скуп $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, онда ови скупови треба да буду такви да може да се изврши пресликавање један-на-један свих елемената из скупа V на све елементе скупа L тако да сваком

елементу скупа V одговара један и само један елемент из скупа L , уз законитост да за свако v_n важи да је $v_n = k l_n$, где је k коефицијент пропорционалности. На пример, између два домена: дрвореда и низа прозора на фасадном зиду (Фиг. 7) може постојати сличност у релацијама ако се посматра својство растојања од суседног стабла у једном а у другом својство растојања од суседног прозора или својство висине парапета. За наведени случај растојања стабала и растојања прозора присутна је очигледна сличност у посматраним својствима или атрибутима објеката (оба представљају просторне вредности растојања од суседног елемента) а у другом наведеном случају где се врши упоређивање растојања стабала и висине прозорских парапета, та сличност је мање очигледна али постоји јер је и ту реч о положајним својствима која упућују на неке просторне вредности. Међутим, и тамо где не постоји таква сличност посматраних својстава, нпр. ако су једна положајна а друга дескриптивна својства, сличност у релацијама може се остварити кроз узајамну пропорционалност одговарајућих интервала за посматрана својства. На пример, ако је један домен дрворед а други зид сачињен од вертикалних панела, за посматрана својства: растојање од суседног стабала (као положајно својство) у првом а боја или валер фасадног панела (као дескриптивно својство) у другом домену (Фиг. 8) може се препознати постојање сличности у релацијама ако је број присутних различитих вредности за наведена својства код оба домена исти (овде по три различите вредности) које су између себе пропорционалне па производе и пропорционалне интервале.

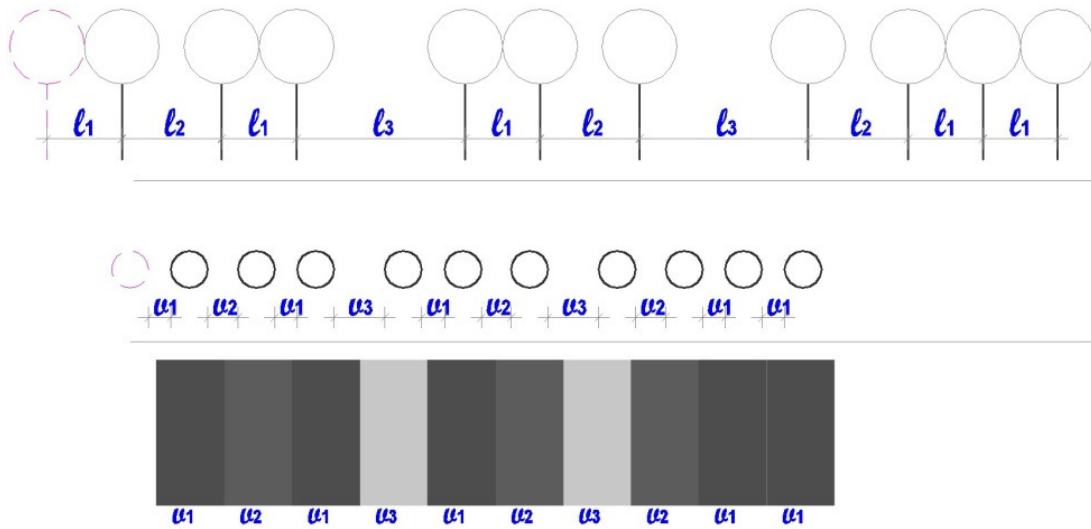


Фиг. 7. Сличност у релацијама између два домена када су посматрана својства слична



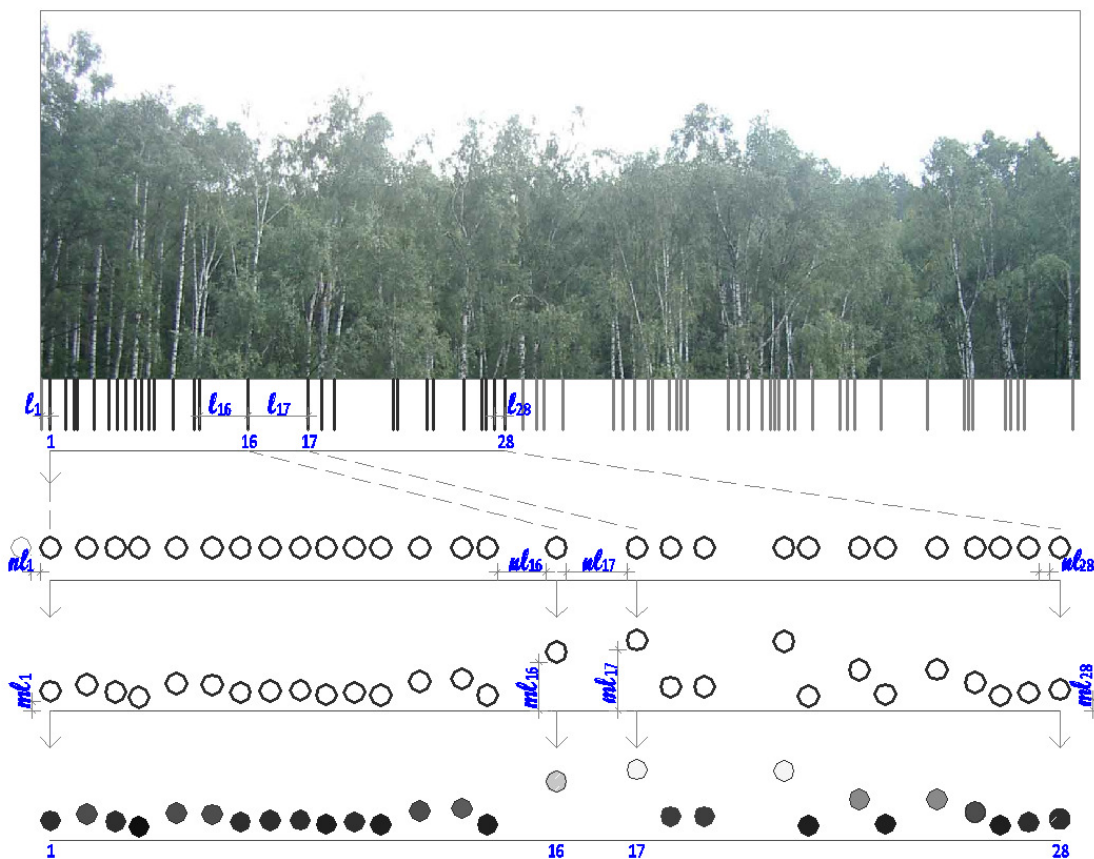
Фиг. 8. Сличност у релацијама између два домена када посматрана својства нису слична

На Фиг. 7 и 8 показано је како између домена природе и домена архитектонске композиције може постојати сличност у релацијама при чему сам начин или редослед појављивања интервала или вредности за посматрана својства, а које су узајамно пропорционалне, није на овим фигурама исти. Али, када би и редослед био исти, када би се у оба домена, за посматрано својство, истим редоследом појављивали узајамно пропорционални интервали онда би се за та два домена могло рећи да имају и исти - ритам. Заправо, могуће би било редослед појављивања интервала код елемената архитектонске композиције преузети са редоследа појављивања интервала код елемената из природе (Фиг. 9).



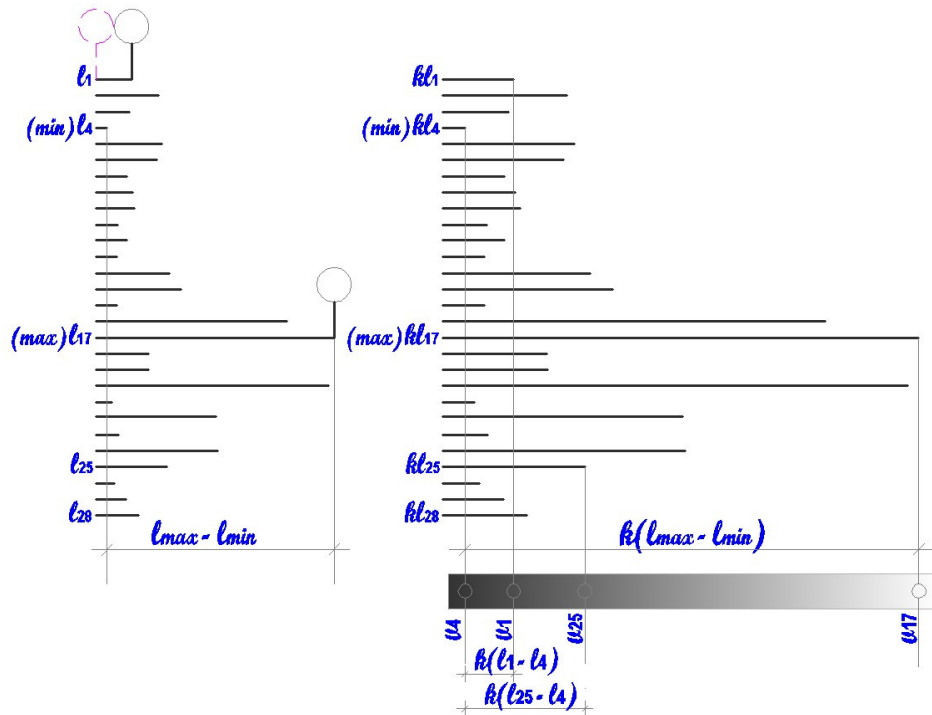
Фиг. 9. Исти ритам тј. редослед појављивања сличних интервала

Начин промене вредности неког својства посматраног елемената из природног окружења у односу на његову временску или просторну позицију, а што би се дакле могло третирали као ритам промене неке прородне варијабле или природни ритам, могао би се пренети на ритам промене више од једног својства код елемената архитектонске композиције. На пример, код низа прозора на фасадном зиду, у истом, из природе узетом, ритму могу се мењати различита визуелна својства: растојање од суседног прозора, висина парапета, боја стакла, итд., где ће све вредности за наведена својства бити пропорционалне вредностима посматраног својства елемента из природе (Фиг. 10,11).



Фиг. 10. Слични ритмови промене код природних елемената и елемената арх. композиције

Да би се остварила пропорционалност и вредности својстава и интервала, вредности својстава елемената архитектонске композиције се према вредностима својстава елемената из природе одређују на следећи начин (Фиг.11): прво се одреде минималне и максималне вредности за посматрана својства код оба домена (у природном измерене а у архитектонском могуће или пожељне) а то су две вредности између којих је највећи интервал тако да се све остале вредности налазе унутар тог граничног интервала. Када се препозна највећи интервал вредности за својства елемената из природе и одреди највећи интервал, односно минимална и максимална вредност за својства елемената из архитектонске композиције онда ће се све остале вредности одредити као пропорционалне одговарајућим вредностима за елементе из природе где ће коефицијент пропорционалности бити однос максималних интервала из два домена. На тај начин биће унапред обезбеђена сличност у релацијама између два домена.



Фиг. 11. Узајамно пропорционалне вредности својстава елемената из природе и арх.композиције

Да би се затим спровело преузимање или трансфер ритма вредности и интервала који се овде тумачи као трансфер базиран на аналогији или аналошки трансфер, потребан је, осим већ истакнутог услова (да између домена, за посматрана својства постоји сличност у релацијама), још један услов: да се између два домена, према *structure-mapping* теорији аутора Гентнер (Gentner, 1983; Gentner & Markman, 1997; Gentner & Colhoun, 2010) оствари структурално поравнање. Према објашњењу аутора:

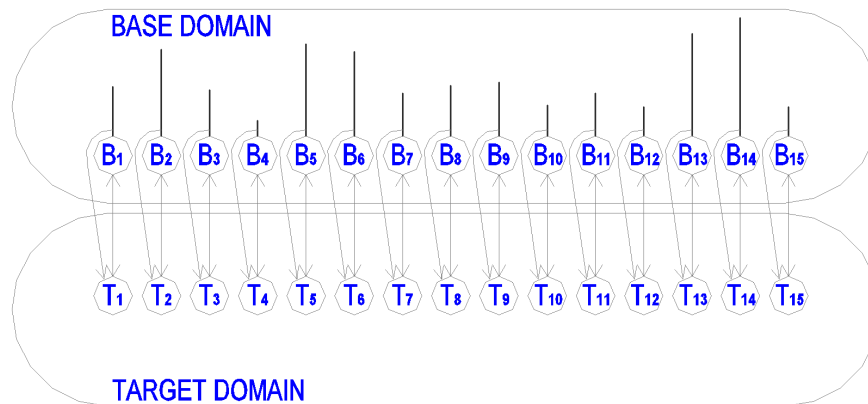
[T]he alignment must be *structurally consistent*: In other words, it must observe parallel connectivity and one-to-one correspondence. *Parallel connectivity* requires that matching relations must have matching arguments, and *one-to-one correspondence* limits any element in one representation to at most one matching element in the other representation (Gentner & Markman, 1997, стр. 47).

Да би се остварило структурално поравнање на описани начин, потребно је:

- да репрезентационалне структуре оба домена представљају уређене скупоове елемената у којима сваки елемент има своју тачно одређену позицију и где свакој позицији одговара тачно један елемент;

- да су њихове репрезентационалне структуре сличне на тај начин да је у оба скупа позиција сваког елемента одређена истим бројем димензија или координата.

Репрезентационалну структуру циљног домена чиниће само објекти са својом тачно одређеном позицијом у структури а без атрибута објеката, док ће репрезентационалну структуру базног домена чинити објекти са својом тачно одређеном позицијом у структури као и они атрибути објеката који се намеравају пренети на елементе циљног домена. Атрибути објеката у репрезентационалној структури базног домена биће приказани само апстрактно, нумерички или графички кроз меру удаљења од неке референтне вредности, која је најчешће крајња вредност за посматрано својство (нпр. нулта вредност за просторне вредности и сл.) (Фиг. 12). Према *structure-mapping* теорији, на бази структуралног поравнања извршиће се аналошко повезивање које је симетрично и повезује објекте на истој позицији. И на крају, извршиће се трансфер пропозиција, у овом случају атрибута који су присутни у репрезентационој структури базног аналога а нису још присутни у репрезентационој структури циљног аналога. Трансфер је значи дирекционалан и тече са елемената базног аналога на елементе циљног аналога.



Фиг. 12. Почетно симетрично поравнање праћено је затим дирекционални трансфером

5.1.1.б: Апстрактна релациона структура

Ако би се из репрезентационалне структуре базног домена издвојила релациона структура, тј. издвојиле само вредности посматраног својства елемената и представиле у виду функције у односу на позицију елемента, временску или просторну (једнодимензионалну, дводименионалну,

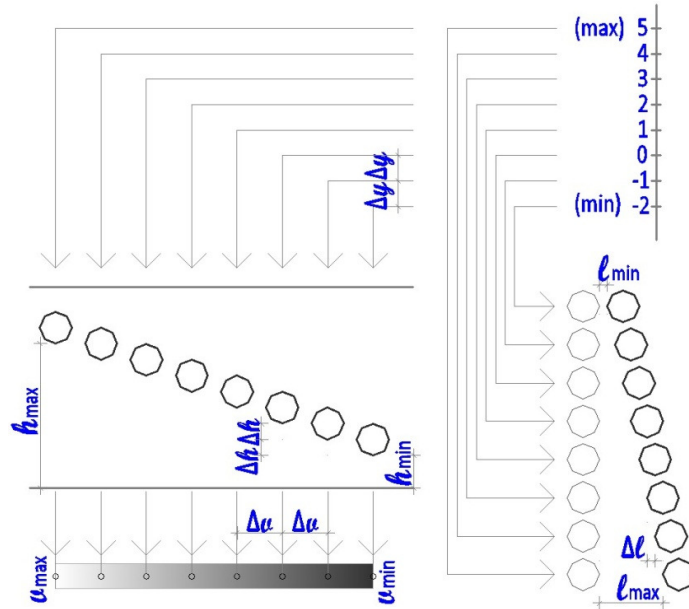
тродимензионалну) као $F(t)$, $F(x)$, $F(x,y)$, $F(x,t)$, $F(x,y,z)$, $F(x,y,t)$, $F(x,y,z,t)$, онда би добијена апстрактна релациона структура представљала, према Гентнер (Gentner, 1983), *schema abstraction*, а аналогија би прешла у општији облик, наиме, у апстракцију:

An *abstraction* is a comparison in which the base domain is an abstract relational structure (стр.159).

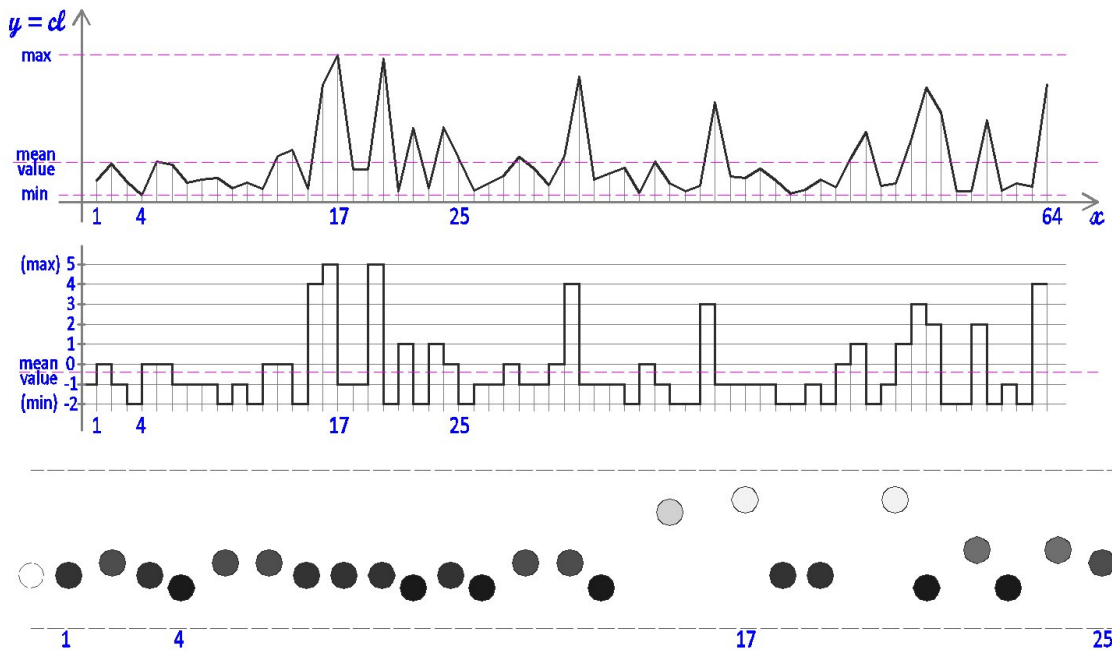
If the base representation includes concrete objects whose individual attributes must be left behind in the mapping, the comparison is an analogy. As the object nodes of the base domain becomes more abstract and variable-like, the comparison is seen as an abstraction (стр.161).

Са ове апстрактне релационе структуре која је математички модел промене вредности природног елемента или математички модел *природног ритма*, и која, према раније наведеним истраживањима, припада класи *fractional Brownian functions*, може се затим вршити преузимање промене вредности за било које својство елемената архитектонске композиције, на већ описани начин, уз услов да су изабране вредности за елементе арх-урб. композиције исто континуалне вредности, унутар изабраног интервала за максималну и минималну вредност. Међутим, у случају ако би те вредности требало да буду дискретне вредности, у модуларним корацима, и дакле бројиве унутар изабраног интервала, онда би се, према предлогу аутора Бовила (Bovill, 1996), континуална функција трансформисала у степенасту са оноликим бројем вредности колики је број изабраних вредности за својства архитектонског елемента (Фиг. 13, 14). Континуална функција овде је преведена у степенасту на следећи начин: интервал између минимума и максимума функције издели се на потребан број дискретних вредности. За нулту вредност степенасте функције узима се дискретна вредност најближа аритметичкој средини свих вредности па ће се вредности мање од ње третирали као негативне а веће као позитивне. Свака континуална вредност затим се заокружује на најближу дискретну. Јасно је да што је већи број дискретних вредности, одступање степенастог од континуалног дијаграма је мање и степенаста функција приближнија је почетној континуалној. Свакој дискретној вредности функције одговарала би тада по једна одабрана вредност својства

архитектонског елемента, али не било која већ само она која заузима исту позицију у низу вредности, од минималне до максималне.



Фиг. 13. Свакој дискретној вредности функције придружи се по једно могуће стање ентитета



Фиг. 14. Ритам промене стања ентитета пренесен са апстрактне релационе структуре

У ситуацијама када је неизводиво или отежано директно из природног окружења преузети податке о начину промене вредности неких природних варијабли, ритам се у архитектонским композицијама, ако је намера да буде сличан природном ритму, према предлогу аутора Бовила (1996,2000), може детерминисати и уз помоћ *fractional Brownian functions* које су генерисане на друге начине, нпр. уз помоћ одговарајућих компјутерских програма, јер су то функције, из раније наведених извора, које успешно симулирају природне феномене.

У таквим ситуацијама фрактална функција појавила би се као апстрактна релациона структура или *schema abstraction* (Gentner, 1983) са које би се вредности функције преносиле на вредности визуелног својства, под условом, раније објашњеним, да се између уређеног скупа вредности функције (било да су континуалне или преведене у степенасте) и уређеног скупа одабраних вредности за визуелно својство може успоставити пресликавање један-на-један, тако да су одговарајуће вредности између себе пропорционалне, са истим коефицијентом пропорционалности.

5.2 Прихватљивост *fractional Brownian function* у односу својства која се у поступку детерминисања преносе са модела на ритам

Оно што је овде сада важно је да *fractional Brownian functions* могу значајно између себе да се разликују према неким математичким својствима, при чему се те разлике одражавају и на њихов изглед и као такве се и опажају (нпр. Knill et al.,1990; Gilden et al., 1993). На пример, функције се могу разликовати према корелацији прираштаја (који могу бити *independent*, *correlated* или *anticorrelated*), а које утичу на њихова својства истрајности (па могу бити *without persistence*, *persistent* или *antipersistent*) или према вредности спектралне густине за различите фреквенције (па постоје функције којима брже или спорије опада спектрална густина са повећањем фреквенције као и оне којима спектрална густина скоро уопште не опада са повећањем фреквенције па су у приближно једнаким количинама присутне све фреквенције) итд. (нпр. Feder 1989; Mandelbrot, 1982; Saure, 1988; Voss, 1988). Наведена својства указују на оно што нас овде

интересује а то је однос између суседних вредности функције: ако је функција расла, да ли је већа вероватноћа да ће наставити да расте или да опада или је вероватноћа једнака, или, у којој мери су у неком интервалу позиција заступљене мање а у којој мери веће промене или ниже и више фреквенције итд. јер ће се тај однос аналошким трансфером преносити на однос визуелних својстава суседних елемената код ритма који се детерминише, у виду, у мањој или већој мери, несталног (*erratical*) понашања или мањих или већих интервала између визуелних својстава.

Наведена математичка својства могу се изразити преко мерљивих параметара: фракталне димензије D и параметра H , који су повезани релацијом $D = D_T + 1 - H$ (где је D_T тополошка димензија и за ове функције једнака је Еуклидовој па се ова релација може записати и као $D = E + 1 - H$) (Voss, 1988, стр. 47)

Овде ће се однос фракталне димензије *fractional Brownian functions* и наведених својстава за која је претпостављено да ће се пренети са модела на ритам, испитати за четири *fractional Brownian functions* или *fractional Brownian curves* генерисане за потребе овог рада, са различитим степеном корелације прираштаја. Три функције су генерисане уз помоћ коцкица за играње, начином који наводи аутор Бовил, за добијање тзв. "*Brown noise*", "*If noise*" и "*White noise*" (Bovill, 1996, стр.104, преузето од M.Gardner, *Mathematical Games, Scientific American*, April 1978). Четврта крива преузеће се директно из природе, мерењем промене посматране варијабле из природног окружења. Резултати бацања коцкица (за сваку функцију по 80 бацања), односно, резултати мерења природне варијабле, записивани су на X-Y дијаграму а затим су вредности спојене. Фрактална димензија тако дибијених кривих израчуната је преко максималне промене (*the average maximum fluctuation*), методом коју је предложио H.E.Hurst, а која је позната као *rescaled range analysis* (нпр. Feder, 1988; Bovill, 1996).

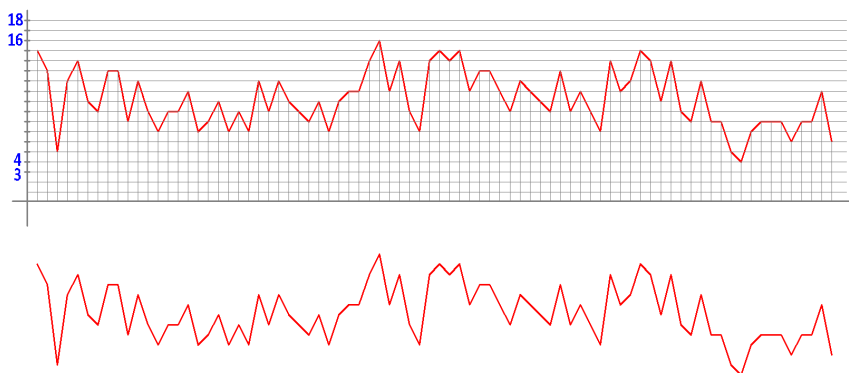
Осим истакнуте релације фракталне димензије и својстава истрајности и корелације прираштаја, овде ће се истаћи још нека својства *fractional Brownian functions* која могу бити значајна у овом раду, а то је Гаусова расподела вредности функције карактеристична за ове криве. Наиме, због придруживања један-на-један вредности варијабле и вредности визуелних својстава ентитета композиције у поступку аналошког трансфера вредности, за генерисане криве, значајна су

следећа питања: да ли су све могуће вредности функције у подједнакој или приближно једнакој мери заступљена или су неке вредности "чешће" од неких других? Да ли се вредности "гомилају", групишу око неке вредности са само повременом појавом од те вредности удаљених вредности, која дакле представљају изузетке? Да ли то зависи од фракталне димензије? Да ли се, затим, просечна вредност варијабле (која представља аритметичку средину свих посматраних вредности) подударе са средином опсега између стварне минималне и максималне вредности?

5.2.1 Прихватљивост у односу на фракталну димензију функције

5.2.1.a Фракталне криве познате као "1/f noise"

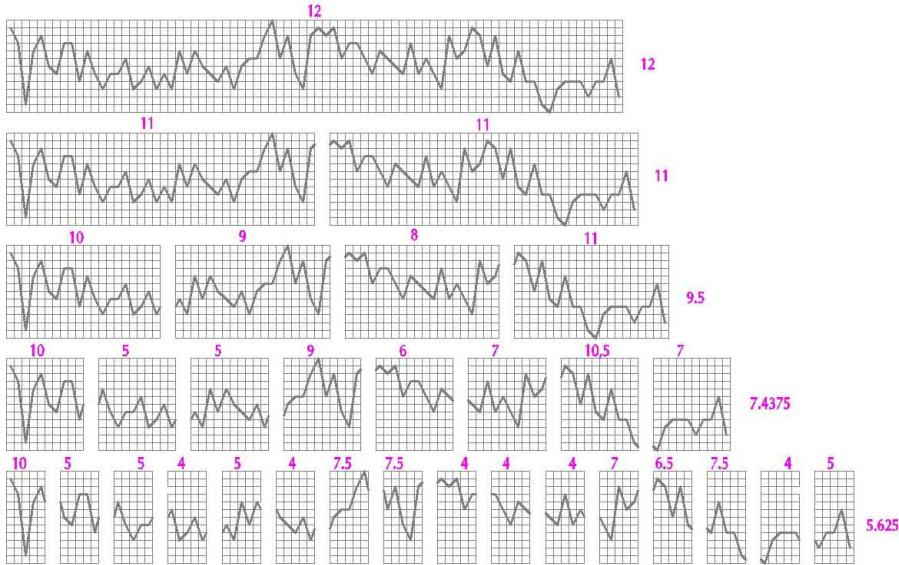
Фракталне криве познате као "1/f noise" генерисаће се овде уз помоћ три обичне коцкице за играње. После почетног бацања све три коцкице и наношења збира три добијена броја на X-Y дијаграм, редослед даљих бацања коцкица је следећи: прво се баца само трећа, па друга, па друга и трећа, затим само прва, па прва и трећа и поново све три. Резултати се увек сабирају и наносе редом на дијаграм. Поступак се затим понавља (Фиг. 15). Вредност фракталне димензије D тако добијене криве добијена је методом *rescaled range analysis*, одређивањем експонента H, преко релације $D = 2 - H$ (Фиг. 16,17)



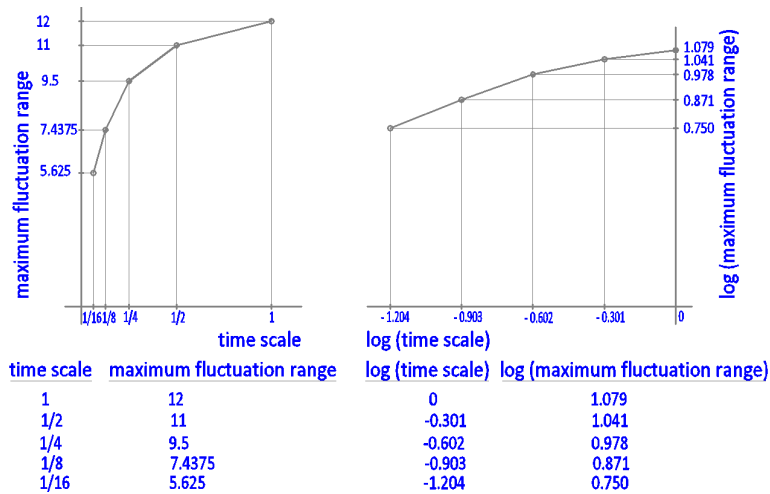
Фиг.15: Резултати бацања три коцкице (80 пута), за "1/f noise", према М.Гарднер

Вредности просечне максималне промене или флукуације за целу криву, половине, четвртине, осмине и шеснаестине нанесу се на X-Y дијаграм, а затим и логаритми добијених вредности, да би се одредила линеарна регресија криве, која

представља приближну вредност траженог експонента H (*Hurst exponent*) (Фиг. 17) Пад криве, која се за четвртине, осмине и шеснаестине приближава правој линији је: $\Delta Y/\Delta X$, и тај однос представља тражено H .



Фиг.16: Просечна макс. флукуација за целу криву, половине, четвртине, осмине и шеснаестине

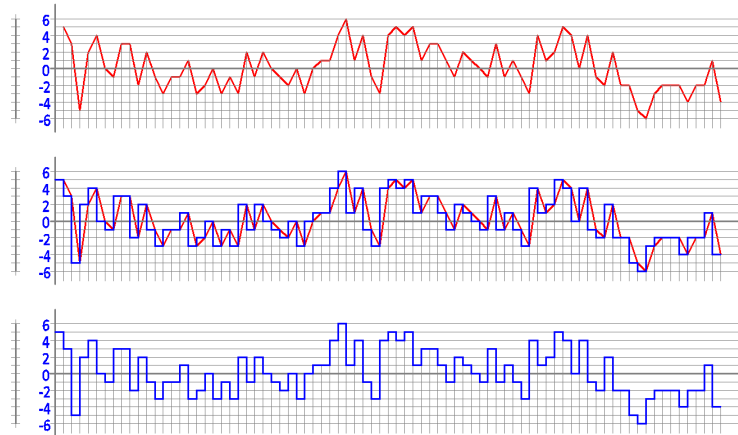


Фиг.17: Вредности просечне максималне флукуације и логаритми вредности на X-Y дијаграму

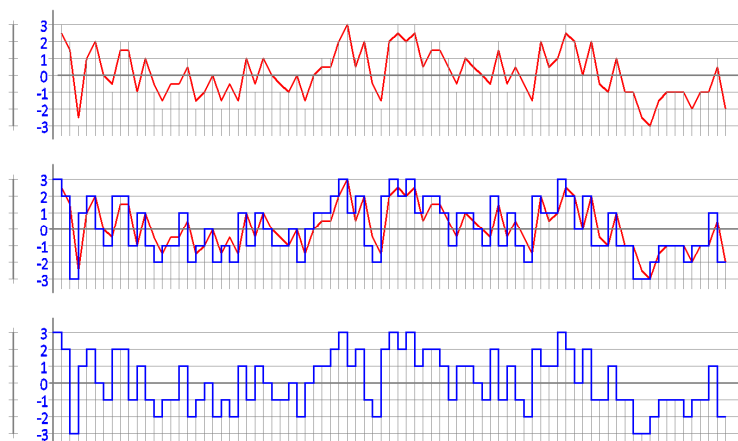
$$H = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{0.978 - 0.750}{-0.602 - (-1.204)} = \frac{0.228}{0.602} = 0.379$$

$$D = 2 - 0.379 = 1.621$$

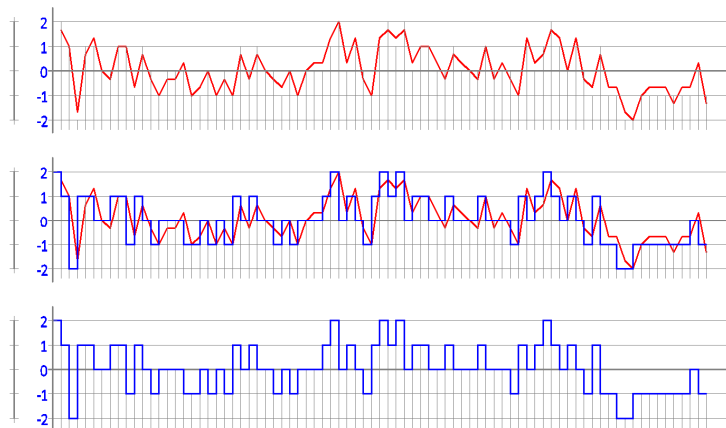
Према предлогу аутора Бовила, за потребе поступка детерминисања ритма, ако ће вредности визуелног својства били дискретне или модуларне вредности, потребно је да се фрактална крива трансформише у степенасту дијаграм, са жељеним бројем могућих стања. Вредности функције су се за свако X заокруживале на најближу дискретну вредност Y , или, ако је тачно између две вредности, на ону која је већа по апсолутној вредности. Овде је важно следеће: што је већи број могућих стања, степенаста дијаграм биће приближнији почетној кривој (Фиг. 18, 19, 20, 21), а генерисан ритам са већим бројем различитих вредности одликоваће се већом варијабилношћу и процењиваће се као визуелно комплекснији.



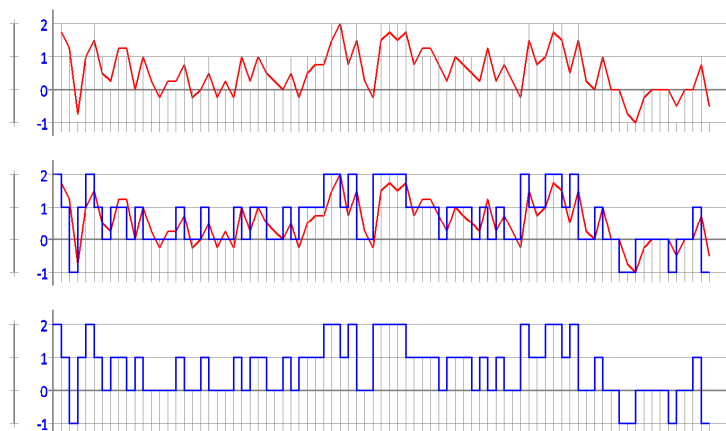
Фиг. 18: Функција трансформисана у степенасту дијаграм за потребних 13 дискретних вредности



Фиг. 19: Функција трансформисана у степенасту дијаграм за потребних 7 дискретних вредности



Фиг. 20: Функција трансформисана у степенсти дијаграм за потребних 5 дискретних вредности



Фиг. 21: Функција трансформисана у степенсти дијаграм за потребне 4 дискретне вредности

Учесталост или заступљеност вредности за фракталну криву чија фрактална димензија износи приближно 1,621, за 80 покушаја (бацања коцкица) је приказан на Таб. 1. Теоријски могући исходи или вредности функције, којих има 16, нису у подједнакој мери били заступљени па су неки исходи били учесталији а неки се уопште нису ни догодили.

Таб. 1: Учесталост вредности за криву чија фрактална димензија износи приближно 1,621

3 се догодило	0 пута	9 се догодило	13 пута	15 се догодило	4 пута
4 се догодило	1 пут	10	7	16	1
5	2	11	10	17	0
6	2	12	7	18	0
7	8	13	6		
8	11	14	8		

Види се да су "средње" вредности учесталије од оних "екстремних" и да су се, нпр. стварни минимум и стварни максимум јавили само по један пут, а да се неко од "средњих" стања јавило чак 13 пута.

Аритметичка средина, односно просечна вредност или просек за свих 80 покушаја износи:

$$\frac{15 + 13 + 5 + \dots + 6}{80} = 10.25$$

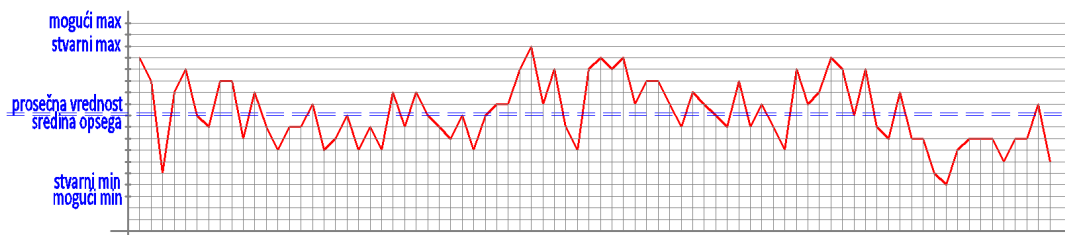
Стварна средина опсега, између стварне минималне и максималне вредности је:

$$\frac{4 + 16}{2} = 10.00$$

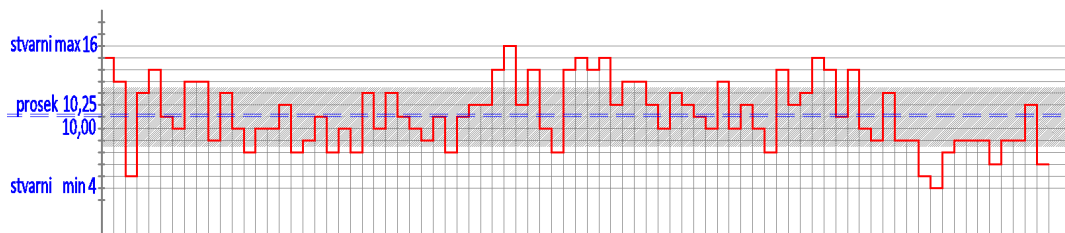
Теоријска средина опсега, између теоријски минималне и максималне вредности је:

$$\frac{3 + 18}{2} = 10.50$$

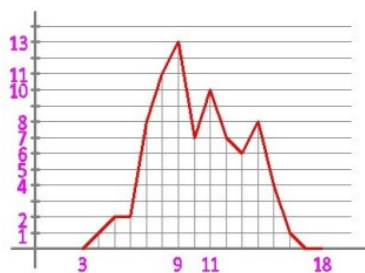
Овде су, дакле, те вредности приближно једнаке, па се код избора вредности за нулту или почетну вредност за степенасти дијаграм, није јавила дилема, која би се иначе јавила да се те вредности значајније разликују (Фиг.22). Може се претпоставити да би се за веома велики број покушаја, тј. бацања коцкица те вредности изједначиле. На Фиг. 23 шрафуром је наглашена зона "средњих" пет стања која, представља 38,46% од свих стварних 13 стања а унутар које се "нагомилало" 48 од 80 резултата, што представља 60% од укупног броја исхода (Фиг.23). На Фиг. 24 представљена је крива учесталости за различите исходе, која се по облику јасно приближава очекиваној Гаусовој (Фиг.24).



Фиг.22: Просечна вредност и средина опсега су приближно једнаке



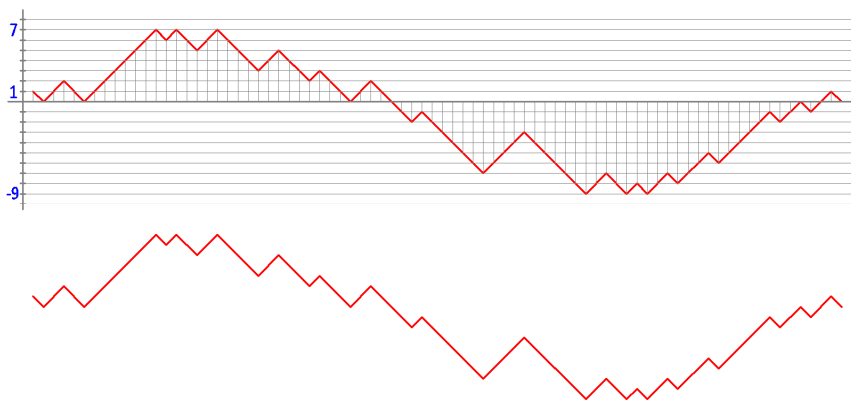
Фиг.23: Шрафирана је зона "средњих" пет стања чија је учесталост 60% од укупног броја исхода.



Фиг.24: Крива расподеле вредности за 80 покушаја која се по облику приближава Гаусовој кривој.

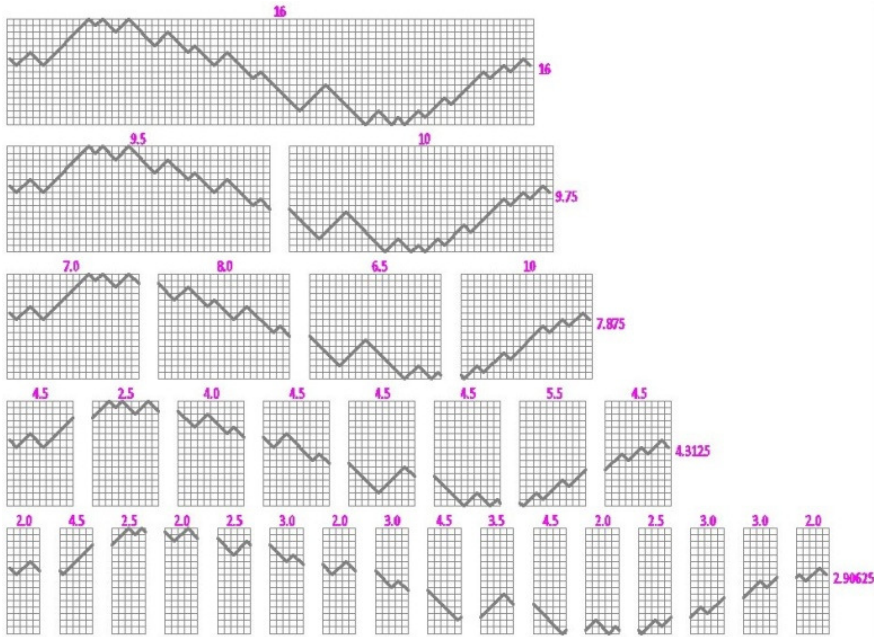
5.2.1.6 Фрактална крива позната као "Brown noise"

Крива ће се генерисати уз помоћ једне коцкице тако што се резултат првог бацања коцкице запише се на X-Y дијаграм, а затим се за свако следеће бацање додаје јединична вредност ако се добије паран број а одузима ако је добијени број непаран. (Фиг. 25)

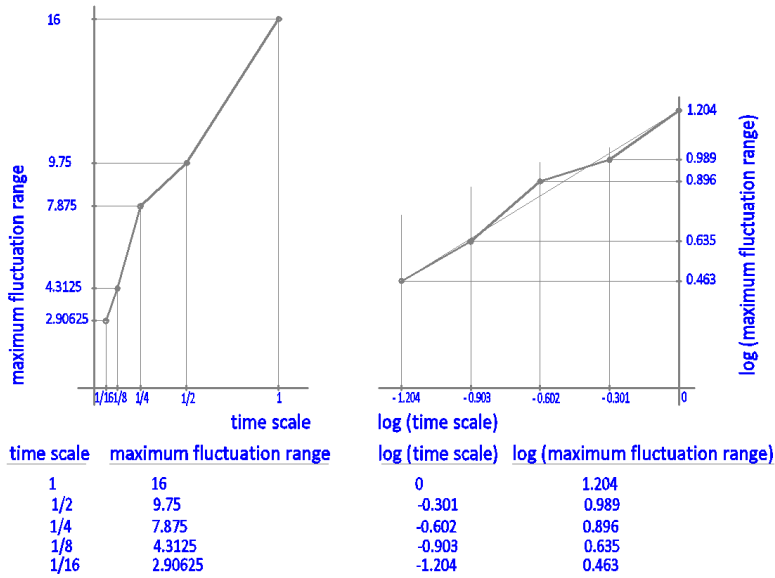


Фиг.25: Резултати бацања једне коцкице (80 пута), за "Brown noise", према М.Гарднер

Вредност фракталне димензије D тако добијене криве добијена је методом *rescaled range analysis*, одређивањем експонента H , преко релације $D = 2 - H$ (Фиг. 26,27)



Фиг.26: Просечна макс. флукуација за целу криву, половине, четвртине, осмине и шеснаестине

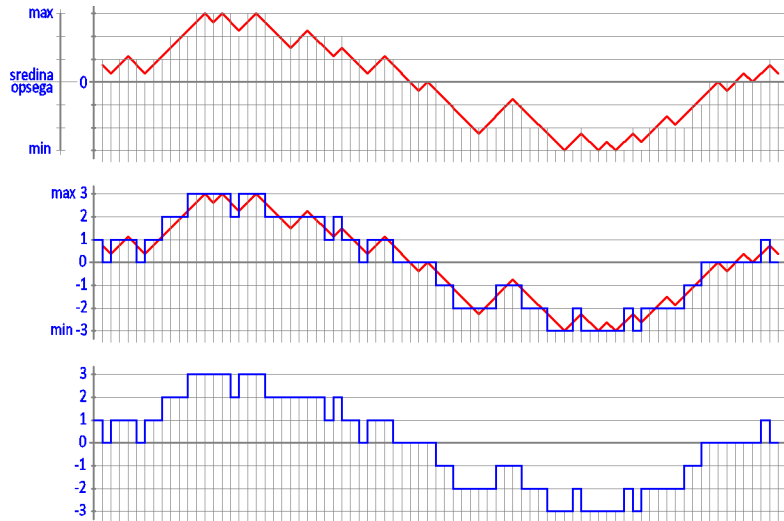


Фиг.27: Вредности просечне максималне флукуације и логаритми вредности на X-Y дијаграму

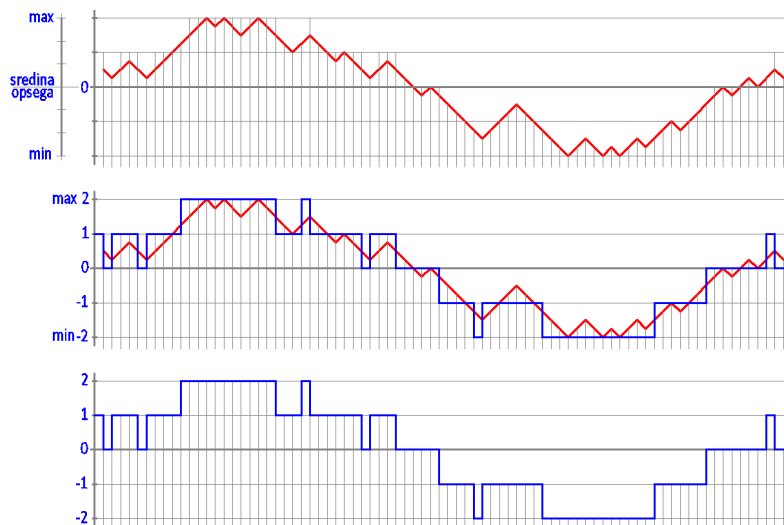
$$H = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{1.204 - 0.463}{0 - (-1.204)} = \frac{0.741}{1.204} = 0.615$$

$$D = 2 - 0.615 = 1.385$$

Затим је, за потребе поступка детерминисања ритма, према предлогу аутора Бовила, фрактална крива трансформисана у степенести дијаграм, за потребан број могућих стања, овде 7 и 5 дискретних вредности функције. (Фиг. 28, 29)



Фиг. 28: Функција трансформисана у степенести дијаграм за потребних 7 дискретних вредности



Фиг. 29: Функција трансформисана у степенести дијаграм за потребних 5 дискретних вредности

Учесталост или заступљеност вредности за фракталну криву чија фрактална димензија износи приближно 1.385 је приказан на Таб. 2. Различити исходи, којих је у 80 покушаја (бацања коцкице) било 17, нису у подједнакој мери били заступљени па су неки исходи били учесталији.

Таб. 2: Учесталост вредности за криву чија фрактална димензија износи приближно 1.385

-9 се догодило 3 пута	-3 се догодило 3 пута	3 се догодило 4 пута
-8 6	-2 4	4 4
-7 5	-1 5	5 4
-6 5	0 7	6 5
-5 5	1 8	7 3
-4 4	2 5	

Види се да су средње вредности функције нешто учесталије од крајњих.

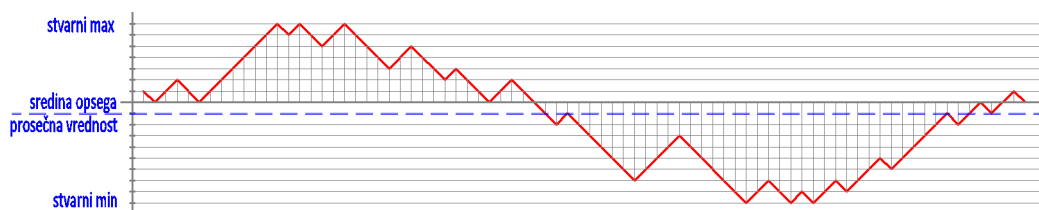
Аритметичка средина, односно просечна вредност за свих 80 покушаја износи:

$$\frac{1 + 0 + 1 + \dots + 0}{80} = -1.075$$

Стварна средина опсега, између стварне минималне и максималне вредности:

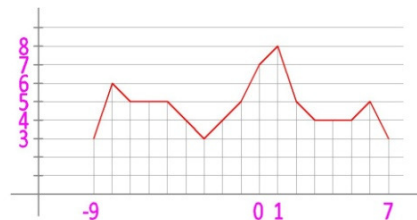
$$\frac{7 + (-9)}{2} = -1$$

Овде су те вредности приближно једнаке, па се код избора вредности за нулту или почетну вредност за степенаци дијаграм, није јавила дилема, која би се иначе јавила да се те вредности значајније разликују. Може се претпоставити да би се за веома велики број покушаја те вредности изједначиле (Фиг. 30)



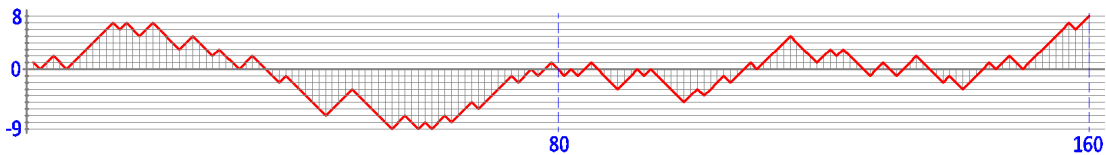
Фиг.30: Просечна вредност и средина опсега су приближно једнаке

На Фиг. 31 представљена је крива учесталости за различите исходе, која се због вероватно недовољног броја покушаја, по облику не приближава Гаусовој.



Фиг.31: Крива расподеле вредности за криву чија D износи приближно 1,385, за 80 покушаја

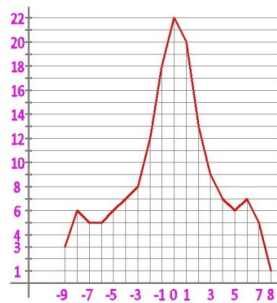
Претпоставља се да би се за већи број покушаја, тј. бацања коцкица, расподела вредности приближила Гаусовој кривој. Да би се проверила претпоставка о Гаусовој расподели вредности функције код "Brown noise", поступак генерисања криве допуњен је, тј. продужен са још 80 покушаја (бацања коцкице) (Фиг. 32)



Фиг.32: "Brown noise" генерисана кроз 160 покушаја

Таб. 3: Учасалост вредности за криву чија D износи приближно 1,385, кроз 160 покушаја

-9 се догодило	3 пута	-3 се догодило	3+5=8	3 се догодило	4+5=9
-8 се догодило	6	-2	4+8=12	4	4+3=7
-7	5	-1	5+13=18	5	4+2=6
-6	5	0	7+15=22	6	5+2=7
-5	5+1=6	1	8+12=20	7	3+2=5
-4	4+3=7	2	5+8=13	8	0+1=1



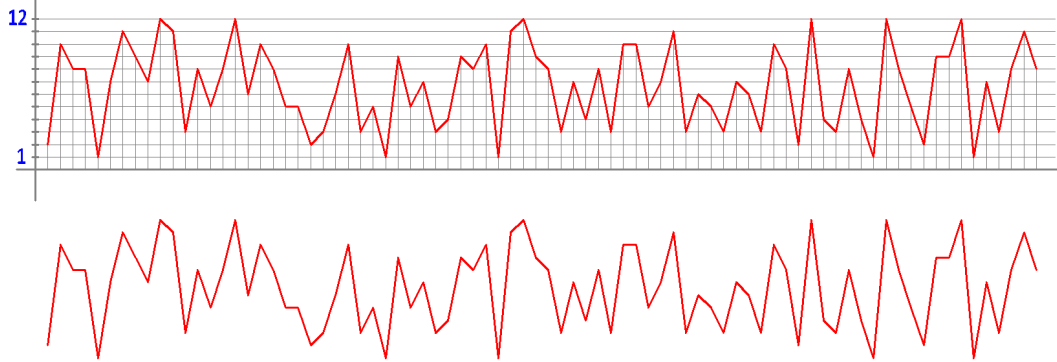
Фиг.33: Крива расподеле вредности за криву чија D износи приближно 1,385, за 160 покушаја

За криву расподеле вредности за 160 покушаја, која је приказана на Фиг. 33 може се рећи да показује гомилање око средњих вредности тј. да се по облику приближава Гаусовој кривој.

5.2.1.в Фракталне криве познате као "White noise"

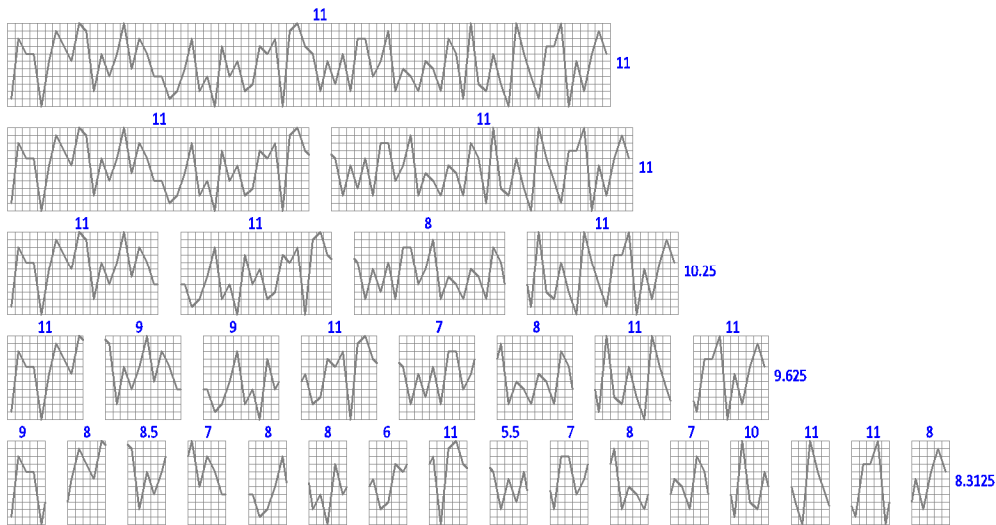
Поступак генерисања који је предложио аутор Бовил (Bovill,1996) где се баца једна коцкица и записују вредности сваког бацања на X-Y дијаграм, у овом раду је модификован да би се добио већи број могућих вредности функције, тј. 12 уместо

6. Овде је *fractional Brownian function*, розната као "White noise" генерисана уз помоћ две коцкице за играње. Једна коцкица, у зависности од тога да ли се добије паран или непаран број, била је индикатор вредности друге тј. да ли се записују заиста добијене вредности од 1 до 6 ако је паран број, или се вредности од 1 до 6 трансформишу у вредности од 7 до 12, ако је непаран. (Фиг. 34)

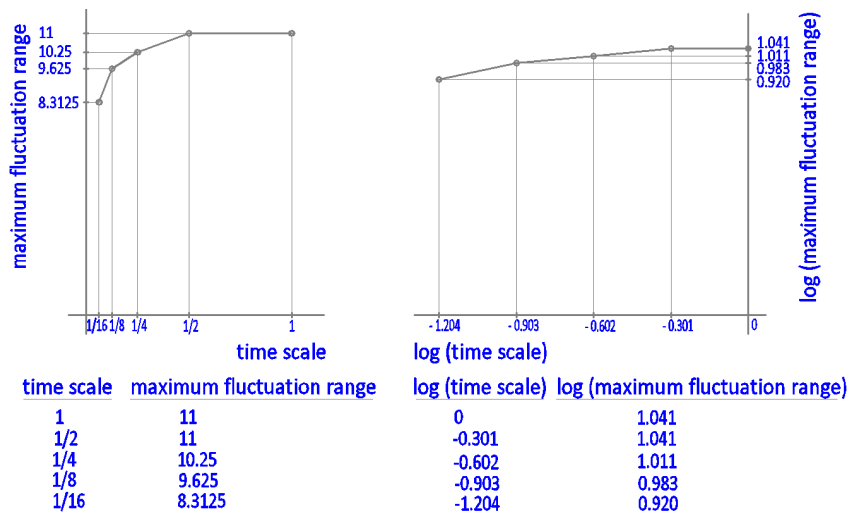


Фиг.34: Резултати бацања две коцкице (80 пута) за "White noise", записани на X-Y дијаграм

Вредност фракталне димензије D тако добијене криве добијена је методом *rescaled range analysis*, одређивањем експонента H , преко релације $D = 2 - H$ (Фиг. 35,36)



Фиг.35: Просечна макс. флукуација за целу криву, половине, четвртине, осмине и шеснаестине

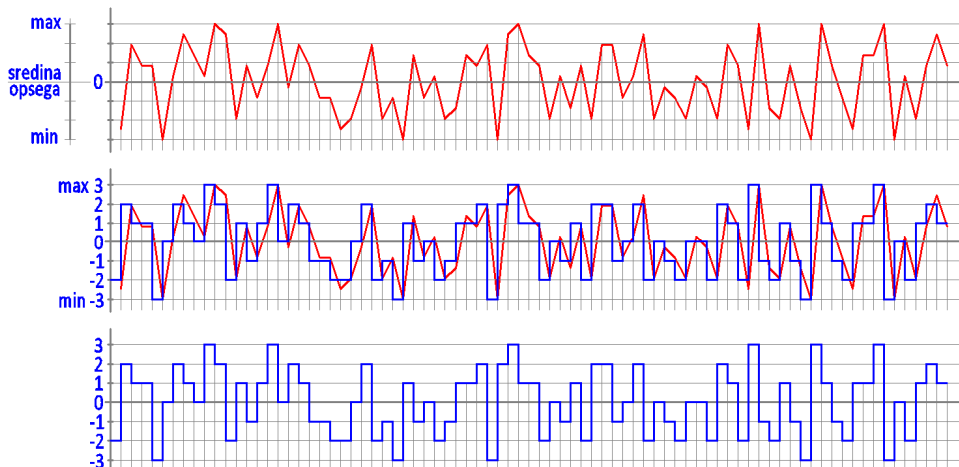


Фиг.36: Вредности просечне максималне флукуације и логаритми вредности на X-Y дијаграму

$$H = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{1.041 - 0.983}{-0.301 - (-0.903)} = \frac{0.058}{0.602} = 0.096$$

$$D = 2 - 0.096 = 1.904$$

Затим је, за потребе поступка детерминисања ритма, према предлогу аутора Бовила, фрактална крива трансформисана у степенаци дијаграм, за потребан број могућих стања, овде 7 дискретних вредности функције. (Фиг. 37)



Фиг. 37: Функција трансформисана у степенаци дијаграм за потребних 7 дискретних вредности

Участалост или заступљеност вредности за фракталну криву чија фрактална димензија износи приближно 1.904 је приказан на Таб. 4. Теоријски могући различити исходи, којих има 12, били су заступљени у приближно једнаком броју, што се и очекивало јер је у питању крива која се приближава тзв. "White noise".

Таб. 4: Участалост вредности за криву чија фрактална димензија износи приближно 1.904

1 се догодило	5 пута	5 се догодило	8 пута	9 се догодило	6 пута
2 се догодило	4	6	4	10	7
3	11	7	7	11	5
4	4	8	13	12	6

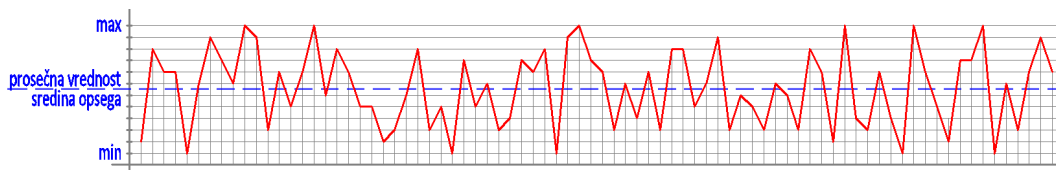
Аритметичка средина, односно просечна вредност за свих 80 покушаја износи:

$$\frac{2 + 10 + 8 + \dots + 8}{80} = 6.60$$

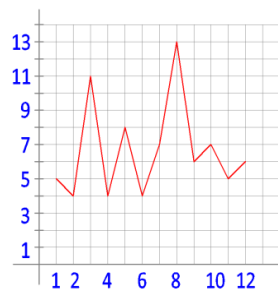
Стварна средина опсега, између стварне минималне и максималне вредности:

$$\frac{1 + 12}{2} = 6.50$$

Овде су, дакле, те вредности приближно једнаке, па се код избора вредности за нулту или почетну вредност за степенасти дијаграм, није јавила дилема, која би се иначе јавила да се те вредности значајније разликују. Може се претпоставити да би се за веома велики број покушаја, тј. бацања коцкица те вредности изједначиле (Фиг. 38)



Фиг.38: Просечна вредност и средина опсега су приближно једнаке

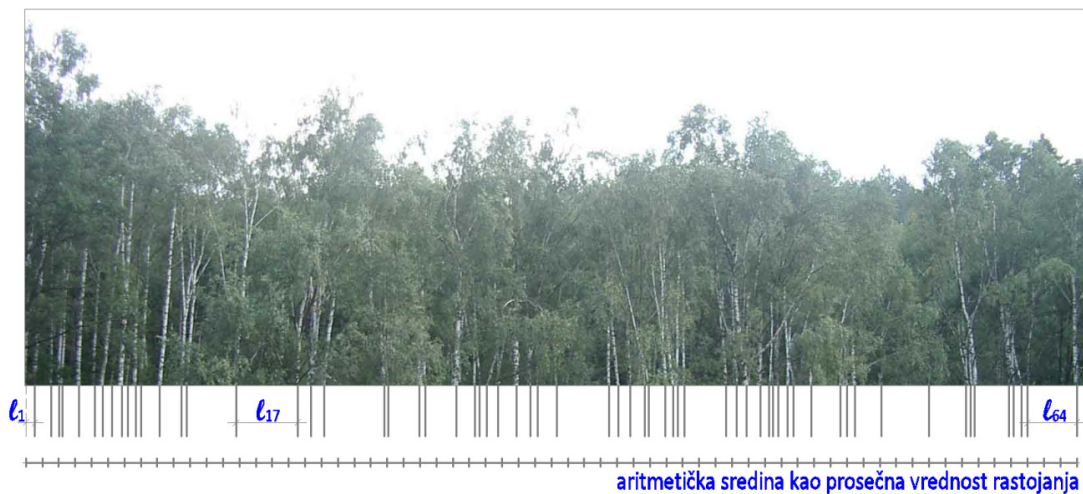


Фиг.39: Крива расподеле вредности за криву чија D износи приближно 1,904, за 80 покушаја.

На Фиг. 39 представљена је крива учесталости за различите исходе. За веома велики број покушаја, тј. бацања коцкица успоставила би се равномерна расподела вредности, јер је вероватноћа овде за сваку вредност, у сваком бацању, без обзира на претходне резултате, што значи да "White noise" нема меморију, иста, и износи $p=1/12$

5.2.1.2 Фрактална крива добијена из природног окружења:

Фрактална криве може се добити и мерењем и записивањем промене вредности неке варијабле из природе (нпр. из природног окружења будуће грађевине) у функцији времена или просторне позиције (једнодимензионалне, дводимензионалне или тродимензионалне). Крива се може затим испитати параметрима Фракталне геометрије и користити као математички модел ритма (Фиг. 40, 41, 42, 43). На Фиг. 40 мерена је линијска промена растојања између стабала, тако што је удаљеност од претходног стабла записивана као вредност функције у односу на позицију посматраног стабла у низу. Наношењем те 64 вредности (за посматраних 65 стабала) на X-Y дијаграм добила се крива која показује варирање својства растојања дуж посматраног просторног сегмента.

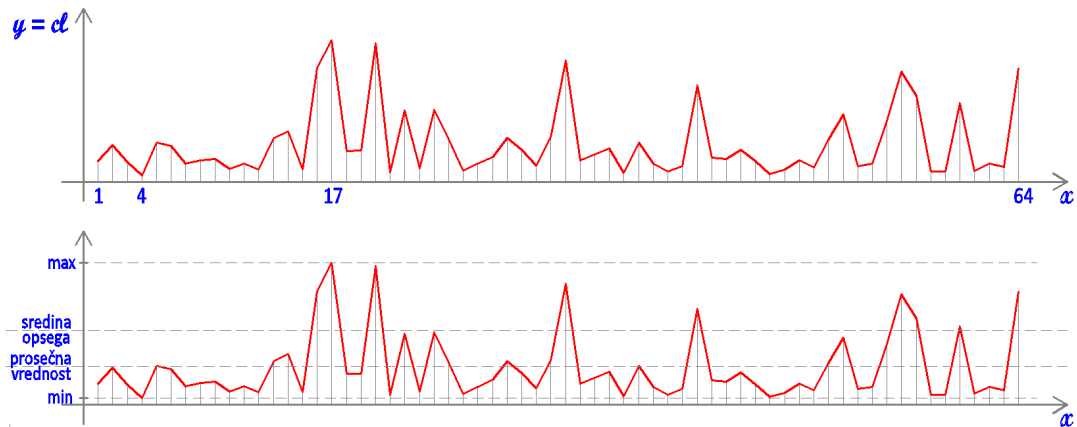


Фиг. 40: Објекти из природног окружења као извор фракталне дистрибуције

Поделом укупне дужине посматраног сегмента, од првог до 65. стабла, на 64 једнака дела, добила се аритметичка средина, односно, просечна вредност

растојања. Уочљиво је да се мали број вредности веома разликују од просечне тако што су нпр. веће по три или скоро четири пута од ње, док је највећи број вредности био веома близак просечној.

Упоређивањем израчунате средине опсега и аритметичке средине, увидело се да се те две вредности у овом случају значајно разликују, што је резултат гомилања, груписања већине резултата око просечне вредности, уз само повремене и, може се рећи, неочекиване скокове ка екстремним вредностима.

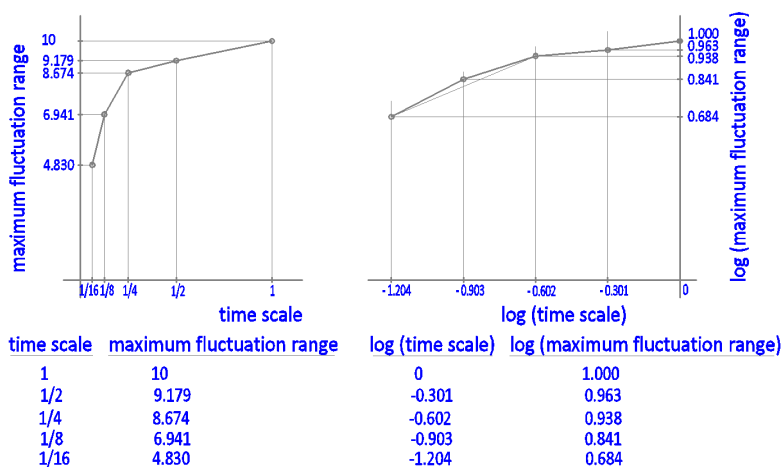


Фиг. 41: Највећи број вредности близак је просечној уз само повремене "неочекиване скокове"

Вредност фракталне димензије D тако добијене криве добијена је методом *rescaled range analysis*, одређивањем експонента H , преко релације $D = 2 - H$ (Фиг. 42, 43)



Фиг.42: Просечна макс. флукуација за целу криву, половине, четвртине, осмине и шеснаестине



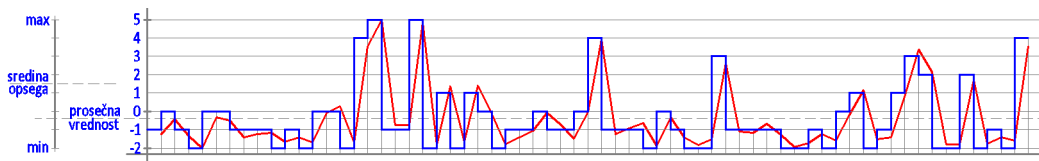
Фиг.43: Вредности просечне максималне флукуације и логаритми вредности на X-Y дијаграму

$$H = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{0.938 - 0.684}{0.602} = \frac{0.254}{0.602} = 0.422$$

$$D = 2 - 0.422 = 1.578$$

Затим је, за потребе поступка детерминисања ритма, према предлогу аутора Бовила, фрактална крива трансформисана у степености дијаграм, за потребан број могућих стања, овде 8 дискретних вредности функције (Фиг. 44). Овде је од велике важности и у формирању степенастог дијаграма и касније за избор стања

ентитета композиције, био избор нулте вредности, тј. питање да ли нулта вредност за дијаграм а која ће бити почетна у генерисању ритма промене стања ентитета арх-урб. композиције, треба да буде ближа вредности средине опсега или аритметичкој средини, односно, просечном стању?



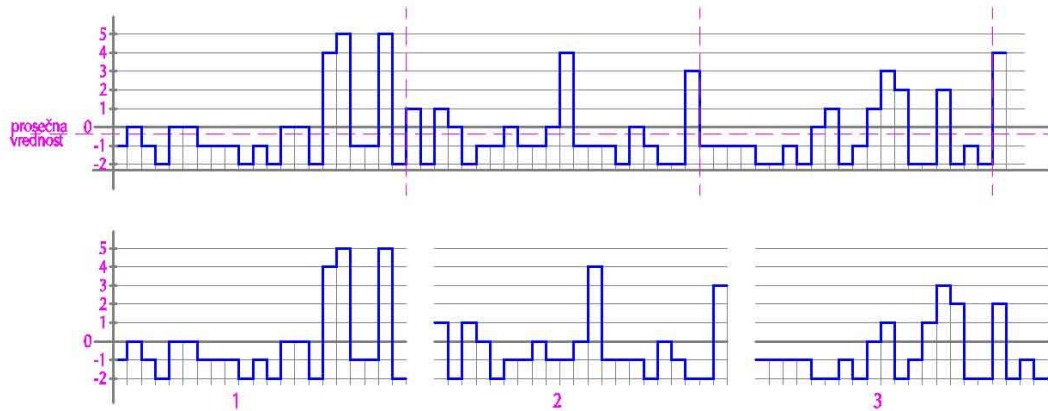
Фиг. 44: За нулту вредност степенасте функције узета је она која је најближа просечној вредности

5.2.2 Избор могућих стања у односу на број дискретних вредности функције

Ако је намера да се фрактална крива, нпр. она која је "преузета" из природног окружења, употреби за детерминисање ритма промене: висине парапета, растојања (хоризонталног) и величине прозора на фасади, а то су својства за која се може рећи да су условљена функционалним или конструктивним аспектом композиције, за нулту дискретну вредност изабраће се просечна вредност као логичније полазиште у каснијем избору могућих стања елемената, где ће просечној вредности, дакле нултој у дијаграму, одговарати неко оптимално или најповољније могуће стање за посматрано својство, које ће се, самим тим што се вредности групишу око просека, чешће и јављати од неких екстремних стања. Ако би се крива користила у детерминисању ритма промене стања која су оцењена као неусловљена стања, могла би се као нулта вредност узети и било која друга, па тако и она ближа средини опсега.

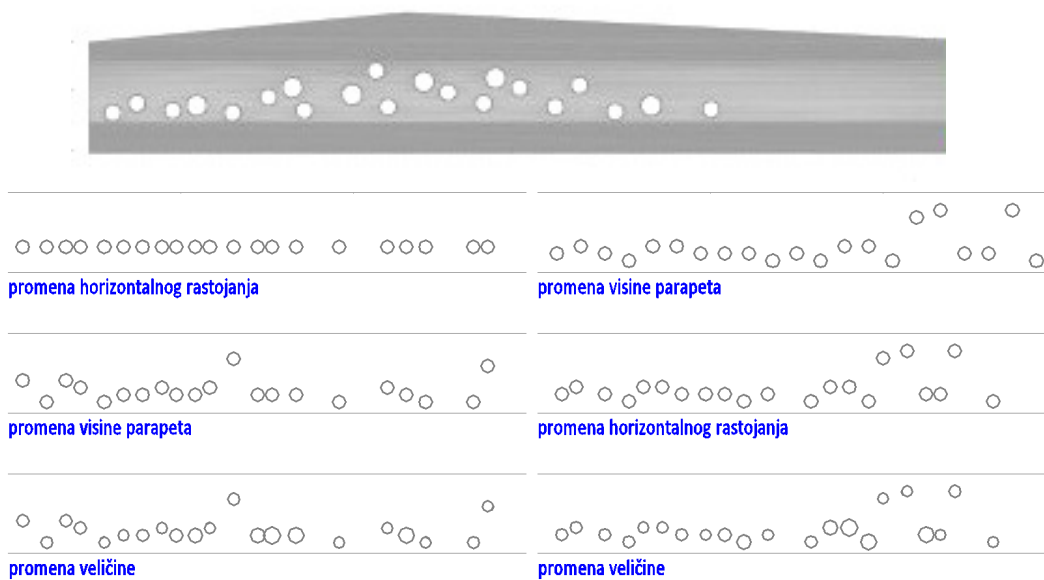
На пример, уз помоћ генерисане фракталне криве намера је била да се успостави ритам прозора сличан ритму на *Nursery in the Park, Zaragoza, Spain, 2009/10.*, *Santiago Carroquino, Ignacio G. Lacambra, Patrizia Di Monte*, где ће се један елемент композиције, прозор, мењати троструко, у три различита ритма: висина парапета, хоризонтално растојање и величина прозора. За нулту вредност узета је она која је најближа просечној вредности и степенаста крива је подељена на три дела (које одликује *statistical self-affinity*) са којих је затим преузиман ритам промене за три различита својства (Фиг. 45). Вредности којима су за сва три

својства придружене нулте вредност функције и које ће се јављати, као и њој блиске вредности, највећи број пута, одређене су као оптималне у односу на све релевантне факторе (намена, корисници, спратност, итд.).



Фиг.45: Са три различита сегмента криве преузимаће се ритам промене за три различита својства

Поступак је поновљен два пута, тако да су за промену висине парапета и хоризонталног растојања коришћени различити сегменти криве који су између себе статистички *self-similar*. Видљиве су разлике у детерминисаним ритмовима (Фиг. 46) Пошто је у питању јединствени простор иза ове фасаде (заједничка вишенаменска просторија), појава крајњих могућих стања висине парапета, растојања између прозора или њихове величине, а то су својства прозора која су, опште узевши, условљена функционалним и конструктивним аспектима, овде се може толерисати тако да се оба добијена ритма могу прихватити као успешна решења: постигнута је варијабилност слична оној која постоји у природи а без сукоба са осталим аспектима грађевине.



Фиг.46а: *Nursery in the Park, Zaragoza, Spain, S.Carroquino, 2009/10.*, <http://www.archdaily.com>

Фиг.46б: Поступак је поновљен два пута и коришћени су различити сегменти криве

Међутим, и поред правилног избора фракталне криве у односу на вредност њене фракталне димензије и са њом повезаних својстава инертности и спектралне густине, као и адекватног придруживања могућих стања вредностима функције (услед неравномерне заступљености вредности функције, оптималним вредностима визуелног својства ентитета потребно је придружити вредности функције које су најчесталије), пошто је реч, у основи, о случајном процесу, ако се поступак за различите сегменте исте криве (дакле са истом фракталном димензијом и њој повезаним својствима) и иста додељена стања понови неколико пута, могу се појавити значајне разлике у решењима из нпр. аспекта функције. Тада је могуће изабрати оно решење које најмање долази у сукоб са аспектом који га условљава и где неће бити потребне накнадне корекције детерминисаног ритма или ће их бити најмање.

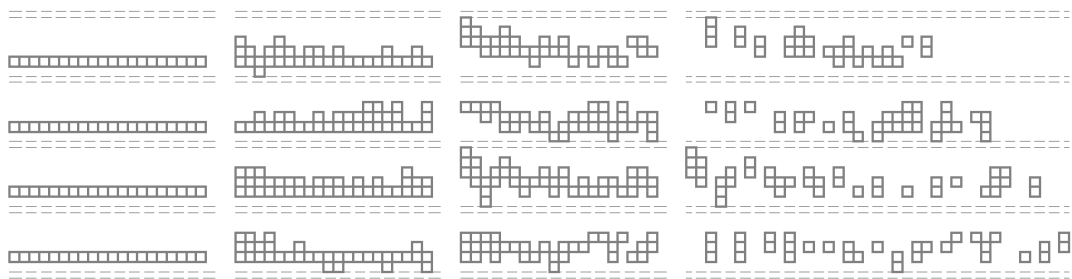
Да би се испитало у којој мери се јављају разлике у детерминисаном ритму за исту функцију као математички модел у зависности од тога који се сегмент функције користи за која визуелна својства, четири пута је поновљен, од заједничког почетног стања, поступак детерминисања ритма промене за три својства прозора у низу: висина прозора (као димензионално) и висина парапета и хоризонтално растојање (као положајна својства). Коришћени су различити

сегменти криве са фракталном димензијом $D = 1.621$, која је претходно преведена у степенести дијаграм са четири дискретне вредности (Фиг. 21), којима су у поступку, који се овде тумачи као поступак аналошког трансфера, придружене по четири изабране вредности или по четири могућа стања за посматрана визуелна својства. Као резултат, дакле, у основи, случајног поступка, јер математички модел који се у поступку користи има у себи компоненту случајности, добијена су четири, у великој мери различита, решења.

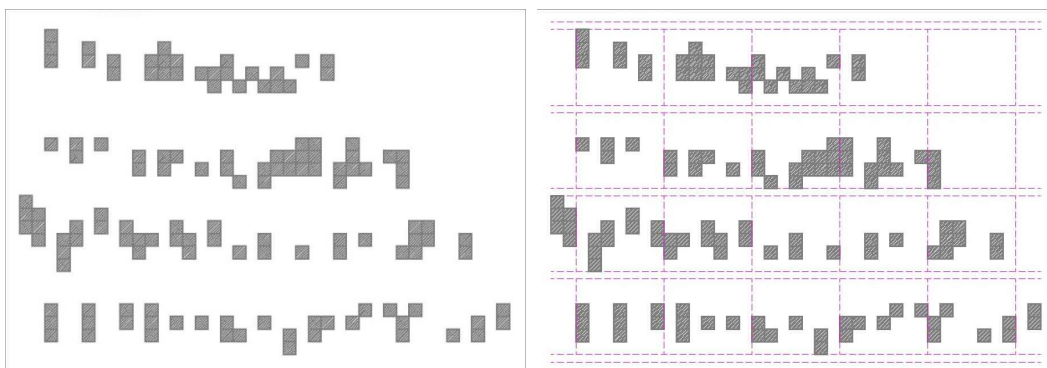
Будући да су визуелна својства чији се ритам промене генерисао (висина парапета, величина прозора, међусобно растојање) условљена аспектима функције и конструкције, где је проблем њиховог ритма сложенији од проблема "шаре" или "pattern", њихове могуће вредности, тј. могућа "појединачна" стања (само висина прозора или висина парапета) изабрана су тако да се ниједним могућим "збирним" (висина прозора плус висина парапета) стањем не дође у сукоб са функцијом или конструкцијом, нпр. прозор висок 150cm на висини парапета од 150cm, је овде крајње могуће стање и истовремено максимална могућа вредност за висину просторије од 300cm, итд. Међутим, и поред такве претходне елиминације немогућих или непожељних стања, због, у основи случајног и непредвидљивог процеса, код ова четири покушаја појавиле су се значајне разлике из аспекта функције или конструкције и мање или више пожељне тј. непожељне ситуације. Тако, јасно је да ће просторије иза овог зида, посебно ако су у питању јединице исте ширине, нпр. хотелске собе, имати веома различит просторни комфор, везан за количину дневне светлости или визуелну повезаност са спољњим простором, а неке, по овоме, не би уопште ни имале прозоре! А затим, неки груписани прозори морали би се раздвојити због унутрашњих зидова, итд. Добијено решење може се упоредити са *Menhir, Port of Vigo, Spain, 2007., Atelier Jean Nouvel* (Прилог 5), где нам није познат начин на који је архитекта дошао до свог ритма прозора али знамо, према објашњењу самог архитекте, да му је намера била да овај торањ треба да "личи" на стену, и то на стену изложену дејству ерозије како би се доживео као део локалне географије, дакле, да личи на нешто што је из природног окружења, или, што је - природно. У овом раду до сличног резултата дошло се коришћењем објекта Фракталне геометрије као геометрије природе (Фиг. 47).



Фиг.47а. Menhir, Port of Vigo, Spain, 2007., Atelier Jean Nouvel, <http://www.archdaily.com>



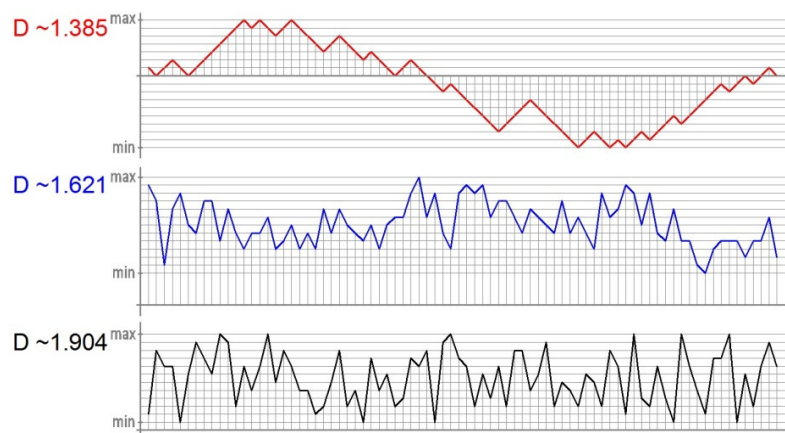
Фиг.47б. Ритам промене три својства: висина парапета, величина прозора, међусобно растојање



Фиг.47в: Због у основи случајног процеса добијају се различита, а негде и неприхватљива решења

5.2.3 Избор функције у односу на вредност фракталне димензије

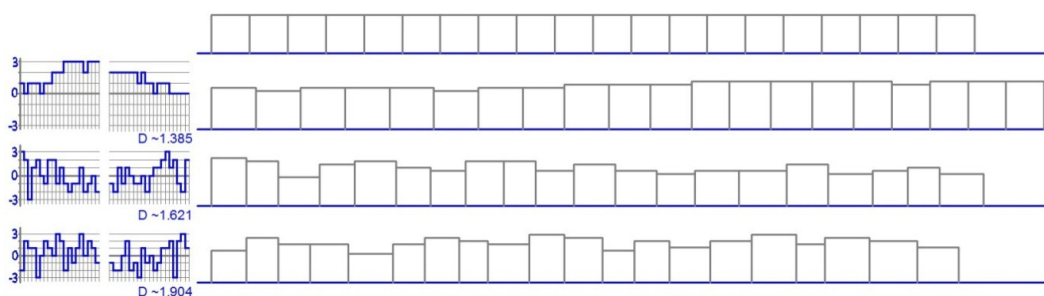
Ако се упореде три једнодимензионалне *fractional Brownian functions* које су овде генерисане уз помоћ коцкица за играње тако да имају различити степен корелације прираштаја, различиту фракталну димензију и остала математичка својства (на Фиг. 48 највећу фракталну димензију од ове три функције има последња, која има и најмањи степен корелације између прираштаја) може се јасно уочити повезаност математичких и визуелних својстава ових функција.



Фиг. 48. Три функције које су приближно: *persistent*, *without persistence* и *antipersistent*

У раду је већ истакнута условљеност визуелних својстава ових функција вредношћу фракталне димензије: "jaggedness" (Pentland, 1983, стр.974), "wiggleness" (Voss, 1988, стр.29), "roughness" (Saupe, 1988, стр.83), "richness of the repeating structure" (Taylor et al., 2005a, стр.92), као и повезаност фракталне димензије и визуелне комплексности (Richards, 2001; Taylor et al., 2005a), где се објекти са већом фракталном димензијом процењују као комплекснији (Cutting & Garvin, 1987; Mitina & Abraham, 2003). Таква повезаност значајна је за овај рад јер непосредно води до претпоставке да ће се коришћењем објеката фракталне геометрије у уређивању арх. композиције, уз преузимање, путем аналошког трансфера, њихових математичких или геометријских својстава, преузети и њихова визуелна својства, што онда отвара могућност да се у арх. композицијама жељена визуелна својства или степен визуелне комплексности могу регулисати избором одговарајућих вредности фракталне димензије.

Аутор Бовил (1996) указао је на повезаност фракталне димензије функције која се користи у поступку као модел ритма и визуелних својстава детерминисаног ритма. На пример, аутор је истакао да ако се ритам детерминише са функцијом чија је фрактална димензија мања, имаће "less variation" између вредности визуелног својства код суседних елемената као и да се коришћењем функције са већом фракталном димензијом повећава визуална "diversity" детерминисаног ритма (стр. 166,169). На Фиг. 49, која представља цртеж уличног низа кућа, полазећи од истих почетних вредности висине и ширине кућа, ритам промене вредности ових својстава детерминисан је три пута, уз помоћ три *fractional Brownian functions* које имају три различите вредности фракталне димензије: 1.385, 1.621 и 1.904 . Коришћена су по два сегмента сваке криве (са стране су приказани сегменти кривих преведени у степенасте дијаграме за унапред одређених седам вредности визуелног својства), на начин да је први сегмент коришћен за детерминисање ритма промене висине, а други ширине кућа. Почетним вредностима је у сва три покушаја придружена нулта вредност функције (Фиг. 49).



Фиг.49. Висина и ширина кућа у низу одређена уз помоћ три fBf са различитим вредностима за D

Прва овде коришћена крива има најмању фракталну димензију па се она, према аутору Восу (Voss, 1988) "састоји од много више спорих (ниске фреквенције) него брзих (високе фреквенције) промена" (стр.39), док друге две криве са већом фракталном димензијом "осцилирају несталније" (Saure, 1988, стр.84) и имају већу "промену од тачке-до-тачке" (Gilden et al., 1993, стр. 465). За три реда кућа могу се изрећи слична запажања: највише спорих промена и малих интервала има први низ кућа, а најнесталније осцилирање посматраних својстава

и највећу различитост у својствима "од куће-до-куће", односно највеће интервале има последњи низ кућа чија је фрактални модел имао највећу фракталну димензију. Објашњење за то може се пронаћи у овом раду у томе што је поступак детерминисања ритма овде протумачен као процес аналошког трансфера у коме се задржавају сви односи између елемената, јер се сукцесивни прираштаји функције преносе пропорционално, после извршеног структуралног поравнања елемената, на интервале вредности визуелног својства између одговарајућих елемената архитектонске композиције.

5.3 Прихватљивости fractional Brownian function у односу на установљену типологију ритма

5.3.1. Број просторно-временских одредница

Број просторно-временских димензија или одредница потребан и довољан да се специфицира положај сваког појединог ентитета арх. композиције, показано је, може бити: једна, две, три или четири просторно-временске одреднице.

Да би се остварио услов структуралног поравнања репрезентационих структура и кореспонденције један-на-један, потребно да број просторно-временских одредница које одређују положај сваког елемента композиције одговара тополошкој димензији фракталног објекта.

Тако, ако су **једна, две, три или четири просторно-временске одреднице** или димензије потребне и довољне, да се специфицира положај, у вишеструком јављању ентитета, сваког појединог ентитета арх. композиције, онда ће се за модел ритма у поступку детерминисања бирати или генерисати фрактални објекат чија је тополошка димензија $D_t=1, 2, 3$ или 4 , тим редом.

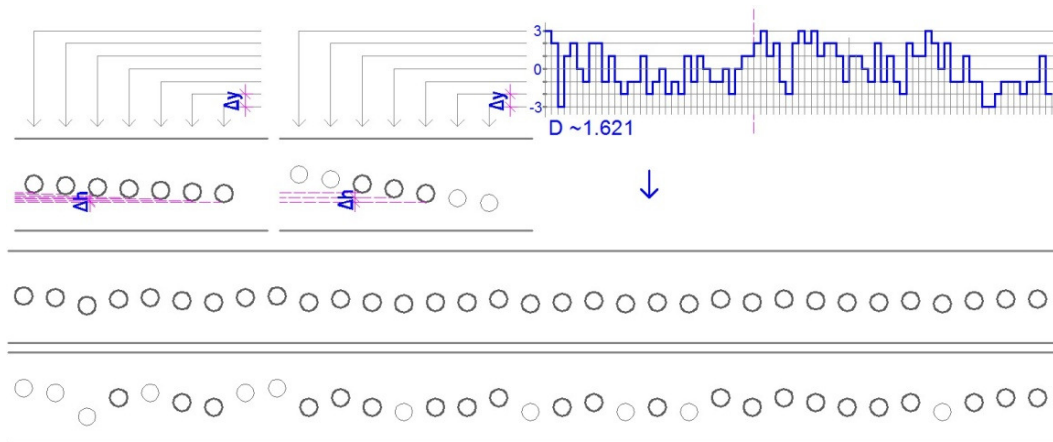
Функција са одговарајућом тополошком димензијом може се обезбедити и уз помоћ функције чија је тополошка димензија већа за једну димензију од оне која нам је потребна, ако је пресечемо вертикалном равни (нпр. пресецањем фракталне површи $V_H(x,y)$ вертикалном равни добија се статистички *self-affine* фрактална крива коју карактерише исто H). У том случају потребно је само правилно изабрати правац пресечне равни, јер ако се површ пресече хоризонталном равни, добијају се статистички *self-similar* острва (Mandelbrot, 1982; Voss, 1988).

На сличан начин, ако је ритам просторно-временски а изабрана функција је само "просторна", та временска димензија ритма добијаће се узастопним одговарајућим пресецима функције. На пример, ако је ритам одређен једном просторном и једном временском одредницом, тј. чини га низ (једнодимензионалних) ентитета композиције чија се нека својства мењају у времену, што би се могло представити као $F(x,t)$ онда ће се као модел ритма узети дводимензионална функција $F(x,y)$, тачније, њени узастопни вертикални пресеци или по X или по Y , па ће се X или Y трансформисати у димензију времена t , и ти вертикални пресеци даваће потребне једнодимензионалне *self-affine* фракталне криве $F(x, t_n)$ и $F(x, t_{n+1})$ за узастопне тренутке времена t_n и t_{n+1} .

5.3.2. Условљеност изабраних вредности визуелног својстава

Испитивањем свих релевантних чинилаца утврдиће се да ли све изабране вредности одговарају у истој мери на различите функционалне, конструктивне, естетске и др. захтеве који се постављају према посматраном ентитету композиције. Наиме, у ситуацијама када се са вредностима које су у том смислу једнако одговарајуће, не може постићи жељена визуелна разноврсност јер су интервали између њих недовољно велики или приметни, скуп вредности се може проширити додавањем вредности које су мање прихватљиве или пожељне. На пример (Фиг. 50), ако се за висину парапета код прозора као ентитета композиције установи да су вредности од 90 до 120 cm у истој мери прихватљиве у односу на све испитане аспекте, и ако је намера да се детерминише ритам са седам вредности визуелног својства, онда те вредности могу бити, нпр: 90, 95, 100, 105, 110, 115 и 120cm. Онда ће могући интервали између елемената за посматрано својство бити: 0, 5, 10, 15, 20, 25 и 30 cm, што може да се покаже као незадовољавајуће ако ове вредности не произведу довољно приметне визуелне разлике (на Фиг. 50 горњи низ прозора). Међутим, повећавањем интервала са задржавањем истог броја вредности (нпр. 60, 75, 90, 105, 120, 135 и 150, где су одговарајући интервали: 0, 15, 30, 45, 60, 75 и 90), појавиле би се вредности (прве две и последње две у низу вредности) које су према испитаним критеријумима

мање прихватљиве (овде нацртане тањом линијом) али се ипак предвиђају да би се обезбедила довољно уочљива варијабилност (на Фиг. 50 доњи низ прозора).



Фиг. 50. Укључивањем и мање повољних вредности постигнута је уочљивија варијабилност

Овде је важно истаћи следеће: наведени пример односи се на визуелно својство које значајно утиче на остварење улоге коју посматрани ентитет има у композицији и према таквим својствима обично је упућен велики број захтева и ограничења. Зато је, уопштено гледано, теже за таква својства, а некад и немогуће, изабрати вредности које су подједнако пожељне а истовремено и довољно различите а да их при томе има у довољном броју.

Међутим, ако посматрана визуелна својства не утичу на остварење улоге коју посматрани ентитет има у композицији, као конструктивни, функционални, итд., или су у питању ентитети чија је улага искључиво декоративна (као зидни орнаменти на Фиг. 5), онда је лакше формирати довољно велики скуп вредности које ће бити подједнако прихватљиве и са довољно великим интервалима да може да се оствари жељена разноликост. Такве ситуације јављају се често код избора боје нпр. подних плоча, фасадних панела, стубова итд. где се проблем ритма некада своди само на визуелни аспект компоновања "*pattern*". Као илустрација за такве случајеве у арх-урб. композицијама може се овде навести боја сунчаних застора на *GSW Headquarters, Berlin, Germany, 1990-99., M.Sauerbruch, L.Hutton* (Прилог 9).

Ако дакле постоје и мање прихватљиве вредности у скупу изабраних вредности визуелног својства, онда би требало да се оне јављају у мањем броју од

оних које су прихватљивије па ће као модел ритма бити прихватљивија функција код које се неке вредности чешће јављају од неких других, односно која има неравномерну расподелу вредности. Кад су у питању *fractional Brownian functions*, што је вредност њихове фракталне димензије ближа тополошкој а коефицијент H ближи вредности 1, више је изражена неравномерна или Гаусова дистрибуција вредности функције, где су средње вредности заступљеније од крајњих, па ће се и њима придружене вредности визуелног својства код детерминисаног ритма јављати чешће.

С друге стране, неравномерна расподела вредности функције не јавља се код *fractional Brownian functions* чије се вредности за фракталну димензију приближавају броју $D = D_t + 1$ и које су познате као "White noise" јер су код њих све вредности функције приближно равномерно заступљене за неки посматрани сегмент суседних позиција, па такве *fractional Brownian functions* нису одговарајући модел за ритам у коме је потребно постићи управо неравномерну заступљеност вредности визуелног својства.

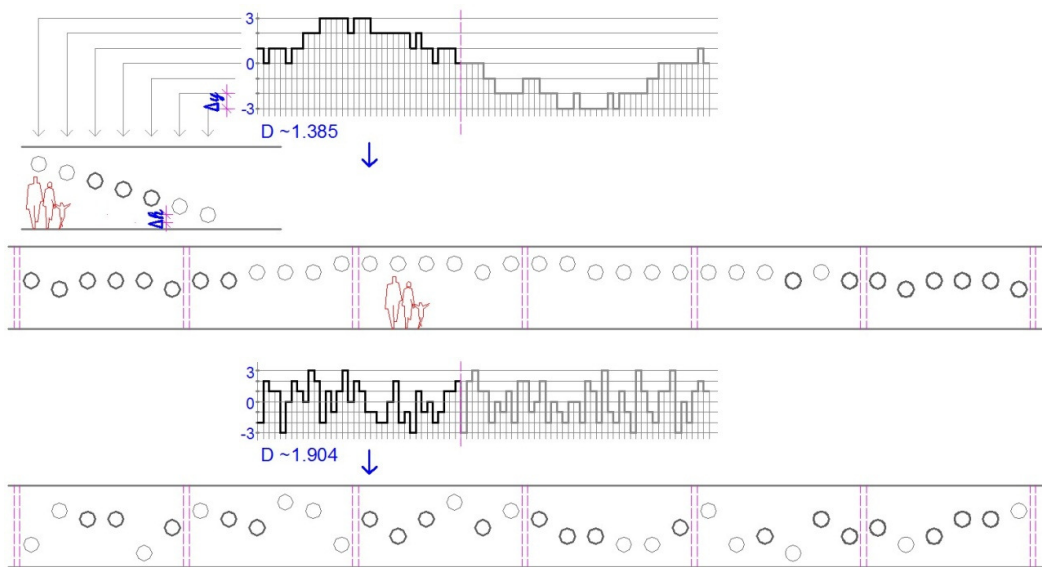
Према томе, ако је у питању избор функције према равноправности стања, избор ће се вршити према вредности фракталне димензије јер је она директно повезана са начином расподеле вредности функције за неки сегмент суседних позиција. Ту је само потребно, после избора одговарајуће функције, правилно придруживање елемената из скупа вредности функције скупу вредности визуелног својства, где ће се најмање пожељним вредностима визуелног својства придруживати крајње вредности функције, јер су то управо оне чија је вероватноћа појављивања најмања. Тако, на Фиг. 50, детерминисан је ритам промене висине прозорских парапета уз помоћ *fractional Brownian function* са фракталном димензијом од 1.621. У доњем реду су мање пожељним предностима визуелних својстава придружене вредности функције чија је вероватноћа појављивања мања. У детерминисаном ритму остварена је очекивана расподела вредности визуелног својства: на посматраном сегменту од 33 суседне позиције, четири мање повољне од укупно седам вредности визуелног својства јавиле су само 11 пута што представља само 1/3 од укупног броја позиција, односно, од укупног броја понављајућих ентитета.

5.3.3. Условљеност или равноправност свих могућих интервала

Аутор Бовил (Bovill, 1996) навео је један могући случај детерминисања ритма који се овде препознаје као ритам са интервалима који нису сви у истој мери прихватљиви, а то је ритам промене растојања оса конструктивног растера. Аутор је истакао да је за такав ритам неповољно да постоје велике разлике између суседних растојања јер то може да ствара конструктивне проблеме. Овај случај се може овде навести као добар пример ритма код кога су вредности равноправне (нпр. растојања између оса могу бити сва у истој мери прихватљива: 300, 360, 420, 480, 540 и сл.) али интервали нису равноправни тако да су прихватљивији мали него велики интервали између суседних вредности. За такав ритам је као математички модел ритма прихватљивија функције чија је спектрална густина таква да има више мањих него већих фреквенција или више мањих него већих интервала. То су криве чији је експонент H преко 0,5 и које спадају у класу функција чији су прираштаји у корелацији и које су "*with long term persistence*" (Mandelbrot, 1982, стр.251).

Али може се јавити у пракси и обрнути случај, када су прихватљивији већи интервали јер је тада груписање вредности мање и различите вредности су равномерније распоређене за неки посматрани сегмент суседних позиција. Као илустрација, на Фиг. 51, ритам промене висине прозора детерминисан је два пута, уз помоћ две фракталне функције са различитом фракталном димензијом. Горњи низ прозора детерминисан је уз помоћ функције која спада у групу функција "*with long term persistence*" што има за последицу то да се вредности групишу: постоје сегменти суседних позиција са већим вредностима а постоје сегменти са мањим вредностима функције. Такви сегменти суседних позиција са сличним вредностима функције су дужи што је већа истрајност или инертност функције. Доњи ред детерминисан је уз помоћ криве која је "*antipersistent*" и код које су за неки посматрани сегмент суседних позиција, скоро у подједнаком броју заступљене све фреквенције и све вредности функције. У овом случају, пошто су вредности биле изабране тако да нису све биле подједнако пожељне (прозори са мање пожељним вредностима за висину парапета нацртани су тањом линијом), ако се иза налазе просторне јединице које би требало да имају што је могуће

уједначеније услове по питању нпр. визуелне повезаности са околином, онда је већа уједначеност остварена кривом која је имала веће интервале, која је *antipersistent* и код које није постојало груписање вредности услед кога би нека просторија имала све вредности које су мање пожељне, као што се то десило на горњем низу за чак две просторије. За доњи низ је постојала већа вероватноћа да ће свака просторна јединица, односно сваки посматрани сегмент од у овом случају шест суседних позиција, имати бар по једну вредност која је више пожељна (Фиг. 51)



Фиг. 51. Код функција које су "with long term persistence" долази до груписања сличних вредности

У оквиру разграничења условљених или неравноправних интервала на два подтипа: узајамно условљени и узајамно неусловљени суседни интервали, где су код првог типа, осим понављања стања, дозвољени или могући само најмањи интервали, приликом избора функције значајна је вредност фракталне димензије, јер даје меру спектралне густине на већ описани начин: да су код мањих фракталних димензија у већој мери заступљене ниже фреквенције, тј. постепене промене, и обрнуто. Међутим, значајан је и начин на који су генерисане функције као математички модели. Наиме, једна од метода генерисања *fractional Brownian functions* је *midpoint displacement method* (нпр. Saure, 1988), где је, само избором одговарајуће вредности за Хурстов експонент H , могуће направити читаву

фамилију функција, са жељеним вредностима за фракталну димензију (јер је $D=D_T+1-H$). Ипак, код функција које су генерисане на овај начин, и за веома ниске вредности фракталних димензија, теоријски могу постојати све врсте промена од тачке до тачке, иако ће бити много више постепених промена (односно, могу постојати све фреквенције, иако ће бити много више ниских). Према томе, овако генерисане фракталне функције не могу се користити као математички модели ритма за наведени тип узајамно условљених суседних интервала, где се само најмањи могући интервали могу појавити између суседних ентитета у арх-урб. композицијама. Тада је могуће начином који наводи Бовил (Bovill, 1996, према предлогу M.Gardner), уз помоћ једне коцкице за играње генерисати функцију која је приближно *ordinary Brownian function* а која има управо само понављање и постепене промене. (Бацити коцкицу једном да се добије стартна позиција. Онда, за свако следеће бацање, на графикону X-Y се померати за једну позицију на горе или на доле, у зависности од тога да ли се добије паран или непаран број.)

Ако се утврди да су и изабране вредности визуелног својства и сви могући интервали у истој мери пожељни или прихватљиви, што је овде означено као да су равноправни, онда се као одговарајући модел може појавити функција са било којом вредношћу фракталне димензије. Функција ће се бирати само према томе да ли ће њена математичка својства произвести жељени или потребни степен визуелне разноликости у детерминисаном ритму.

На пример, пројектант може узети функцију, према предлогу аутора Бовила (1996), са фракталном димензијом која одговара фракталној димензији неког визуелно доминантног природног елемента из окружења будуће грађевине (претходно одређена *box-counting* методом), нпр. планина у позадини а са циљем да се нова грађевина уклопи, усклади, "сједини" са својим окружењем.

Такође могуће је у избору се ослонити и на резултате испитивања на пољу експерименталне естетике естетских преференци према фракталним објектима у односу на вредност фракталне димензије (Spratt, 1993; Aks & Spratt, 1996; Spehar et al., 2003; Nagerhall et al., 2004) која су показала да су највеће преференце према објектима са фракталном димензијом која је за око 0.3-0.5 већа од тополошке, као и на резултате испитивања естетских преференци према визуелној комплексности

где су пронађене највеће преференце према средњем нивоу визуелне комплексности (нпр. Richards, 2001; Wohlwill, 1968), а истакнута је повезаност визуелне комплексности и фракталне димензије (Cutting & Garvin, 1987).

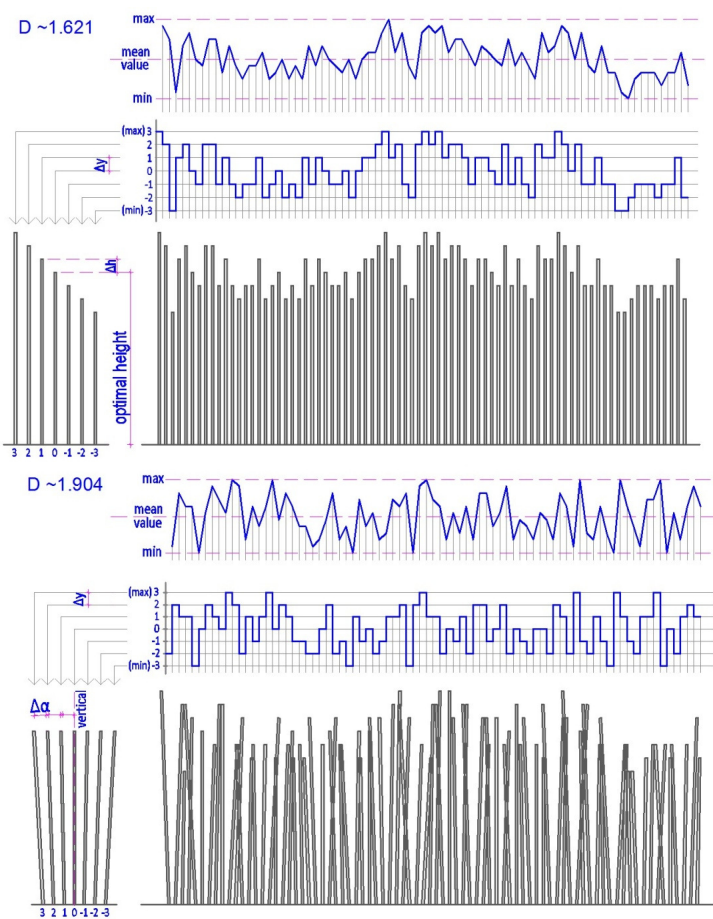
5.3.4. Узајамни однос сличности изабраних вредности визуелног својства

Изабране вредности неког визуелног својства елемента чијим се вишеструким јављањем у композицији генерише визуелни ритам, могу бити између себе више или мање сличне, односно различите. Овде ће се однос изабраних вредности неког визуелног својства разматрати из аспекта могућности успостављања аналошке релације са једном или са више преклопљених *fractional Brownian functions*.

Пошто *fractional Brownian functions* представљају запис промене вредности неке варијабле у функцији њене временске или просторне позиције, онда, да би се успоставила аналогија, као што је раније објашњено, потребно је да изабране вредности визуелног својства за ритам који се детерминише буду у таквом узајамном односу сличности да се могу математички изразити као различите вредности једне променљиве и као такве упоређивати. Једна од њих биће мања од свих осталих и једна већа од свих осталих и оне ће бити границе интервала вредности тако да ће се све остале вредности налазити се између те две крајње, у виду континуалних или дискретних вредности. (Да ли су изабране вредности визуелног својства дискретне или континуалне нема значаја у избору или генерисању функције већ само у томе да ли ће бити потребно да се функција преведе са континуалне на степенасту према потребном броју вредности.) Потребно је, дакле, да све вредности, заједно са минималном и максималном, могу да формирају уређен, градацијски низ са равномерним порастом тј. са једнаким интервалима између суседних вредности, односно да представљају аритметички низ као уређен скуп елемената $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ где сваки елемент има своје јасно одређено место и где је константна разлика између свака два суседна елемента низа v_n и v_{n+1} .

Ако се све могуће или изабране вредности визуелног својства за ритам који се детерминише могу поређати у један градацијски низ вредности, на описани начин, онда се може препознати аналогија релација са *fractional Brownian function* па се

може, путем аналошког трансфера, преузети ритам промене, према поступку који је предложио и описао аутор Бовил (1996). На Фиг. 52 је тим поступком пројектована ограда за коју је намера да се својим *природним ритмом* уклапа у *природно окружење*, слично огради на Фиг. 2б, чији су аутори, може се претпоставити, имали сличну намеру.



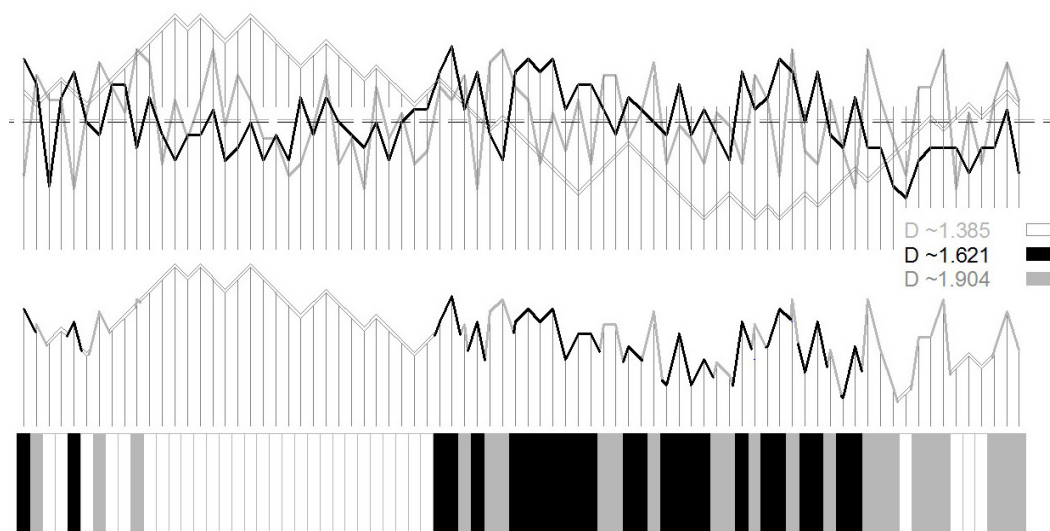
Фиг. 52. Вредности за визуелна својства изабране су тако да се могу поређати у градацијски низ

Елемент који се вишеструко понавља овде је метални "штап" чија се својства висине и нагиба мењају у неком специфичном ритму. Пре спровођења поступка одређено је да се споменута својства висине и нагиба могу јавити у по седам различитих вредности, а које су у таквом узајамном односу сличности да могу формирати градацијске или аритметичке низове, на описани начин. Ритам промене ова два својства одређен је овде уз помоћ две *fractional Brownian function*, које су обе пре спровођења аналошког трансфера, преведене у степенасте

дијаграме са потребним бројем вредности, а то је у овом случају било по седам вредности. Свакој дискретној вредности функције по Y била је придружена по једна унапред одређена вредност визуелног својства а према њеном месту у градацијском низу вредности.

Међутим, шта се дешава ако скуп изабраних вредности не представља један аритметички низ, тј. ако се вредности не могу поређати у један градацијски низ са једнаким интервалима између суседних вредности? Ако се посматрају све унапред одређене вредности визуелног својства као један скуп елемената, онда се елементи тог скупа могу груписати у подскупове узајамно сличних вредности на раније описани начин, при чему ће елементи из различитих подскупова бити између себе неслични или различити, што се може записати као: $V = \{(m_1, m_2, \dots, m_n), (n_1, n_2, \dots, n_n), \dots, (k_1, k_2, \dots, k_n)\}$. При томе, сваки подскуп може имати један, два или више елемената. Ако има више од два елемента, онда они треба да чине један аритметички низ. Ако дакле у скупу вредности постоје два или више оваквих подскупова, не може се успоставити аналогија са једном *fractional Brownian function* и једна функција не може бити математички модел ритма у описаном поступку детерминисања ритма путем аналошког трансфера.

У овом раду се за такве случајеве предлаже следеће решење: да се ритам преузима са више преклопљених *fractional Brownian functions*, тако да њихов број одговара броју подскупова у скупу изабраних вредности визуелног својства и где ће свака функција бити аналог за један подскуп елемената. После преклапања потребног броја функција, од сваке функције задржале би се само оне вредности које су за неку посматрану позицију највеће у односу на све остале преклопљене функције. Тако се добија једна резултујућа, хибридна крива која се састоји од више сегмената различитих функција (Фиг. 53).



Фиг.53. Преклапањем функција добија се математички модел за ритам са несличним стањима

Пошто се у овом раду преузимање ритма промене са *fractional Brownian functions* тумачи као процес аналошког трансфера, предложено преузимање ритма са преклопљених функција могло би се прихватити под условом да такав математички модел може представљати релациону структуру неке ситуације из природе. Између такве ситуације из природе и ритма промене различитих вредности неког визуелног својства могла би се онда препознати релациона сличност која би била основ за аналошки трансфер у поступку детерминисања ритма. Могуће оправдање претпоставке да се релациона сличност ту може и препознати и прихватити може се пронаћи у истраживању са поља *environmental psychology* у коме се испитивала веза између преференци према окружењу и фракталних особина силуете пејзажа према небу. Силуету су чиниле контуре различитих објеката природне и изграђене средине (Hagerhall et al., 2004). Са фотографија окружења је, уз помоћ одговарајућих компјутерских програма, издвајана резултујућа контура тако што су задржавани само они сегменти контура различитих објеката који су на посматраној позицији били доминантни по висини у односу на све друге контуре. За тако добијене резултујуће криве из различитих окружења затим су испитиване и упоређиване естетске преференце у односу на измерену вредност фракталне димензије. За овај рад је значајно то што су контуру према небу, исцртавали често веома визуелно различити објекти (дрвеће, ниско

растиње, линија брда, грађевине и сл.), са већом или мањом динамиком промене, према објашњењу аутора:

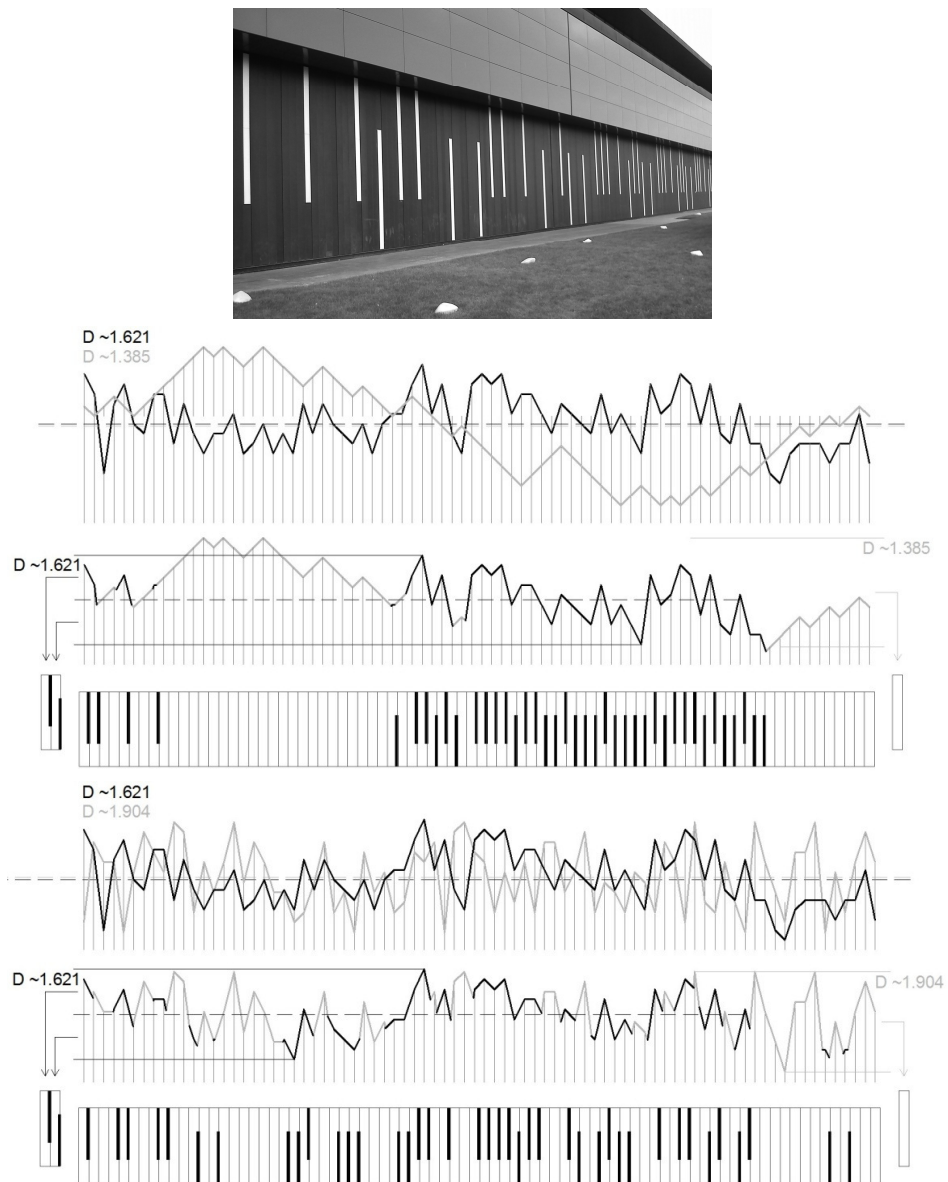
[T]he silhouette outlines in the final sample were typically made up of several different types of objects. This could be a mix of different plant species, a mix of different buildings, and in many cases also a mix of both buildings and vegetation in the same silhouette. (Hagerhall et al., 2004, стр. 250)

Слично истраживање спровела је још једна група аутора (Chalup, Henderson, Ostwald, & Wiklendt, 2008) па је и код њих издвајана и испитивана силуета као фрактална крива коју су чинили визуелно веома различити објекти, и природни и изграђени, нпр. и дрвеће и куће.

Којом динамиком ће криве смењивати једна другу у доминантном положају зависиће од њихове фракталне димензије јер је вредност фракталне димензије повезана са особином истрајности или инертности (нпр. Mandelbrot, 1982), а која ће се овде манифестовати као дуже задржавање на истом месту или као дуже "опстајање" у доминантном положају функције са најмањом фракталном димензијом и са највећом инертношћу, док ће функције са већом фракталном димензијом у том положају краће "опстајати" тј. чешће ће "смењивати" једна другу, јер се понашају несталније. На Фиг. 53 је, да би се боље уочила повезаност динамике смењивања кривих и њихове фракталне димензије, генерисан низ вертикалних зидних панела исте величине али различите завршне обраде, у три несличне вредности (нпр. дрво, стакло и метална облога). Ритам промене ових својстава детерминисан је уз помоћ предложеног модела насталог преклапањем три функције тако да је свака функција била аналог за само једну вредност посматраног визуелног својства.

На Фиг. 54 је по уледу на постојећу фасаду *Usce Shopping Center, Belgrade, Serbia, Chapman Taylor Architects, 2008-2009.*, генерисан ритам са три изабране вредности тако да се две могу окарактерисати као узајамно сличне (фасадни панели са тракастим светиљкама у два положаја) а трећа као њима неслична (панел без светиљке). За таква два подскупа одабраних вредности (где један подскуп има два елемента а други само један) било је потребно преклопити две функције тако да свака буде аналог за по један подскуп елемената. Да би се илустровао значајан утицај фракталне димензије на динамику смењивања кривих

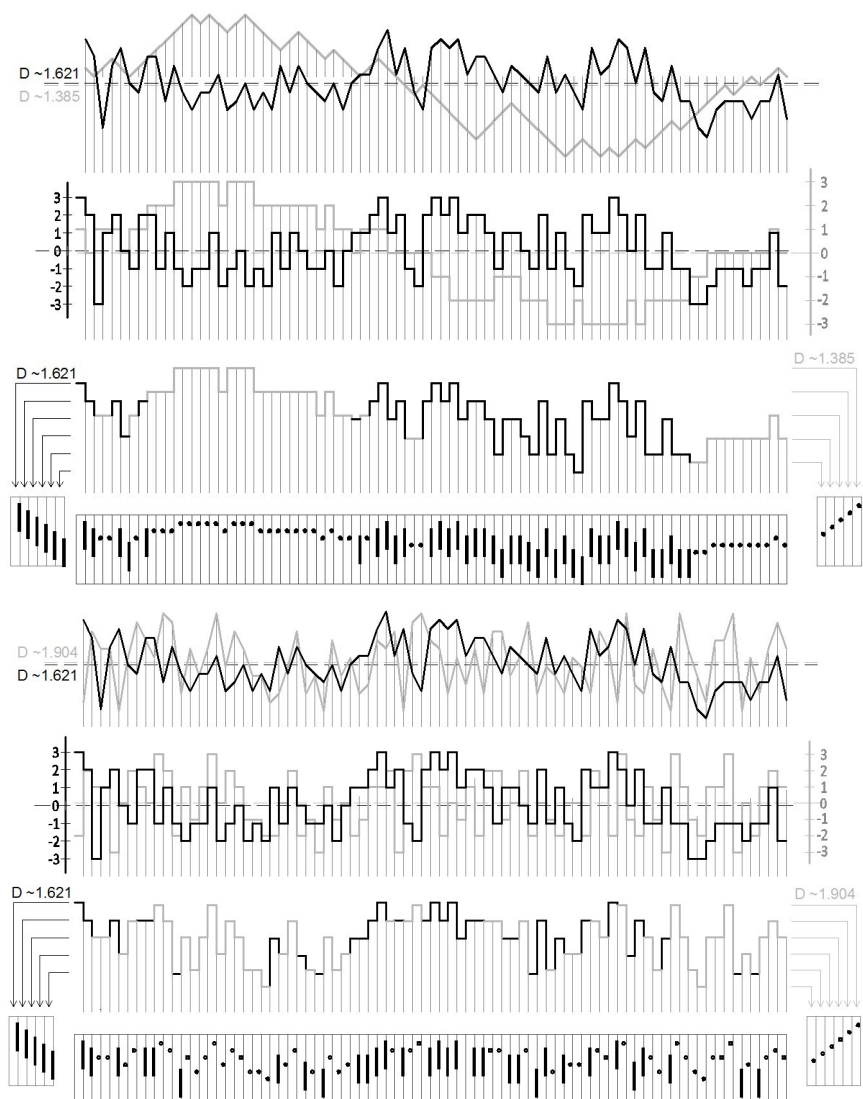
а затим и на коначан изглед детерминисаног ритма, формирана су два математичка модела од по две функције са различитом вредношћу фракталне димензије и са различитом инертношћу или истрајношћу функција: функција са $D=1.621$ преклопљена је прво са функцијом коју одликује велика инертност и $D=1.385$, а затим са функцијом која није инертна и чија је $D=1.904$ (Фиг. 54).



Фиг. 54. Динамика смењивања подскупова сличних стања зависи од D преклопљених функција

За исте, у претходном прилогу преклопљене функције даље је претпостављено да су аналог за подскупове са више од два елемента, односно за више од две

вредности које су узајамно сличне на раније описани начин. На пример, претпостављено је да један подскуп вредности чине панели са тракастим светиљкама у различитом положају а да други чине панели са округлим светиљкама, такође у различитом положају (Фиг. 55). Пошто су оба подскупа пребројиви аритметички низови са дискретним вредностима, фракталне функције трансформисане су у степенасте функције са потребним бројем дискретних вредности.



Фиг. 55. Свакој преклопљеној функцији придружен је по један градацијски низ вредности

И овде је поступак поновљен са два математичка модела од по две функције које одликује различита инертност да би се илустровало како од фракталне димензије преклопљених функција зависи динамика смењивања вредности визуелних својстава из различитих подскупова.

5.3.5. Број изабраних вредности визуелног својства

Типологија према броју стања нема значаја у процени прихватљивости посматране фракталне функције као одговарајућег модела за ритам који се детерминише. Наиме, са једне или више преклопљених *fractional Brownian functions* могуће је преузимати ритам промене за било који број могућих стања: потребно је само преко изабране криве (или више кривих) нанети онолики број хоризонталних поља колики је и број могућих стања а затим вредности криве заокруживати на дате дискретне вредности по Y , и тако је трансформисати у степенести дијаграм који је њен приближни еквивалент. Међутим, потребно је овде нагласити следеће: што је број стања већи, то је одступање степенастог од континуалног дијаграма – мање, а ритам промене ће са фракталне криве веродостојније, са мањим одступањима од почетне криве као модела ритма, бити транспонован у архитектуру. Такође, што је већи број стања, већа ће бити комплексност генерисаног ритма јер ће имати већи број различитих елемената (према Verlyne, 1963; Eysenck, 1941; Wohlwill, 1968)

5.4 Закључна разматрања о избору *fractional Brownian functions* као одговарајућег математичког модела за ритам који се детерминише

На самом почетку овог рада истакнуто је да су *fractional Brownian functions* објекти фракталне геометрије из класе *random fractals*. Касније, на неколико места у раду било је речи (нпр. о вероватноћи појављивања неке вредности) које су могле да подсети да се заправо овде говори о нечему што је "*random*" а не "*exact*", што је вероватно али не и извесно. Сада је време да се вратимо на тај полазни податак како би се истакла велика важност те чињенице за питања о којима је овде реч.

Случајни фрактали, захваљујући присуству компоненте случајности ("randomness") у процесу њиховог генерисања, због чега их одликује статистичка а не егзактна *self-similarity*, а што је основна особина фрактала у природи "где је поглед на мањи део недовољан да се у потпуности предвиди већи део" (Voss 1988, стр.30), су она класа фрактала која се користи у описивању и моделовању природних облика. И управо, према другом аутору, захваљујући том елементу "*of randomness*", могу да симулирају природне феномене (Saure, 1988:72).

А испитивања су показала и то да је за визуелно својство тзв. "*naturalness*" које се приписује неким фракталним објектима управо заслужна - компонента случајности (Reitgen et al., 2004; Taylor & Sprott, 2008). А важно је овде и то да се у неким испитивањима естетских преференци према фракталним објектима, то својство *природности* појављује као значајан корелат већих преференци (Richards, 2001).

Аутор Бовил (Bovill, 1996) пише да природа и у својим облицима и у начину на који се мења кроз време показује некакву праву меру између предвидљивости и случајности или: "*the mixture of order and surprise*" (стр. 6). Један од начина, према аутору, да грађевине буду у складу са својим природним окружењем, је коришћење *fractional Brownian functions* (које већ имају у себи компоненту тог изненађења) као: "*a quantifiable calibration tool for the mixture of order and surprise*" (стр.6) у архитектонском и урбанистичком пројектовању. Значи, коришћење *fractional Brownian functions* значило би укључивање случајности у процес пројектовања а тиме би и резултати пројектантског поступка били до неке мере и на неки начин *неизвесни* или *непредвидљиви*.

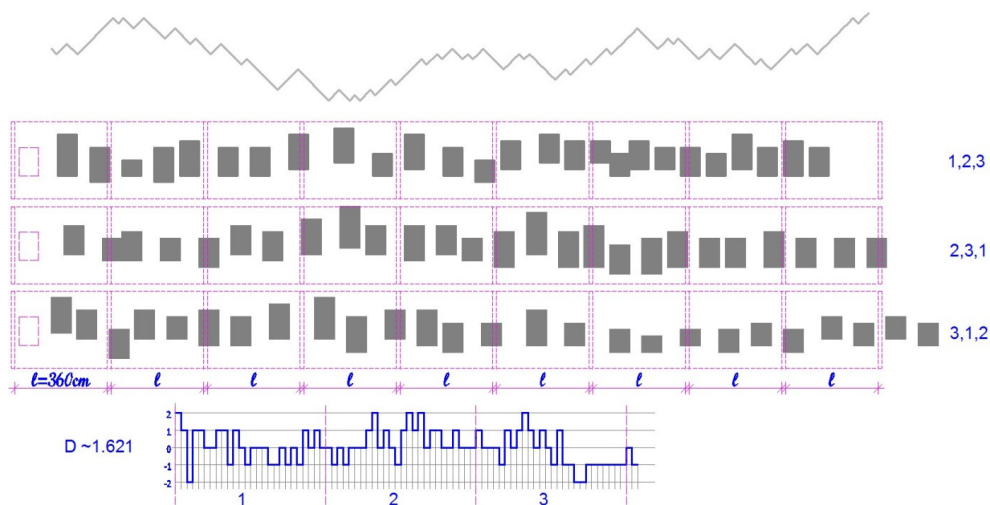
Питање је сада: у којим ситуацијама се *непредвидљивост* као компонента пројектантског процеса може толерисати и када је нека мера *изненађења* у односу на резултат прихватљива и пожељна а када се она не може прихватити? И аутор Бовил, који ритам сличан природном ритму описује као комплексан ритам (највише због присутне компоненте случајности) наглашава: "Фрактални ритам обезбеђује метод за постављање комплексног ритма *тамо где је одговарајуће* да имамо комплексан ритам" (стр.180, мој италијански). Па, поставља се питање, где је такав ритам - одговарајући?

Да би се илустровао ефекат укључивања случајности у процес пројектовања, поступак детерминисања ритма уз помоћ једне *fractional Brownian function* (која је претходно, према свим у овом раду описаним критеријумима изабрана или генерисана као одговарајући модел за посматрани случај ритма) поновљен је три пута (Фиг. 56). Коришћени су различити сегменти криве, који су, пошто је у питању, случајан фрактал, само *статистички* слични. Елемент чијим се вишеструким јављањем генерише ритам био је прозор на фасадном зиду а ритам је детерминисан за три његова визуелна својства: висина прозора, висина парапета и хоризонтално растојање од суседног прозора, у овом случају од претходног прозора у низу. (На Фиг. 56 је изнад детерминисаних низова прозора, постављена једна фрактална функција као замишљена силуета природног окружења да би се илустровала идеја о сличној ритмичкој структури природе и архитектуре. Три броја са десне стране сваког низа означавају сегменте криве који су коришћени за три наведена визуелна својства, у редоследу којим су овде наведена). Да би се добила довољно уочљива варијабилност, скуп изабраних вредности за сва три визуелна својства формиран је тако да су се у њему налазиле и мање повољне вредности којима су биле придружене оне вредности функције чија је вероватноћа појављивања мања. Јасно је да коначан изглед резултата три пута поновљеног поступка детерминисања није могао унапред да се у потпуности предвиди. Уз помоћ исте функције детерминисана, ова три реда прозора су између себе слична али само *статистички слична*, јер су такви и сегменти функције. Наиме, сва три низа имају *исти* број различитих вредности за посматрана визуелна својства и *исти* број различитих интервала али промена од позиције до позиције им је само *слична* и мали и велики интервали, тј. и постепене и нагле промене заступљени су у *приближно* истој мери. И оно што је овде веома важно је то да те различите вредности и различити интервали нису дуж низова равномерно или уједначено дистрибуирани: сличне вредности и слични интервали су на појединим дужим или краћим сегментима позиција груписани захваљујући особини ових функција о којој је било говора, а то је особина *инертности*.

Ту непредвидљиву неравномерност аутор Бовил (Bovill, 1996) означава као: "*clustered randomness*" (стр. 145), и препознаје је и у природним облицима и у природним процесима: "Ова груписана случајност се показује у природним

облицима, од планина, шума и дрвећа до облака и звезда на небу" (стр.145), и: "Груписана случајност присутна је и у променама температуре ваздуха" (стр.116). Овде се сада може запазити нешто веома значајно (за евентуално даље испитивање релације појмова: ред или уређености и равномерност или једнакост): да управо захваљујући тој неравномерности, или некој врсти неједнакости, сваки низ добија своју посебност и специфичан изглед којим се јасно разликује од остала два.

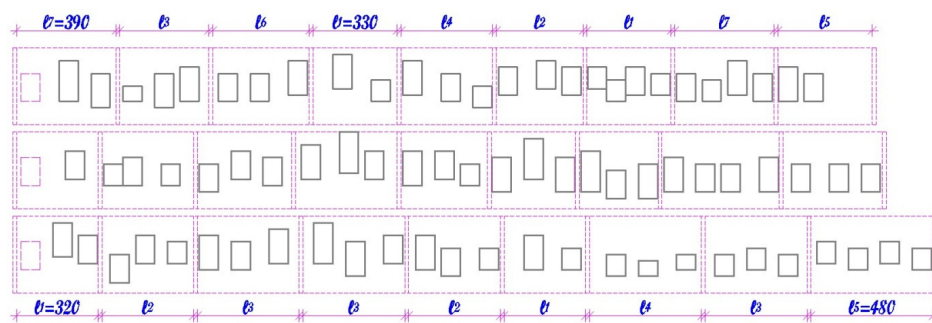
Пошто се низови дакле разликују, један од њих би се могао проценити и изабрати као прихватљивије решење у датој ситуацији, односно, одбацити као најмање прихватљиво. На пример, у трећем низу, груписање великих растојања а малих прозора на једном сегменту позиција и сл. може да се појави као више или мање проблематично у односу на остале релевантне аспекте грађевине.



Фиг. 56. Случајност у процесу пројектовања подразумева ограничену предвидљивост резултата

Као предмет спроведеног поступка узет је такав елемент (наиме, прозор који обезбеђује поглед, природну светлост и вентилацију унутрашњем простору) који је повезан са великим бројем значајних аспеката једне грађевине (намена простора, конструкција итд.) па би његова својства (димензија, положај, итд) требало да произлазе из релација усклађивања са осталим релевантним аспектима. А затим и три својства овог елемента, чији је ритам овде детерминисан, су управо она која утичу на остварење улоге коју посматрани елемент има, у спрези са другим елементима, у грађењу јединица простора предвиђених за неку намену.

Важно је нагласити да је за предмет поступка овде изабран управо такав елемент и таква његова својства (а не, на пример, боја сунчаних застора) да би се показало како преузимање ритма са *fractional Brownian functions* у таквим ситуацијама, и поред правилно изабране и функције и свих вредности за визуелно својство, може да буде проблематично у односу на многе друге аспекте грађевине. На пример, како резултујуће непредвидљиво груписање ових прозора ускладити са нпр. намераваном равномерном и уједначеном поделом унутрашњег простора (коју најчешће прати одговарајућа, иста таква, правилна конструкција) и која најчешће захтева и уједначени третман и уједначене услове по питању осветљења, погледа и сл. (као на Фиг. 56 где може бити реч о нпр. идентичним хотелским јединицама). Ту се заправо ради о "сукобу" два система или два приступа: један који прихвата разноликост, неуједначеност и неравномерност и други који тежи понављању, уједначености и равномерности. Пошто се такви елементи, као што су прозори, не могу одвојити од свих осталих аспеката простора, који се односе на његову материјалност, његову употребу и његово значење, онда би овако детерминисан ритам захтевао, затим, прилагођавање и промене свих осталих релевантних аспеката. На Фиг. 57 илустровано је како би неравномерно груписање које је уведено на нивоу једног елемента требало да се "прошири" и на остале релевантне елементе, кроз потребна прилагођавања. Овде је то прилагођавање постигнуто формирањем неколико различитих типова просторних јединица, које имају различите ширине, нпр. у доњем низу: 320, 360, 400, 440 и 480, а ту различитост затим би пратио и конструктивни растер, опремљеност јединица и уопште, сви остали релевантни елементи (Фиг. 57).

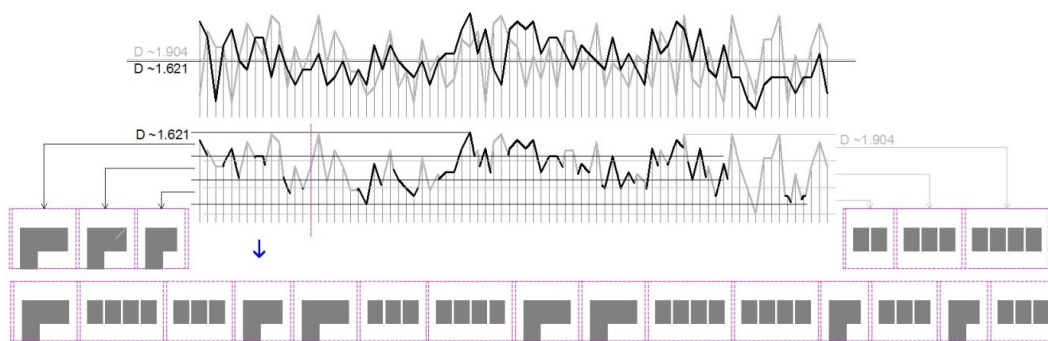


Фиг. 57. Прилагођавање на нивоу једног елемента уведеном неравномерном распореду

Међутим, немогуће је овде не приметити следеће: да је увођење разноликости и неравномерности на овај начин, само преко једног елемента, у једну иначе органски повезану целину узајамно условљених елемената, без обзира о ком просторном нивоу је реч, нешто што је једној целини споља наметнуто и насилно у оном истом смислу и са истом проблематичношћу са којом јој се преко неког другог елемента може наметати нпр. једноликост (једноличност) и равномерност.

Осим таквог уношења случајности, разноликости и неравномерног груписања у целину преко једног елемента, што захтева промене и прилагођавање осталих релевантних елемената, са већим или мањим успехом, могући су и другачији приступи којима би се већ у старту елиминисали неки од ових проблема.

Један од могућих приступа је да елемент чији се ритам промене детерминише на овај начин не буде елемент издвојен из целине већ управо сама целина на неком нивоу просторне организације код које су сви релевантни елементи већ усклађени. Таква једна целина могла би да буде нпр. хотелска соба као јединица хотелског блока или кућа као јединица уличног низа (Фиг.58). Формирањем различитих типова соба, односно, кућа, које би карактерисала и различита визуелна својства, и њиховом дистрибуцијом уз помоћ *fractional Brownian functions*, могла би се остварити жељена разноликост а да, може се претпоставити, случајно груписање и неравномерност не би долазиле у сукоб са свим осталим релевантним захтевима и условима.

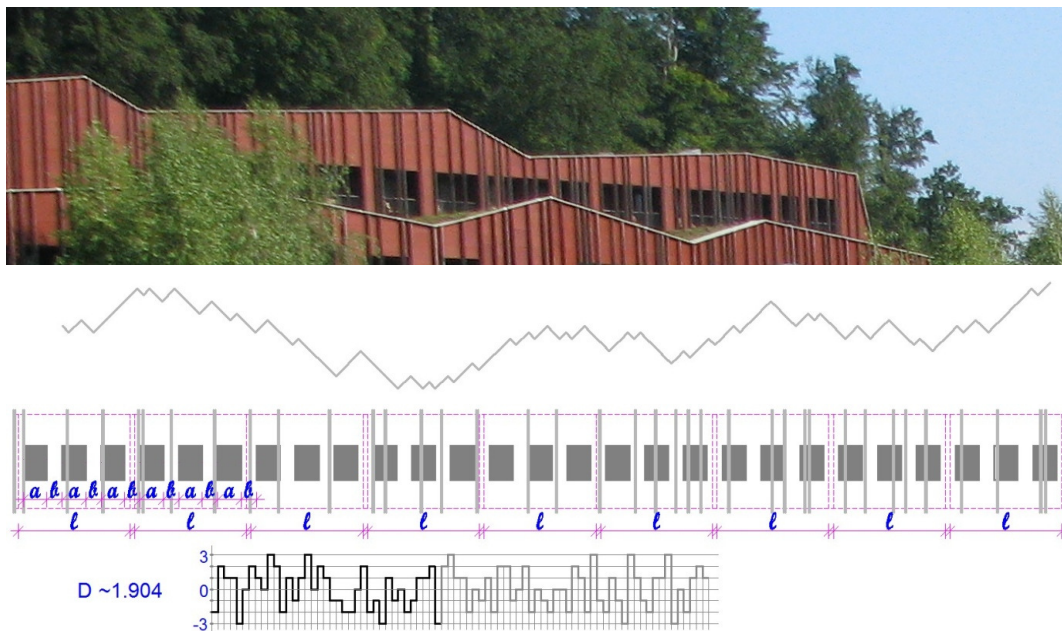


Фиг. 58. Фрактална дистрибуција просторних и функционалних јединица посматраног пр. нивоа

С друге стране, као друга крајност, препознају се ситуације у којима се детерминисање ритма уз помоћ *fractional Brownian functions* може прихватити

скоро без ограничења, и о којима је већ било реч, али ће се овде поново укратко навести.

Једна од таквих ситуација јавља се код елемената чија је улога значајна из аспекта материјализације или употребе простора а посматрано визуелно својство утиче на остварење те улоге (нпр. висина прозорских парапета, као на Фиг. 50), под условом да је могуће за посматрано визуелно својство изабрати довољан број различитих вредности које су подједнако прихватљиве тако да су и интервали између њих подједнако прихватљиви и довољно велики или уочљиви да се може постићи жељена варијабилност. Затим, друго, код елемента чија је улога значајна из аспекта материјализације или употребе простора, али посматрано визуелно својство не утиче на остварење те улоге (нпр. боја фасадних панела). И треће, када су у питању елементи чија улога није значајна из аспекта материјализације, употребе и других релевантних аспеката арх-урб. композиције, односно, који не представљају елементе једне усклађене целине на тај начин да њихова својства проистичу из интеракције са свим другим елементима, већ су јој на неки начин само "споља додати" и најчешће се у арх-урб. композицијама јављају у виду орнамената или декорације (Фиг. 5, Фиг. 59).



Фиг. 59: *Terme Olimia*, Крањска Гора, пројектант ЕНОТА, аутор фотографије Ђорђе Ђорђевић
Фиг. 59а. Елементи чија је сврха само да визуелно ускладе два различита ритма као два - реда

На Фиг. 59, и на фотографији и на цртежу, на фасади као месту сусрета "споља" и "унутра", сусрећу се и два ритма, као две врсте реда (непредвидљиви ред или детерминистички хаос природног окружења и предвидљиви ред изграђене средине): један, који се слаже са оним "споља" (овде са природним окружењем) тако што подражава његову случајност и неравномерност, и други, који је у складу са оним "унутра" (понављање димензија и положаја просторних јединица, стубова, прозора) и тако одражава његову егзактност и равномерност или уједначеност (Фиг.59).

ГЛАВА 6

ИЗБОР **RANDOM CURDS** КАО МОДЕЛА РИТМА

6.1 Детерминисање ритма у арх-урб. композицијама уз помоћ *random curds* као математичких модела ритма

Аутор Бовил (Bovill, 1996, 2000) је предложио и описао метод детерминисања ритма у архитектури уз помоћ *random curds*. Тако детерминисан ритам аутор је означио као *fractal rhythm*.

Random curds су објекти Фракталне геометрије из класе случајних фрактала које аутор Бовил описује као "*disconnected set of points that has a clustered characteristic*" (Bovill, 1996, стр.92), а скуп неповезаних тачака, према предлогу Манделброа (Mandelbrot, 1982), назван је *fractal dust*. Аутор Бовил посматрао је *random curds* као да су математички модели природног ритма или природне дистрибуције елемената и описао је процедуру преузимања тог ритма са модела на ритам у архитектури. Намера аутора била је да тако у архитектонско-урбанистичким композицијама оствари варијабилност и случајно груписање слично оном које постоји у природи.

Случајни фрактали, као и детерминистички или егзактни фрактали, настају као резултат конструкционих процедура или алгоритама који су најчешће повратни, рекурзивни, с том разликом што је у процес конструисања случајних фрактала укључена и компонента случајности (коришћењем случајних бројева, бацањем

новчића или коцкице), па су алгоритми за њихово конструисање недетерминистички. Тако, код случајних фрактала, у које спадају и *random curds*, непроменљивост кроз више размера је статистичка, тј. присутна је, не егзактна, већ *statistical self-similarity*, а та особина где је поглед на већи део недовољан да се потпуно тачно предвиди изглед увеличаног мањег дела, је управо основна особина фрактала у природи (Voss, 1988). Такође, истраживања су показала (Peitgen et al., 2004; Taylor & Sprott, 2008) да је за визуелно својство природности, природног изгледа, или тзв. *naturalness* или *natural-looking*, управо заслужна компонента случајности (*randomness*), као и да је својство *naturalness* у експерименталним испитивањима естетских преференци значајан корелат већих преференци (Richards, 2001).

Random curds могу се добити спровођењем једноставног процеса *curdling* према предлогу аутора Манделброа (Mandelbrot, 1982). То је, према речима аутора, каскадни процес који резултује у контракцији ("*in contraction*"), а произашао је из настојања да се: "*mimic reality by purely geometric means*" (стр. 84). Као пример неравномерне дистрибуције материје у природи, Манделбро наводи груписање галаксија и звезда.

За конструкцију ових фрактала, према Манделброу, потребна је "мрежа или растер сачињен од дужи, квадрата или кубуса, где је сваки издељен на b^E субдужи, супквадрата или супкубуса; b је основа мреже" (стр. 210), а E је овде 1, 2 или 3, за дужи, квадрате или кубусе, тим редом. *Curdling* или случајно груписање постиже се низом бинарних случајних избора (уз помоћ коцкице или новчића) о судбини сваке од b^E субдужи, супквадрата или супкубуса. Са вероватноћом $p < 1$, према речима аутора: "*the subinterval survives as part of a precurd; otherwise, it dies off*". (стр.211) Са "преживелим" дужима, квадратима или кубусима, прелази се у наредни корак каскадног процеса. Бирањем вероватноће догађаја за сваки корак процеса као и броја корака, може се добити модел случајног груписања елемената, са жељеним карактеристикама. Вероватноће $p = 1/2, 1/3, 2/3$, и сл. могу се постизати једноставно, бацањем новчића или коцкице.

Аутор Бовил је, описујући поступак преузимања ритма са фракталног модела на ритам у архитектури, као илустрацију могућности да се ритам у архитектонским и урбанистичким композицијама генерише на овај начин, навео

"Parc de la Villette" где су јединице, уместо уз помоћ Еуклидове мреже, могле бити распоређене као случајна "*fractal dust*", која својом, према речима аутора: "*mix of order and disorder*" (стр.176), доводи у питање досадашњи концепт реда, односно, његово тумачење. За предложени распоред јединица аутор је као математички модел користио *random curd*, генерисану у процесу *curdling* кроз три корака, и са вероватноћом преживљавања различитом за сваки корак процеса, наиме, $2/3$, $1/2$, и $1/3$, тим редоследом.

6.2 Прихватљивост *random curds* у односу на установљену типологију ритма

6.2.1. Број просторно-временских одредница

Да би се у поступку детерминисања ритма који се овде посматра као поступак аналошког трансфера, успоставило потребно структурално поравнање између математичког модела, овде *random curd* и ентитета архитектонско-урбанистичке композиције, односно релација придруживања један-на-један, потребно је да број просторно-временских одредница које у потпуности одређују положај сваког појединог ентитета композиције одговара димензионалности помоћне конструктивне мреже са бројем поља b^E где E представља тражену димензионалност и може бити 1, 2 или 3, за мрежу која се састоји од дужи, квадрата или кубуса, тим редом.

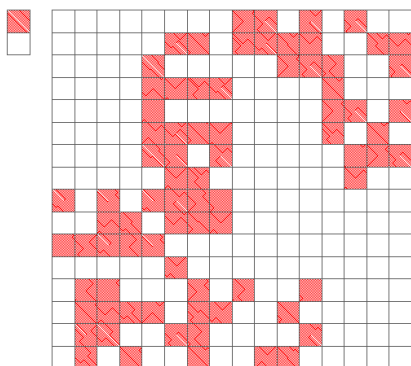
Ако ритам ентитета композиције одређују само просторне димензије, једна, две или три, што се може записати као $F(x)$, $F(x,y)$ или $F(x,y,z)$, онда је јасно структурално поравнање са *random curd* одговарајуће просторне димензије. На пример, ритму који одређују две просторне одреднице одговараће *random curd* са b^2 елемената. С друге стране, слично као код функција, ако је ритам просторно-временски а *random curd* је само "просторна", та временска димензија ритма добијаће се узастопним одговарајућим "пресецима" фракталног модела. На пример, ако је ритам одређен једном просторном и једном временском одредницом, тј. чини га низ (једнодимензионални) ентитета композиције чија се нека својства мењају у времену, што би се могло представити као $F(x,t)$, онда ће се као модел ритма узети *random curd* са b^2 елемената, заправо њени узастопни пресеци у једном или у другом правцу са b елемената, у виду узастопних "редова"

или "колона" где ће сваки ред или колона представљати један тренутак t_n за ритам ентитета.

6.2.2. Број изабраних вредности визуелног својства

Вредности за визуелно својство ентитета и њихов број одређују се пре поступка детерминисања ритма, испитивањем свих релевантних аспеката и у складу са улогом коју ће посматрани ентитет имати у материјализацији, употреби или значењу простора. Када су у питању *random curds* као потенцијални модели ритма, онда је број изабраних вредности визуелног својства ту веома значајан.

Наиме, ако је број изабраних вредности - два, онда једна *random curd* може бити математички модел таквог ритма јер се и *random curd* на свакој размери посматрања састоји од субинтервала, супквадрата или супкубуса који могу бити само у једном од два могућа стања: "преживљава - не преживљава", а та бинарна релација "пуно-празно" или "постоји - не постоји" може се превести и у "постоји једно-постоји друго", па ће свако од два могућа стања у поступку детерминисања ритма бити аналог за по једну вредност визуелног својства ентитета арх-урб. композиције. На Фиг. 60 представљена је *random curd* генерисана у поступку *curdling* кроз два корака, са по 4^2 супквадрата на сваком кораку, и са вероватноћом "преживљавања" $2/3$ у првом а $1/2$ у другом кораку (Фиг. 60).

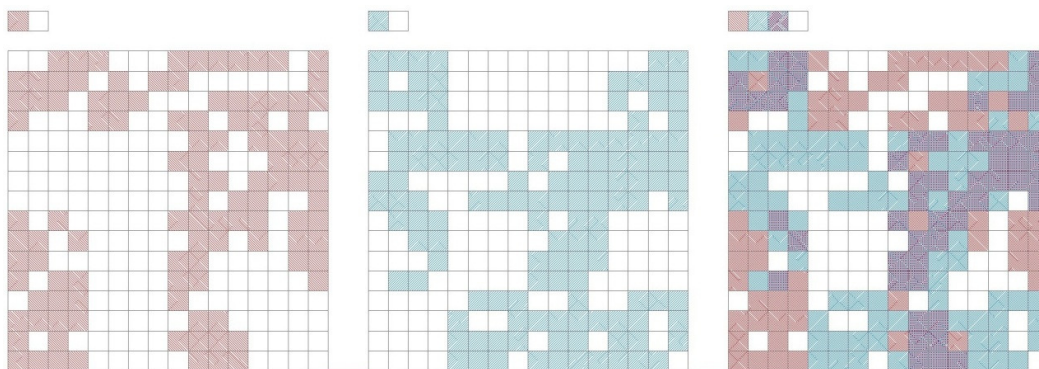


Фиг. 60: Потенцијални математички модел ритма са два могућа стања

Ако је број могућих стања или изабраних вредности за визуелно својство већи од два, у овом раду се за такве ситуације предлаже преклапање две или више

random curds, под условом да имају исту величину и број b^E субдужи, супквдрата или супкубуса, као и да E , које упућује на димензионалност, буде исто за све преклопљене *curds*.

Ако се преклопе две *random curds*, онда свако од b^E субдужи, супквдрата или супкубуса (на датој посматрања) јавља се у једном од четири могућа вида или стања: "преживљава" једна, "преживљава" друга *random curd*, "преживљавају" обе или не "преживљава" ни једна. Тако би се преклапањем две *random curds*, могао добити математички модел за оне случајеве ритма визуелних својстава архитектонских елемената код којих је број изабраних вредности - четири. На Фиг. 61 преклопљене су две *random curds* генерисане у поступку *curdling* кроз два корака, са по 4^2 супквдрата на сваком кораку, и са вероватноћом $3/4$ у првом а $2/3$ у другом кораку (Фиг.61).

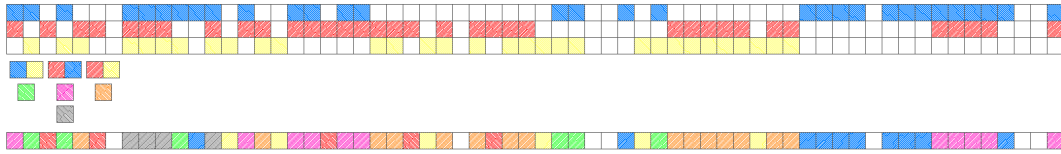


Фиг. 61: Потенцијални математички модел ритма са четири могућа стања

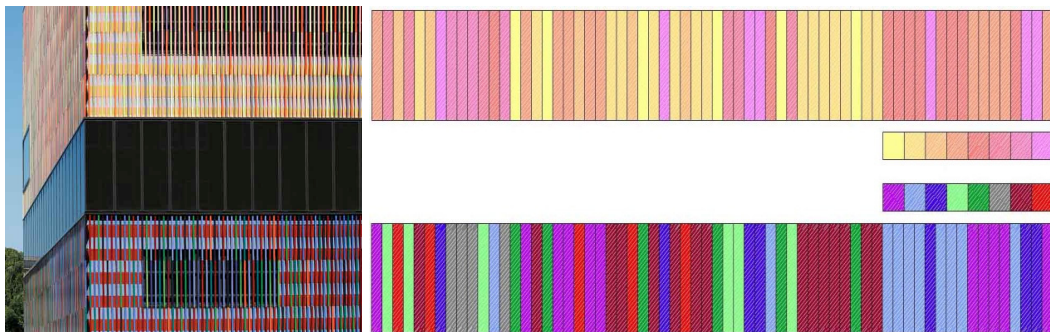
На сличан начин, ако се преклопе три *random curds*, онда свако од b^E субдужи, супквдрата или супкубуса (на датој размери посматрања) јавља се у једном од осам могућих стања: "преживљава" само прва *random curd*, "преживљава" само друга, "преживљава" само трећа, "преживљавају" прва и друга, "преживљавају" друга и трећа, "преживљавају" прва и трећа, "преживљавају" све три или "не преживљава" ни једна. Тако би се преклапањем три *random curds*, могао добити математички модел за оне случајеве ритма визуелних својстава архитектонских елемената код којих је број изабраних вредности - осам.

На Фиг. 62 преклопљене су три *random curds* генерисане у поступку *curdling* кроз два корака, са по 8^1 субдужи на сваком кораку, и са вероватноћом $3/4$ у

првом а $2/3$ у другом кораку. Ритам штапићастих фасадних елемената различитих боја на Фиг. 63 могао се генерисати на овај начин, уз помоћ математичког модела добијеног преклапањем три *random curds*.



Фиг. 62: Потенцијални математички модел ритма са осам могућих стања



Фиг.63а: *Brandhorst Museum, Munich, 2005-08, L.Hutton и M. Sauerbruch* <http://www.archdaily.com>

Фиг.63б: Ритам промене генерисан уз помоћ математичког модела са осам вредности



Фиг.64а: *GSW Headquarters, Germany, 1999., M. Sauerbruch* <http://architecturerevived.blogspot.com>

Фиг.64б: Математички модел са осам различитих вредности као модел ритма за осам стања

На Фиг. 64 преклопљене су три *random curds* генерисане у поступку *curdling* кроз два корака, са по 4^2 субдужи на сваком кораку, и са вероватноћом $3/4$ у првом а $2/3$ у другом кораку. Таквим преклапањем три *random curds* могао се добити математички модел распореда сунчаних застора у више боја као на згради *GSW Headquarters, Berlin, Germany, 1990-99., L.Sauerbruch u M.Hutton* (Прилог 9).

Према томе, број изабраних вредности визуелног својства овде је значајан јер се преклапањем две или више *random curds* могу добити математички модели за генерисање ритма у арх-урб. композицијама само за случајеве где је тај број једнак броју свих различитих могућих исхода за преклопљени број *random curds*. Наиме, ако се број преклопљених *random curds* означи са n , онда је број различитих могућих исхода, означен са R , једнак збиру броја комбинација од n елемената прве класе, друге класе, итд., до n -те класе, увећан за један, где се један односи на исход када су све преклопљене субдужи, супквадрати или супкубуси они који "не преживљавају". То се може математички записати:

$$R = \binom{n}{0} + \binom{n}{1} + \binom{n}{2} + \dots + \binom{n}{n} = (1 + 1)^n = 2^n$$

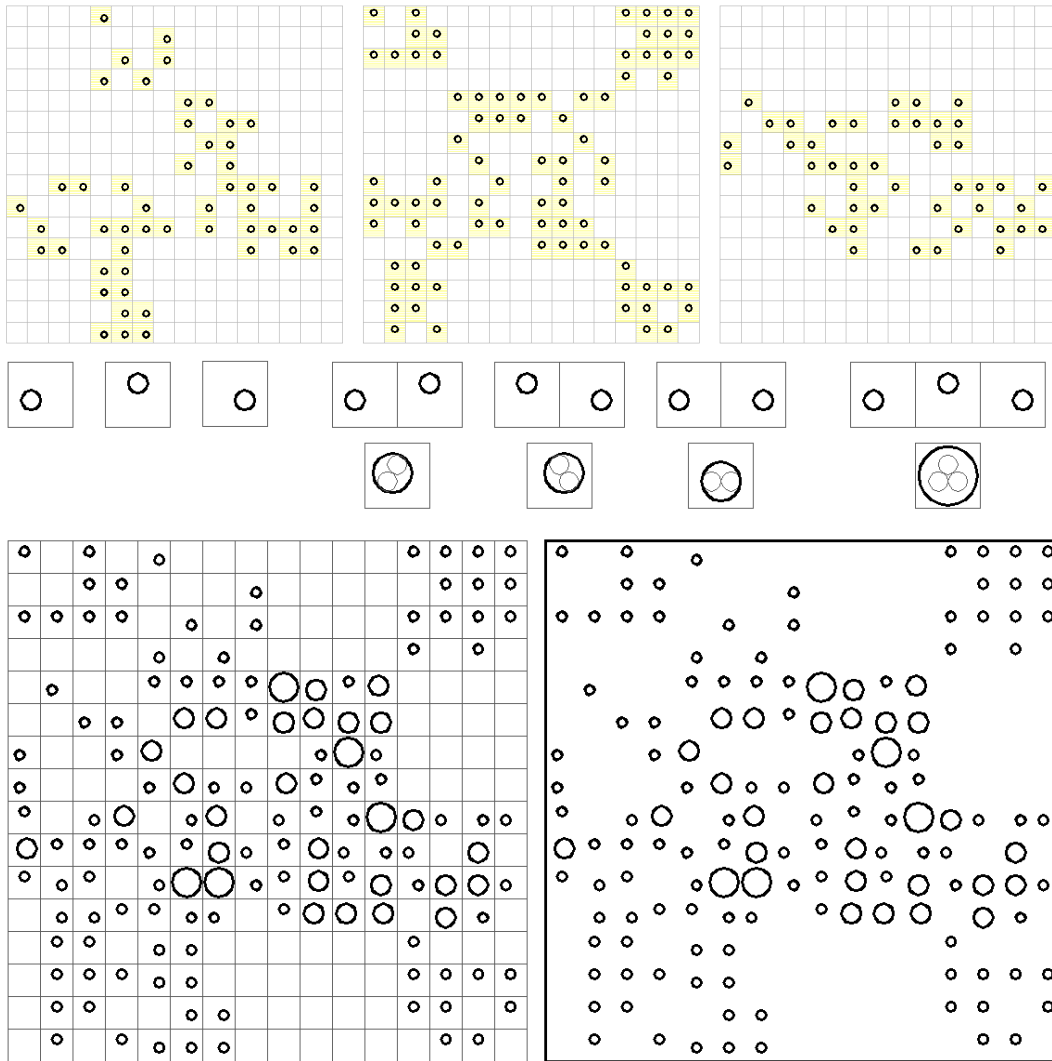
или краће

$$R = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} = (1 + 1)^n = 2^n$$

Овде се субдужи, супквадрати и супкубуси који "не преживљавају" третирају на исти начин за све *curds*, наиме, као "празни" или неутрални, односно такви да њихова вредност или њихово присуство не утиче на исходе.

Код коришћења математичког модела добијеног описаним преклапањем две или више *random curds*, за коначан изглед генерисаног ритма значајно је и то на који ће се начин третирати субинтервали, супквадрати или супкубуси који "преживљавају". Наиме, преклапањем се могу "изгубити" почетне вредности и добити нова вредност, као на Фиг. 62 и 64, где се преклапањем две боје, на пример плаве и црвене, добија трећа, љубичаста. У наведеном случају та новодобијена вредност је некаква средња вредност између почетних вредности и

могућа је као таква у ситуацијама када су почетне вредности исте врсте и узајамно упоредиве на некој скали вредности. Такође, могуће је да та новодобијена вредност буде визуелни еквивалент њиховог "збира" ако је реч о нпр. димензионалним визуелним својствима чије се вредности могу на неки начин "сабирати" (Фиг.65).

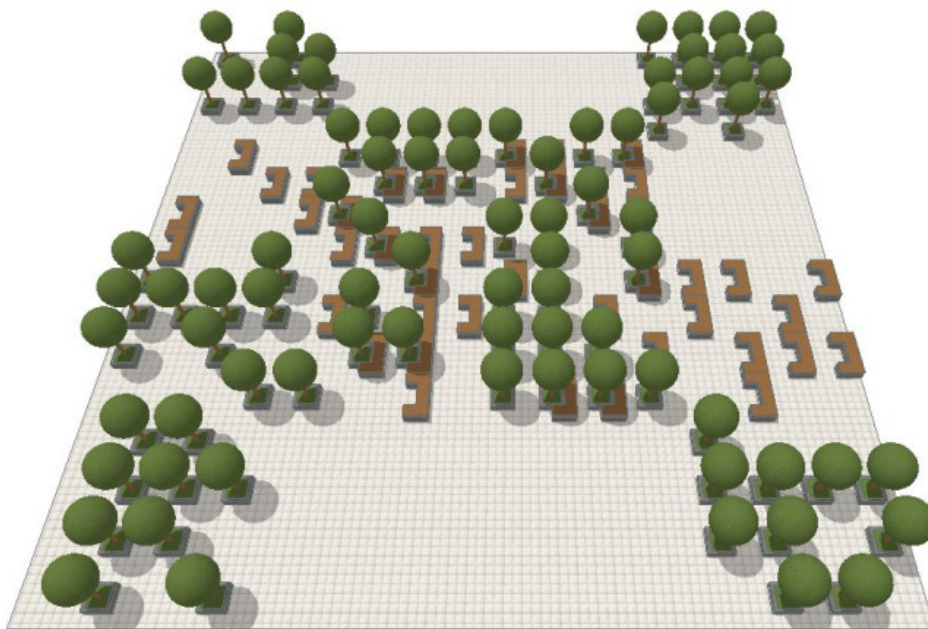


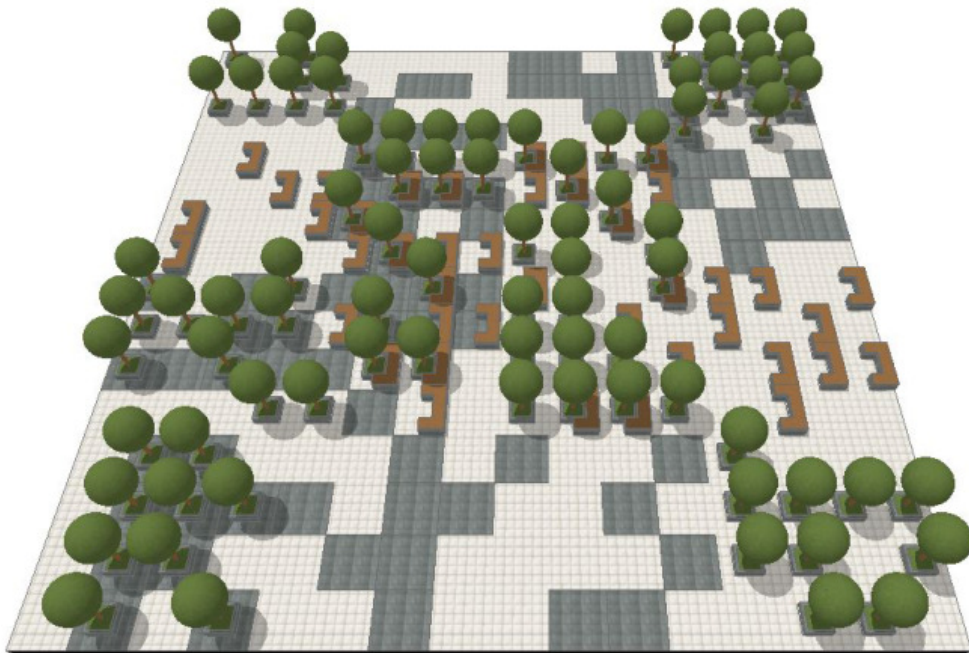
Фиг.65. Преклопљене вредности замењене су визуелним еквивалентом њиховог "збира"

На Фиг. 65, која може представљати неку неравномерно перфорирану површину, као математички модел коришћене су три преклопљене *random curds* генерисане у поступку *curdling* кроз два корака, са по 4^2 супквадрата на сваком кораку, и са вероватноћом $1/2$ у оба корака. Њихови супквадрати који

"преживљавају" били су аналог за кружне отворе исте величине али у три различита положаја у односу на центар квадрата. Супквадрати на којима су се преклапала два или три кружна отвора третирани су на тај начин да су преклопљени отвори "заменајивани" одговарајућим већим кружним отворима као визуелним еквивалентима њиховог њиховог "збира" .

Осим описане могућности када се преклапањем почетних добија нова вредност (две боје дају трећу боју или два мања отвора један већи и сл.) а што се математички може записати као: $a+b=c$, могућ је и приступ у коме се почетне вредности не замењују новом вредношћу већ и после преклапања задржавају своја почетна својства и остају визуелно присутне, што би се могло записати као: $a+b=ab$. На Фиг. 66 преклопљене су прво две а затим и трећа *random curd*, које су генерисане у поступку *curdling* кроз два корака, са по 4^2 супквадрата на сваком кораку, и са вероватноћом $1/2$ у првом и другом кораку за прве две а $2/3$ у првом и $1/2$ у другом кораку за трећу *random curd*. Затим је добијени модел коришћен у распоређивању елемената хипотетичког трга или парка тако да су *curds* представљале аналоге за следеће елементе: дрво са жардињером, клупа обликована тако да се усклади са преклопљеном жардињером и сиве подне плоче. "Празна" поља су код све три *curds* била аналог за беле подне плоче (Фиг.66).





Фиг.66. Почетне вредности и после преклапања задржавају своја својства и визуелно присуство

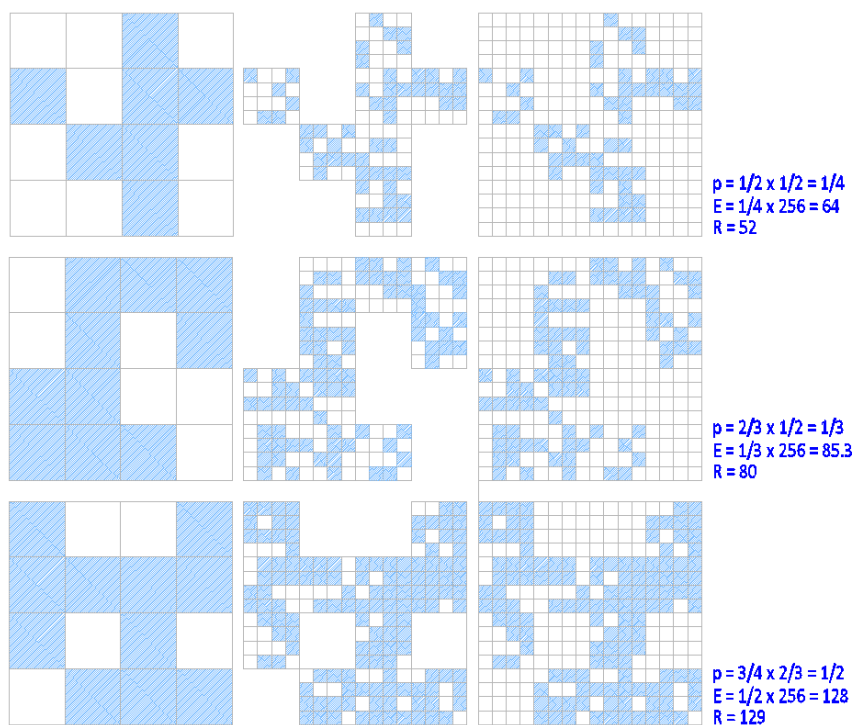
6.2.3. Условљеност изабраних вредности визуелног својстава

Према раније овде установљеној типологији ритма, условљеност или потенцијална неравноправност стања која би се утврдила испитивањем свих релевантних фактора, може да се односи на жељену учесталост или на распоред могућих стања у генерисаном ритму.

Ако је условљен број могућих стања, потребно је да се учесталост изабраних вредности у генерисаном ритму може контролисати већ у избору или генерисању модела, тако да се стања, која су нпр. оцењена као више пожељна или прихватљивија појављују у већем броју у генерисаном ритму. Када су у питању *random curds* као модели ритма, потребна мера заступљености могућих стања може се регулисати једноставно избором вероватноће преживљавања елемената за сваки корак поступка *curdling*, где ће после спровођења поступка број стварно преживелих субдужи, супквадрата или супкубуса бити приближно (приближно, пошто је у питању процес са присутном компонентом случајности), једнак очекиваном броју.

На Фиг. 67 приказане су три *random curds*, генерисане у поступку *curdling* кроз два корака. За ове три *random curds* изабрана је различита вероватноћа преживљавања, и то: за горњу *curd* $1/2$ и $1/2$ у првом и другом кораку, за средњу

$2/3$ и $1/2$ и за доњу $3/4$ и $2/3$, па је и очекивани и стварни број преживелих поља био различит. Вероватноћа за поље да преживи после другог корака била је: $1/4$, $1/3$ и $1/2$, за горњу, средњу и доњу *random curd*, тим редом, што значи да је код сваке требало да преживи 64, 85 и 128 поља од могућих 256, тим редом. Број стварно преживелих поља разликовао се у мањој или већој мери од очекиваног броја и био је: 52 од очекиваних 64 код горње, затим, 80, од очекиваних 85 код средње и 129 од очекиваних 128 код доње *curd* (Фиг. 67).



Фиг. 67: Избором вероватноће преживљавања регулише се потребана учесталост стања

Међутим, са неком вероватноћом може се предвидети и на тај начин и регулисати број преживелих поља, али, не и њихов распоред, јер је у питању случајан процес. Према томе, *random curds* могу се појавити као одговарајући модел и за условљена стања, али само тамо где се условљеност односи на укупну заступљеност стања али не и на њихов распоред који је, не само случајан, већ, што је често већи проблем ако су стања условљена, и неравномеран, са тенденцијом "згушњавања" у неким зонама, док неке зоне остају потпуно "празне".

6.2.4. Узајамни однос сличности изабраних вредности визуелног својства

Random curd представља на случајан начин груписане, за сваки ниво или размеру посматрања, елементе или "поља", организоване линијски, површински или просторно, који могу бити у једном од два стања: пуно поље и празно поље (где је пуно поље оно које преживљава и може да иде у даљу процедуру), а та бинарна релација "има-нема" или "постоји-не постоји" може се превести и у "постоји једно-постоји друго", без обзира на узајамну сличност тог "једног" и "другог". То значи да се *random curds*, генерисане у поступку *curdling* могу прихватити као модел ритма без обзира да ли је у питању ритам сличних или несличних стања. На пример, добијеним различитим вредностима, после преклапања *curds*, у релацији придруживања један-на-један, могу се доделити вредности визуелног својства такве које су узајамно сличне али и веома различите. У зависности од додељених вредности, могући интервали ће бити мањи или већи.

На Фиг. 68, могућим вредностима модела, којих овде има четири или осам, додељене су сличне вредности такве да могу да формирају градацијске низове са равномерном стопом промене, да би се добио ефекат "светлуцања" или природних текстура код којих се под различитим угловима прелама светлост, као на стадиону у Јоханезбургу, где, према речима пројектанта, осам боја и две текстуре: "reference to the shades and textures of the calabash" (http://www.e-architect.co.uk/africa/soccer_city_stadium.htm, Soccer City Stadium, Johannesburg, 2007-2010, Boogertman Urban Edge and Partners).

6.2.5. Условљеност или равноправност свих могућих интервала

У зависности од изабраних вредности за визуелно својство, а које овде могу бити и сличне и веома различите, интервали ће бити мањи или већи. Тако, ако су интервали условљени па је потребно да буду нпр. веома мали (као на Фиг. 68 да би се остварио ефекат природне текстуре) онда ће се према томе изабрати и вредности које ће бити у потребној мери узајамно сличне. То значи да се *random curds*, генерисане у поступку *curdling* могу прихватити као модел ритма за било коју потребну или жељену величину интервала између стања.



Фиг. 68а: *Curds*, као модел ритма без обзира да ли су могућа стања слична или неслична

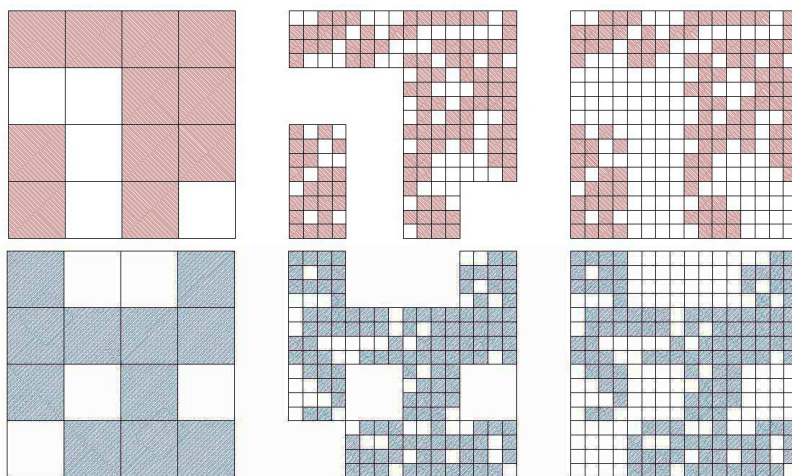
Фиг. 68б: *Soccer City Stadium, Johannesburg, 2007-2010, Boogertman*, <http://www.domusweb.it>

6.3 Прихватљивост *random curds* у односу својства која се у поступку детерминисања преносе са модела на ритам

6.3.1 Прихватљивост у односу на изабрану вероватноћу

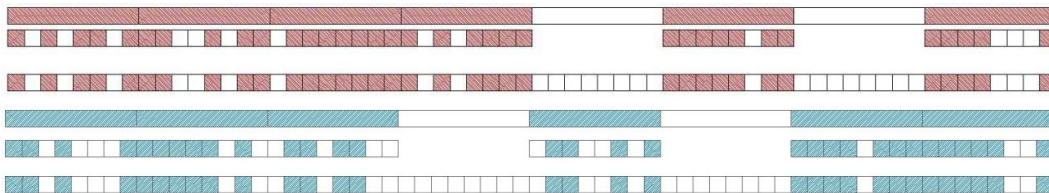
Изабрана вероватноћа за сваки корак процеса генерисања, у поступку *curdling*, значајна је јер од ње зависи заступљеност или учесталост поља која "преживљавају" као и оних која "не преживљавају". Пошто је у питању *вероватноћа*, стварна заступљеност само се више или мање приближава очекиваној заступљености. За сваки корак процеса може се бирати различита вероватноћа. На пример, на Фиг. 69 генерисане су две *random curds*, са по 4^2 супквадрата на сваком кораку, у поступку *curdling* кроз два корака, са истом вероватноћом "преживљавања": у првом кораку $3/4$ а у другом $2/3$. Вероватноћа за

поље да преживи после другог корака је $3/4 \times 2/3 = 1/2$ што значи да је у оба покушаја очекивани број "преживелих" поља био $256/2=128$. Број стварно преживелих поља код прве *curd* био је 111 а код друге 129. Важно је овде још истаћи да се могућност предвиђања, са неком вероватноћом, односи само на број али не и на распоред "преживелих" поља па се добијене *curds* са истом вероватноћом у поступку и са истим бројем корака, иако могу имати исти број стварно "преживелих" поља могу значајно визуелно разликовати.



Фиг.69: Две *random curds*, са по 4^2 супквадрата и вероватноћом $3/4$ у првом а $2/3$ у другом кораку

На Фиг. 70 генерисане су две *random curds*, са по 8^1 супквадрата на сваком кораку (који су линијски организовани па су се овде, раније у тексту третирали као субдужи да би се направила разлика у односу на супквадрате код дводимензионалне, раванске организације, а и Манделбро их означава као *subintervals* у односу на дводимензионалне *subsquares* и тродимензионалне *subcubes*), у поступку *curdling* кроз два корака, са истом вероватноћом "преживљавања": у првом кораку $3/4$ а у другом $2/3$.

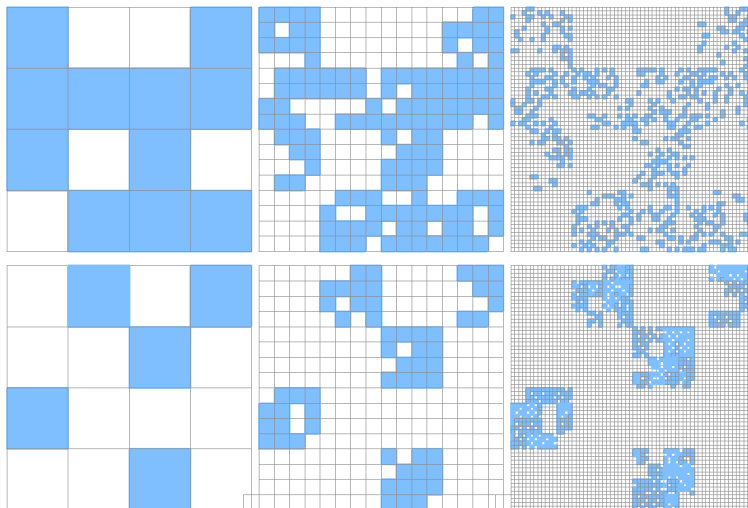


Фиг.70: Две *random curds*, са по 8^1 супквадрата и вероватноћом $3/4$ у првом а $2/3$ у другом кораку

Вероватноћа за поље да преживи после другог корака је $3/4 \times 2/3 = 1/2$ што значи да је у оба покушаја очекивани број "преживелих" поља био $64/2=32$. Број стварно преживелих поља код прве *curd* bio је 35 а код друге 31.

Затим, преклапањем две или више *random curds*, вероватноћа могућих исхода зависи од појединачних вероватноћа за сваку преклопљену *random curd* и једнака је производу појединачних вероватноћа. На Фиг. 61, на моделу добијеном преклапањем две *curds*, вероватноћа за свако од четири могућа исхода била је $1/2 \times 1/2 = 1/4$. Значи, број очекиваних *subsquares* за сваки исход био је $256/4=64$. Број стварно добијених исхода био је следећи: 59 исхода у којима је "преживела" само прва, 77 исхода у којима је "преживела" само друга, 52 исхода у којима су "преживеле" обе, и 68 исхода у којима није "преживела" ниједна (Фиг. 61).

Поставља се овде још једно питање: за исти број корака процеса и за исте "етапне" вероватноће које дају на завршетку процеса исту коначну вероватноћу и исти број очекиваних "преживелих" поља као и приближно исти број стварно "преживелих", да ли је важан и редослед "етапних" вероватноћа за сваки корак процеса, тј. да ли на неки начин утиче на карактеристике добијеног модела а затим и на коначан изглед генерисаног ритма? Да би се то испитало, генерисане су две *random curds* са по 4^2 супквадрата на сваком кораку, у поступку *curdling* кроз три корака и са истим "етапним" вероватноћама али које су биле у различитом редоследу (Фиг. 71).



Фиг.71. Редослед вероватноћа утиче на коначну растрситост или збијеност "преживелих" поља

Редослед вероватноћа за прву *curd* био је: $3/4$ за први, $2/3$ за други, и $1/3$ за трећи корак. Вероватноћа да *subsquare* "преживи" после трећег корака била је $3/4 \times 2/3 \times 1/3 = 1/6$. Према томе, број очекиваних "преживелих" *subsquares* био је $4096/6 = 682$. На крају процеса стварно је "преживело" 656. Редослед вероватноћа за другу *curd* био је: $1/3$ за први, $2/3$ за други, и $3/4$ за трећи корак. Вероватноћа да *subsquare* "преживи" после трећег корака била је иста као код прве *curd*, наиме, $1/3 \times 2/3 \times 3/4 = 1/6$. Број очекиваних "преживелих" *subsquares* био је исто 682. На крају процеса стварно је "преживело" 698.

Упоређењем редоследа вероватноћа за сваки корак процеса генерисања, и коначног распореда "преживелих" *subsquares* (а имајући у виду да је коначна количина преживелих *subsquares* код ових *curds* била приближно иста), може се уочити следеће: да прва *random curd* чије се вероватноће смањују из корака у корак изгледа "растреситије" у односу на другу, код које се вероватноће из корака у корак повећавају, јер је укупна количина "преживелих" поља већ у првом кораку "раширена" преко веће укупне површине. С друге стране, код друге *random curd*, већ у првом кораку, због опредељења за мању вероватноћу, даља процедура се ограничила на мању укупну површину, што је касније произвело већу концентрацију преживелих *subsquares*, тако да зоне са преживелим пољима изгледају збијеније или гушће. Може се из овога закључити да ће својство груписања, које је иначе карактеристично за ове фракталне објекте, бити изражено у већој мери код оних објеката код којих се у почетним корацима, а посебно је ту значајан први корак, бирају мање вероватноће преживљавања у односу на касније кораке. И што још може да буде веома важно, због такве збијености постају видљивије границе "преживелих" *subsquares* из претходног корака па је визуелно присуство геометријског система у поступку, односно правилне мреже или растера, наглашеније или уочљивије што може да утиче на то да овакве *curds* изгледају мање "природно".

6.3.2 Прихватљивост у односу на број корака у поступку генерисања

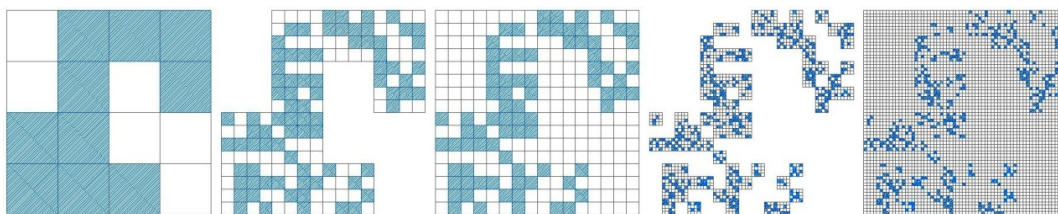
Број корака у поступку *curdling* значајан је јер се у сваком следећем кораку процеса генерисања ове врсте фрактала, количина "преживелих" субдужи,

супквдрата, или супкубуса све више смањује у односу на почетну количину, односно, групише се и згушњава на све мањем простору док се, с друге стране, растојања између преживелих субдужи, супквдрата, или супкубуса, повећавају. Тиме се из корака у корак смањује и вредност фракталне димензије, која се може, за различите кораке процеса, прорачунати *box-counting* методом (Bovill, 1996; Mandelbrot, 1982) и јасно уочити наведена тенденција кроз упоређење добијених вредности. Такође, величина субдужи, супквдрата, или супкубуса се из корака у корак смањује а њихов број се у истом односу повећава.

На пример, на Фиг. 72 генерисана је *random curd*, са по 4^2 супквдрата на сваком кораку, у поступку *curdling* кроз три корака, са вероватноћом "преживљавања": у првом кораку $2/3$, у другом $1/2$ а у трећем $1/3$.

Вероватноћа за поље да преживи после првог корака је $2/3$ што значи да је после првог корака очекивани број "преживелих" поља био $16 \times 2/3 = 10.66$. Број стварно преживелих поља после првог корака био је 10. Вероватноћа за поље да преживи после другог корака је $2/3 \times 1/2 = 1/3$ што значи да је после другог корака очекивани број "преживелих" поља био $256/3 = 85.33$. Број стварно преживелих поља после другог корака био је 80. Вероватноћа за поље да преживи после трећег корака је $1/3 \times 1/3 = 1/9$ што значи да је после другог корака очекивани број "преживелих" поља био $4096/9 = 455$. Број стварно преживелих поља после другог корака био је 436.

И још један податак потребан за прорачун фракталне димензије је величина основе или базе мреже b и износи: 4, 16 и 64, за први, други и трећи корак, тим редом.



Фиг.72. Вредност фракталне димензије се смањује из корака у корак процеса

Box-counting метода прорачунавања фракталне димензије D за први и други корак:

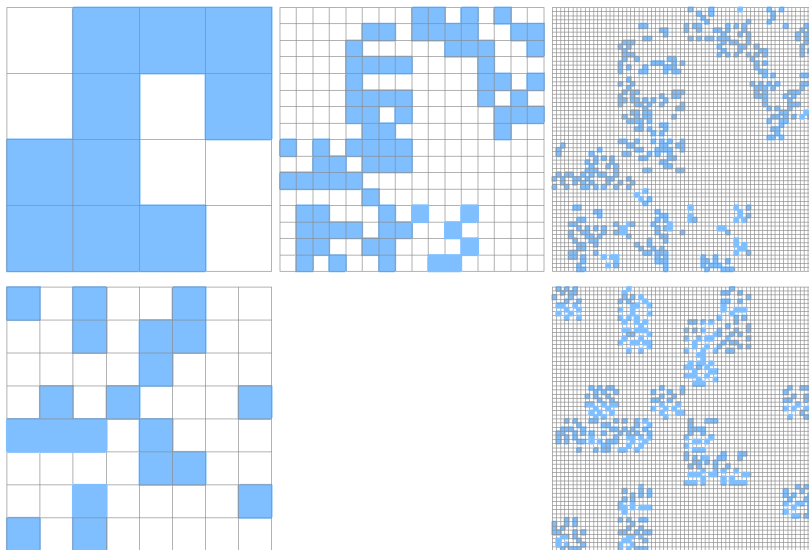
$$D = \frac{\log(80) - \log(10)}{\log(16) - \log(4)} = \frac{1.903 - 1}{1.204 - 0.602} = \frac{0.903}{0.602} = 1.5$$

Box-counting метода прорачунавања Фракталне димензије D за други и трећи корак:

$$D = \frac{\log(436) - \log(80)}{\log(64) - \log(16)} = \frac{2.639 - 1.903}{1.806 - 1.204} = \frac{0.736}{0.602} = 1.223$$

Овде се може поставити следеће питање значајно за примену ових фракталних објеката у детерминисању ритма: да ли се до неке *random curd* као потенцијалног модела ритма са жељеним карактеристикама у односу на величину и број субдужи, супквдрата, или супкубуса и у односу на жељени однос два могућа стања "преживело-није преживело" може доћи кроз различити број корака процеса и да ли ће опредељење за мањи или већи број корака утицати на карактеристике добијене *random curd* а затим и на својства генерисаног ритма у архитектури? На пример, ако нам је потребна *random curd* као математички модел за попљочавање трга димензија 20x20m плочицама димензије око 30x30cm, које су у две боје тако да је жељена заступљеност једне боје знатно мања у односу на заступљеност друге (нпр. у односу 1:8) онда би се као потенцијално одговарајући модел могла узети *random curd* са 64x64=4096 квадрата од којих 1/9 квадрата треба да буду супквдрати који су "преживели" све претходне кораке. До таквог модела може се доћи генерисањем *random curd* у поступку *curdling* кроз три корака, са вероватноћом да супквдрат "преживи" у првом кораку 2/3, у другом 1/2 и у трећем 1/3. Вероватноћа после трећег корака биће једнака оној која нам је потребна 2/3 x 1/2 x 1/3 = 1/9. Да бисмо добили 64x64 супквдрата у трећем кораку, потребно је да мрежа или растер имају по 4² супквдрата на сваком кораку. Међутим, до жељеног модела може се доћи и генерисањем *random curd* у поступку *curdling* кроз два корака, са вероватноћом да супквдрат "преживи" у првом кораку 1/3, и у другом исто 1/3. Вероватноћа после другог корака биће и овде једнака оној која нам је потребна 1/3 x 1/3 = 1/9. Да бисмо добили 64x64 супквдрата у другом кораку, потребно је да овде мрежа или растер имају по 8² супквдрата на сваком кораку (Фиг. 73).

На Фиг. 73 представљене су такве две *random curds* које су обе у последњем кораку имале исти укупни број и величину супквадрата као и приближно једнак број "преживелих" супквадрата: код прве 436 а код друге 417, док је очекивани број "преживелих" супквадрата био код обе $4096/9=455$.



Фиг.73. Већим бројем корака постигнута је већа "растреситост"

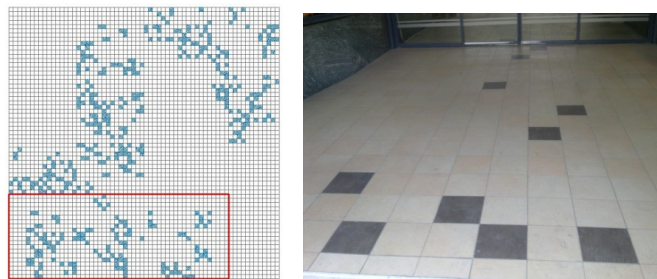
Упоређењем ове две *curds*, због разлике у броју итерација (прва три а друга две) уочава се разлика у начину на који су преживела поља груписана. Наиме, да би после завршног корака била иста вероватноћа преживелих поља, код прве *curd* (*curd* генерисана кроз три корака) вероватноће преживљавања су за први и други корак веће, па је "згрушавање материје" постепеније, и "преживела материја" изгледа растреситије, шири се преко веће основне површине, док је, из истог разлога, у другом случају (са два корака) у првом кораку вероватноћа била мања па је већ тада дошло до концентрације даљег поступка на мању укупну површину, а та веза вероватноће и концентрације или растреситости описана је у претходном поглављу.

6.4 Закључна разматрања о избору *random curds* као одговарајућег математичког модела за ритам који се детерминише

Random curds могу се прихватити као помоћ у пројектантском поступку уз извесна ограничења. Ограничење у примени ових фракталних објеката везано је за

чињеницу да се они добијају у поступку који је недетерминистички, па је у њима присутна компонента *случајности* ("of randomness"), као и за чињеницу да поступак *curdling* (назив изведен од глагола *curdle* - згрушати) (Mandelbrot, 1982) нужно води до *неравномерног* распореда, до неједнаке "густине", до веће концентрације и збијености на неким деловима док неки други делови остају потпуно "празни".

Нека својства модела, као што су величина и број субдужи, супквдрата, или супкубуса, могу се унапред одредити тако да у потпуности одговарају конкретним захтевима програма. Такође, однос заступљености различитих стања као и својства везана за "растреситост" или "збијеност", или мању или већу "видљивост" помоћне мреже или растера, могуће је до неке мере контролисати и предвидети правилним бирањем броја корака и вероватноће за сваки корак. Међутим, тачан положај или распоред преживелих субдужи, супквдрата, или супкубуса, не може се предвидети. Могуће је само поступак понављати док се не добије модел који и положајем и распоредом преживелих субдужи, супквдрата, или супкубуса, највише одговара захтевима и потребама у конкретном случају. Такође, некада ће се само сегмент од генерисане *curd* узети као модел па је ту могуће од целе *curd* изабрати баш онај сегмент који највише одговара потребама. На Фиг. 74 означен је део генерисане *curd* који би према својим визуелним карактеристикама растреситости и односом "пуно-празно", али и својим обликом, односно, пропорцијама, највише одговарао као модел за поплочавање неке правоугаоне подне површине, па је нпр. распоред подних плоча на фотографији приказане подне површине могао бити детерминисан на овај начин (Фиг.74).



Фиг.74а. Означени сегмент карактерише пожељна растреситост као и одговарајући однос страна
Фиг.74б. Пословни објекат *Galleria*, Суботица, Бранка Хегедиш, аутор фот. Смиља Живковић

Пошто су вредности визуелних својстава архитектонских елемената најчешће условљене великим бројем захтева и ограничења која се односе на различите аспекте архитектуре: намена, материјализација, конструкција, друштвени и природни контекст, итд., а са друге стране често представљају за посматрани ниво просторне организације групације јединица које захтевају исти или сличан третман, онда се поставља питање: у којим ситуацијама и у којој мери се *random curds* могу користити као математички модели у пројектантском поступку?

Овде ће се на то питање одговорити само уопштено: због наведеног случајног тј. непредвидљивог и неравномерног распоређивања елемената са тенденцијом груписања, *random curd* се могу користити као "*design tool*" у ситуацијама када вредности визуелних својстава нису строго условљене различитим захтевима и ограничењима која се постављају пред архитектонски елемент (нпр. код распореда подних плоча или фасадних елемената у више боја, где се проблем ритма некада своди само на визуелни аспект компоновања шаре или "*pattern*") или у ситуацијама када је неравномеран распоред са тенденцијом груписања не само прихватљив него и управо - пожељан. Такав случај представљен је на Фиг. 66, где, с једне стране, компонента случајности даје распореду елемената "*natural look*", а с друге, груписање елемената (дрвеће, клупе, "празне" површине) на посматраном простору трга или парка ствара различите микроамбијенте који дају оквир за одвијање различитих активности, одговарају различитим категоријама корисника и потенцијално задовољавају различите потребе.

ЗАКЉУЧНЕ НАПОМЕНЕ

За овај рад се може рећи да представља само поглед из веће близине, само промењену размеру посматрања, као у Фракталној геометрији, "шаре" (или "*pattern*") коју су, око научних података, исплела запажања, размишљања и предлози аутора Бовила. И као и у природи, где је поглед на већи део недовољан да се потпуно тачно предвиди изглед увеличаног мањег дела јер су делови само статистички слични, тако је и овај ближи поглед открио иза многих наизглед равних делова богату структуру и детаље за које се пре није видело да постоје. Међутим, оно што је остало исто код обе "размере посматрања" је приступ у коме

се облици једне геометрије користе као помоћ у пројектовању али тако да се не преузимају као готови облици (ни на једној гређевини не може се угледати Браунова функција) већ се преко њих, у пројектантском процесу, опонаша оно што они описују или представљају. А облици који су предмет овог рада, *fractional Brownian functions* и *random curds* описују природу: процесе у природи али и природне облике, као облике настале у тим процесима јер, као што примећује аутор Арнхајм, облици су трагови сила које су их стварале или: "фосили догађаја који су их проузроковали" (Arnheim, 1974, стр.351). А природа коју описују или чији су траг није хаотична, у њој влада ред, али комплексан ред, недетерминистички ред или "детерминистички хаос". У својим циклусима: дневним, годишњим итд. она се понаша слично али никада потпуно исто, као што *strange attractors* (нпр. Sprott, 1993) описују увек сличне путање али никад потпуно исте, јер увек постоји неки "неочекивани" догађај, неки наизглед безначајни почетни услов ("*initial condition*"), а познато је да је одлика детерминистичког хаоса "*sensitive dependence on initial conditions*" (Ostwald, 2009, стр.51), који ће сваки циклус и сваку путању учинити, некада мање, некада више, другачијом од претходне. Пошто настају у итеративним процесима где се у сваку итерацију уз помоћ случајних бројева или просто, бацањем коцкице или новчића, уграђује и компонента случајности, случајни фрактали имитирају понашање природе и тако стварају облике сличне природним облицима. Та компонента случајности је оно што је у овом раду истакнуто као посебно значајно и што ове облике највише разликује од Еуклидових облика (или Еуклидовог приступа који је неправилност "*leaves aside as being formless*", према речима Манделброа (1982, стр.1), као што се претпоставља да ће управо компонента случајности бити оно основно што ће форме настале уз помоћ ове геометрије разликовати од форми насталих уз помоћ Еуклидове геометрије. Овде се, дакле, није највећа пажња усмерила на особину Браунових кривих да су кривудавае или разуђене или богате детаљима или Браунових површи да су таласасте, јер такве облике може створити и Еуклидова геометрија, већ да те криве и те површи у себи садрже неку меру "изненађења" или "непредвидљивости" и да се сваки део иако сличан ипак у нечему разликује од сваког другог "као и индивидуе од исте врсте" (Hildebrand, 1999, стр.112), и та сличност која подразумева и различитост, та истоврсност која

не искључује посебност, то је линија на којој се у овом раду спајају природа, случајни фрактали, спонтано настали ритам, природни ритам и ритам који је предмет овог рада - фрактални ритам.

ИЗВОРИ И ЛИТЕРАТУРА

Aks, D.J., & Sprott, J.C. (1996). Quantifying aesthetic preference for chaotic patterns. *Empirical Studies of the Arts*, 14(1), 1-16.

Arnheim, R. (1974). *Umetnost i vizuelno opažanje*. Beograd: Univerzitet umetnosti

Arnheim, R. (1977). *The dynamics of architectural form*. Berkely: University of California Press.

Avnir, D., Biham, O., Lidar, D. & Malcai, O. (1998). Is the geometry of nature fractal? *Science*, 279, Issue 5347

Barnsley, M. (1988). *Fractals everywhere*. San Diego, CA: Academic Press, INC.

Berlyne, D.E. (1963.) Complexity and incongruity variables as determinants of exploratory choice and evaluative ratings. *Canadian Journal of Psychology*, 17(3), 274-290.

Birkhoff, G. D.(1933). *Aesthetic measure*. Harvard: University Press

Birkhoff, G. D. (1938). The present status of aesthetic measure. *The Scientific Monthly*, 46, No. 4, 351-357.

Bovill, C. (1996). *Fractal geometry in architecture and design*. Boston: Birkhäuser

Bovill, C. (2000). Fractal geometry as design aid. *Journal for Geometry and Graphics*, 4, No.1, 71-78.

Chalup, S.K., Henderson, N., Ostwald, M.J., & Wiklendt, L. (2008). A method for cityscape analysis by determining the fractal dimension of its skyline. In N.Gu, L.F.Gul, M.J.Ostwald & A.Williams (Eds.), *Innovation, Inspiration and Instruction: New Knowledge in the Architectural Sciences* (pp. 337-344). ANZASCA 08: Newcastle

Ching, D.K. F. (2007). *Architecture: Form, space & order*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons

Cutting, J.E., & Garvin, J.J. (1987). Fractal curves and complexity. *Perception & Psychophysics*, 42 (4), 365-370.

- Devaney, R.L. (1988). Fractal patterns arising in chaotic dynamical systems. In H.O.Peitgen, D.Saupe (Eds.), *The science of fractal images* (pp.137-168). New York: Springer-Verlag
- Evans, R. (1995). *The projective cast: Architecture and its three geometries*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press
- Eysenck, H.J. (1941). The empirical determination of an aesthetic formula. *Psychological Review*, 48(1), 83-92.
- Feder, J. (1988). *Fractals*. New York: Plenum Press
- Fraedrich, K., Blender, R., & Zhy, X. (2009). Continuum climate variability: Long-term memory, scaling and 1/f-noise. *International Journal of Modern Physics B*, 23, Nos. 28 & 29, 5403-5416.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7, 155-170.
- Gentner, D., & Markman, A.B. (1997). Structure mapping in analogy and similarity. *American Psychologist*, 52 (1), 45-56.
- Gentner, D., & Colhoun, J. (2010). Analogical processes in human thinking and learning. In B.M.Glatzeder et al (Eds.) *Towards a theory of thinking: On thinking*, 2 (pp.35-48). Berlin: Springer-Verlag
- Gilden, D.L., Schmuckler, M.A., & Clayton, K. (1993). The perception of natural contour. *Psychological Review*, 100(3), 460-478.
- Goldberger, A.L., Amaral, L.A.N., Hausdorff, J.M., Ivanov, P.Ch., Peng, C.-K., & Stanley, H.E. (2002). Fractal dynamics in physiology: Alterations with disease and aging. In D.L.Turcotte & J.B.Rundle (Eds.) *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America: Self-organized complexity in the physical, biological, and social sciences* (Vol. 99, suppl.1, pp. 2466-2472), Arnold and Mabel Beckman Center of the National Academies of Science and Engineering, Irvine, CA
- Graves, E.M. (1951). *The art of color and design*. New York: McGraw-Hill.
- Hagerhall, C.M., Purcell, T., & Taylor, R. (2004). Fractal dimension of landscape silhouette outlines as a predictor of landscape preference. *Journal of Environmental Psychology*, 24, 247-255.

- Hartig, T., Evans, G. W., Jamner, L. D., Davis, D. S., & Gärling, T. (2003). Tracking restoration in natural and urban field settings. *Journal of Environmental Psychology*, 23, 109–123.
- Hildebrand, G. (1999). *Origins of architectural pleasure*. Berkeley, CA: University of California Press
- Ivanov, P.C., Amaral, L.A., Goldberger, A.L., Havlin, S., Rosenblum, M.G., Struzik, Z.R. & Stanley, H.E. (1999). Multifractality in human heartbeat dynamics. *Nature*, 399, 461-465.
- Joye, Y. (2006). An interdisciplinary argument for natural morphologies in architectural design. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 33(2), 239 – 252.
- Joye, Y. (2007). Fractal architecture could be good for you. *Nexus Network Journal*, 9, 311-320.
- Joye, Y. (2007a.) Architectural lessons from environmental psychology: The case of biophilic architecture. *Review of General Psychology*, 11(4), 305-328.
- Kaplan, S., Kaplan, R., & Wendt, J.S. (1972). Rated preference and complexity for natural and urban visual material. *Perception & Psychophysics*, 12 (4), 354-356.
- Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Kaplan, S. (1987). Aesthetics, affect, and cognition: Environmental preference from an evolutionary perspective. *Environment And Behavior*, 19 (1), 3-32.
- Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15, 169-182.
- Kellert, S.R., Heerwagen, J., & Mador, M. (2008). *Biophilic design: The theory, science and practice of bringing buildings to life*. New Jersey: John Wiley & Sons
- Keshner, S. M. (1982). 1/f Noise. *Proceedings of the IEEE*, Vol. 70, No. 3, 212-218.
- Knill, D.C., Field, D., & Kersten, D. (1990). Human discrimination of fractal images. *Journal of the Optical Society of America*, 7 (6), 1113-1123.
- Lynch, K (1960) *The image of the city*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press
- Mandelbrot, B.B. (1982). *The fractal geometry of nature*. New York: Freeman
- Mandelbrot, B.B. & Van Ness, J.W. (1968). Fractional Brownian motions, fractional noises and applications. *SIAM Review*, 10(4), 422-437.

- Milenković, B. (1988). *Uvod u arhitektonsku analizu 1*. Beograd: Građevinska knjiga
- Milenković, B. (1991). *Uvod u arhitektonsku analizu 2*. Beograd: Građevinska knjiga
- Milenković, B. (2003). *Jezik arhitekture*. Beograd: Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu
- Mitina, O.V., & Abraham, F.D. (2003). The use of fractals for the study of the psychology of perception. *International Journal of Modern Physics C*, Vol. 14, Issue 08, 1047-1060.
- Mitrović, M. (1987). *Forma i oblikovanje*. Beograd: IRO Naučna Knjiga
- Nouvel, J. (2008) *Louisiana Manifesto*. Michael Juul Holm (Ed.) Louisiana: Museum of Modern Art
- Ostwald, M. J. (2000). Under siege: The golden mean in architecture. *Nexus Network Journal*, Volume II, 75-81.
- Ostwald, M.J. (2001). "Fractal architecture": Late twentieth century connections between architecture and fractal geometry. *Nexus Network Journal*, Vol.3, No.1, 73-83.
- Ostwald, M.J. (2003). Symbols of evolution, signs of regression: Mies and the politics of geometry. In M.Gusheh & N.Stead (Eds.) *The Proceedings of the XXth Annual Conference of the Society of Architectural Historians, Australia and New Zealand* (pp.226-231), Sydney: Society of Architectural Historians, Australia and New Zealand
- Ostwald, M.J., & Tucker, C. (2007). Calculating characteristic visual complexity in the built environment: An analysis of Bovill's method. In K.London, G.Thayaparan & J.Chen (Eds.), *Building Across Borders: CIB WO92 Procurement Systems*, (str. 305-314), Newcastle
- Ostwald, M. (2009). *Fractal Architecture: Knowledge Formation Within and Between Architecture and the Sciences of Complexity*. Germany: Verlag Dr. Muller,
- Parsons, R. (1991). The potential influences of environmental perception on human health. *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 11(1), 1-23.
- Peitgen, H.O., Jurgens, H., & Saupe, D. (2004). *Chaos and Fractals: New Frontiers of Science*. New York: Springer-Verlag

Pentland, P. A. (1983). Fractal-based description. *Proceedings of the Eight international joint conference on Artificial intelligence* (Vol. 2, str. 973-981) San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers

Prigogine, I. (1997). *The End of Certainty: Time, Chaos and the New Laws of Nature*. New York: The Free Press

Purcell, T., Peron, E., & Berto, R. (2001). Why do preferences differ between scene types? *Environment and Behavior*, 33, 93–106.

Rasmussen, S.E. (1959). *Experiencing Architecture*. MIT Press

Richards, R. (2001). A new aesthetic for environmental awareness: Chaos theory, the beauty of nature, and our broader humanistic identity. *Journal of Humanistic Psychology*, Vol. 41, No. 2, 59-95.

Ruckmich, C. A. (1917). Visual Rhythm. In Louis N. Wilson (Ed.) *Colleagues and former students of Edward Bradford Titchener. Studies in Psychology Contributed by Colleagues and Former Students of Edward Bradford Titchener* (стр. 231-254), American Psychological Association, Worcester, MA, US, 2010

Saupe, D. (1988). Algorithms for random fractals. In H.O.Peitgen, D.Saupe (Eds.), *The Science of Fractal Images* (стр.71-136). New York: Springer-Verlag

Spehar, B., Clifford, C., Newell, B., & Taylor, R.P. (2003). Universal aesthetic of fractals. *Computer & Graphic*, 27, 813-820.

Sprott, J.C. (1993). Automatic generation of strange attractors. *Computer & Graphic*, Vol.17, No. 3, 325-332.

Taylor, R.P., Micolich, A.P., & Jonas, D. (1999). Fractal expressionism. *Physics World*, Volume 12, Issue 10, 25–28.

Taylor, R., Newell, B., Spehar, B., & Clifford, C. (2005). Fractals: A resonance between art and nature. In M. Emmer (Ed.), *Mathematic and Culture II*, (Part 1, стр. 53-63.) Berlin: Springer-Verlag

Taylor, R. P., Spehar, B., Wise, J. A., Clifford, C. W. G., Newell, B. R., Hagerhall, C. M., Purcell, T., & Martin, T. P. (2005a). Perceptual and physiological responses to the visual complexity of fractal patterns. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, Vol. 9, No. 1, 89-114.

- Taylor, R., & Sprott, J.C. (2008). Biophilic fractals and the visual journey of organic screen-savers. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, Vol. 12, No. 1, 117-129.
- Titchener, E. B. (1919). *A Text-Book of Psychology*. Adamant Media Corporation, 2005.
- Ulrich, R. S. (1983). Aesthetic and affective response to natural environment. In I. Altman & J. F. Wohlwill (Eds.), *Human Behavior & Environment: Advances in Theory & Research* (Vol. 6, 85-125.). New York: Plenum Press.
- Ulrich, R. S. (1984). View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, Vol. 224, 420–421.
- Ulrich, R.S., Simons, R.F., Losito, B.D., Fiorito, E., Miles, M.A., & Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 11, 201–230.
- Ulrich, R. S. (1993). Biophilia, biophobia, and natural landscapes. In S. R. Kellert & E. O. Wilson (Eds.), *The biophilia hypothesis* (pp. 73–137). Washington, DC: Island Press.
- Van den Berg, A. E., Hartig, T., & Staats, H. (2007). Preference for nature in urbanized societies: Stress, restoration, and the pursuit of sustainability. *Journal of Social Issues*, Vol. 63, No.1, 79–96.
- Vaughan, J., & Ostwald, M.J. (2010). Using fractal analysis to compare the characteristic complexity of nature and architecture: re-examining the evidence. *Architectural Science Review*, Volume 53, Number 3, 323-332.
- Voss, F.R. (1988). Fractals in nature: from characterization to simulation. In H.O.Peitgen, D.Saupe (Eds.), *The Science of Fractal Images* (str.21-70). New York: Springer-Verlag
- Wilson, E. O. (1984). *Biophilia*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wohlwill, F. J. (1968). Amount of stimulus and preference as differential functions of stimulus complexity. *Perception & Psychophysics*, Vol. 4 (5), 307-312.

ПРИЛОГ

Анализа, за ово истраживање карактеристичних случајева, ритма у арх-урб. композицијама

Прилог 1

The Temperature Wing, Munich, Germany, 1980.

(Предлог за уређење парка у Минхену)

Coop Himmelb(l)au (Wolf D. Prix, Helmut Swiczinsky)

АНАЛИЗА ИЗАБРАНОГ ПРИМЕРА АРХ-УРБ. КОМПОЗИЦИЈЕ са следећим карактеристикама ритма промене стања њених елемената:

- промена стања **једног елемента** арх-урб. композиције на посматраном нивоу простора;

- промена **једног својства** елемента (овде само нагибни угао елемента у односу на вертикално-хоризонталне правце у простору);

- **једнострука регулација** ритма промене (овде само промена температуре ваздуха)

У образложењу пројекта *Temperature Wing* стоји: "основна идеја била је да се представе природни елементи, земља, вода, ваздух, светлост и температура, у другачијем облику тако да се могу доживети, искусити" (www.coop-himmelblau.at). *Temperature Wing* је термални објекат, висок 40 метара, направљен од тродимензионално обликованих хромираних челичних лимова на ребрастој металној потконструкцији. Померљиво је - мења угао нагиба према хоризонталу заједно са променама у температури ваздуха. Наиме, челични каблови, дуги 157 метара, који се протежу од напуклог шљунчаног брда, као својеврсног улазног мотива у парк, преко посебно обликоване металне капије, повезани су са крилом преко котурних лежишта. Како топлота неизбежно шири каблове а хладноћа их скупља, тако се и крило подиже и спушта заједно са променама у температури. На пример, на температури ваздуха од 30°C оно је под углом од 30°, а на -20° С, под углом од 85°.

Анализа промене стања:

- **ниво простора:** ниво непосредног окружења, до границе видљивости. Међутим, ако ово динамично крило отеловљује и изванредан духовни садржај,

његово духовно присуство може да постоји и изван границе могућности физичког сагледавања, као, према аутору Линчу (Lynch, 1960) део слике тог града, свести о том граду: "*the image of the city*".

- **врста промене стања:** просторно –временска промена стања

- **врста елемената који се мењају:** материјални генерици, положај у простору материјалних генерика (промена угла нагиба крила од 30° до 85° према хоризонтали)

- **број могућих стања, одређеност могућих стања, односи визуелне сличности-различитости између могућих стања, равноправност-неравноправност могућих стања у односу на употребу, материјализацију или значење простора:** стања су одређена и представљају континуални низ унутар одређеног интервала, односно, сва суседна (међу)стања у градацијском низу између два крајња стања (која су постављена према теоријски претпостављеном минимуму и максимуму температуре за ту област); њихов број је ограничен могућношћу чула да примете разлику између два стања, која тако постају суседна (и слична) стања; такође, прелазак из једног у друго стање није скоковит или тренутан већ је нужно постепен, тј. такав да се не може прескочити суседно (слично) стање; у конструктивном или функционалном смислу (материјализација и употреба архитектонско-урбанистичког простора) сва стања су равноправна и у том смислу не постоје ограничења у генерисању ритма; опажајно, ова стања различитог нагиба дијагонале према хоризонтали, према Арнхајму (Arnheim, 1974), нису равноправна, па је нпр. највећа визуелна напетост, услед визуелне двосмислености, код дијагонале која се у највећој мери приближава хоризонтали или вертикали, док се дијагонала под углом од 45° налази у стању динамичне равнотеже.

Ритам промене стања:

Ритам је природни пошто је непосредно повезан са променама у температури ваздуха. Непосредно - значи да између промене природног елемента и промене елемента архитектуре не посредују мерно-управљачки уређаји који би на основу измерених вредности природног елемента управљали променама архитектонског елемента, и који би, као такви, били подложни и другим утицајима, утицајима

друштвеног система, па би се нпр. могли искључити или покварити и сл. Аутор Оствалд истиче како:

"[П]ројекат савршено хвата представу града и природе као константно променљивих, несталних и непредвидљивих [...] *Temperature Wing*, било намеравано или случајно, је од раних пројеката најближе непосредном изражавању карактеристичне комплексности природних система [...] Промене у ветру и температури (компонентама времена) су катализатори за развијање пројекта." (Ostwald , 2009, стр.300)

Прилог 2

Quadracci Pavilion, addition to Milwaukee Art Museum, 2001.

Santiago Calatrava

АНАЛИЗА ИЗАБРАНОГ ПРИМЕРА АРХ-УРБ. КОМПОЗИЦИЈЕ са следећим карактеристикама ритма промене стања њених елемената:

- промена стања **једног елемента** арх-урб. композиције на посматраном нивоу простора;

- промена **једног својства** елемента (овде само нагибни угао елемента у односу на вертикално-хоризонталне правце у простору);

- **вишеструка регулација** ритма промене (овде временске прилике, прописано радно време музеја, дешавања из културе у музеју или граду)

Burke Brise Soleil су покретни сунчани застори постављени изнад, стаклом покривеног, крова новог *Windhover hall*-а (улазни хол са рецепцијом дограђеног дела постојећег *Milwaukee Art Museum*-а на обали језера Мичиген), чије је отварање и затварање усклађено са радним временом Музеја и догађајима из културе у њему, али је такође повезано и са временским приликама. Сам Калатрава објаснио је да је улога тих такозваних "крила" и формалана (довршавају композицију), и симболична (отварају се да "приме" посетиоце), и иконишка (стварају препознатљиву слику Музеја и града) и – функционална. Наиме, покретни брисолеји сачињени од 72 челичне шипке, својим отварањем-затварањем, за које је потребно 3.5 минута, регулишу и ниво светлости и температуру у холу. Истовремено, два ултрасонична сензора мере брзину и правац ветра, и ако брзина ветра пређе одређени ниво, крила се аутоматски

затварају . На отварању павиљона у октобру 2001. Калатрава је објаснио да му је намера била: *"to infuse the building with a certain sensitivity to the culture of the lake - the boats, the sails and the always-changing landscape"* и да динамичне линије композиције *"culminate in the Burke Brise Soleil, which translates their dynamism into actual motion"* (<http://mam.org/info/details/calatrava.php>)



Фиг.75. *Burke Brise Soleil* <http://www.arcspace.com/features/santiago-calatrava/the-milwaukee-art-museum/>

Анализа промене стања:

- **ниво простора:** ниво ентеријера (промене мењају унутрашњи простор: отвореност према споља, осветљеност природном светлошћу) и ниво непосредног окружења, у зони која се протеже све до границе видљивости "крила"; међутим, пошто је улога ових "крила", по речима архитекте, и симболична и иконишка, може се овде претпоставити да је свест о њиховом таквом постојању присутна и ван граница њиховог физичког сагледавања, па је према томе ово отварање-затварање "крила" део "слике" о граду, његовог духовног постојања, а затим и области језера Мичиген, као део иконографије језера

- **врста промене стања:** просторно –временска промена стања

-**врста елемената који се мењају:** материјални генерици, тј. положај у простору материјалних генерика

-**број могућих стања, одређеност могућих стања, односи визуелне сличности-различитости између могућих стања, равноправност-неравноправност могућих стања у односу на употребу, материјализацију или значење простора:** два тачно одређена могућа стања, где између једног и другог не постоје прелазна (међу)стања. Ипак, прелаз из једног у друго стање не дешава

се тренутно већ је потребно неко, визуелно и одређено време (3.5min); стања су контрастна или супротна, што је највећи могући степен различитости за ову посебну ситуацију: отворена или затворена "крила"; у конструктивном смислу (материјализација простора) стања нису равноправна јер постоје ситуације (јак ветар) када је једно стање непожељно као конструктивно нестабилније; пошто стања имају и своју функционалну улогу (да регулишу ниво светлости у унутрашњем простору) и у функционалном смислу (коришћење простора) стања су неравноправна јер постоје ситуације када је из функционалних разлога пожељније једно стање од другог; у односу на значење, стања такође нису равноправна јер се стање са отвореним "крилима" сматра визуелно пожељнијим стањем због његовог већег асоцијативног потенцијала (лет, добродошлица итд.)

Ритам промене стања:

Ритам је резултат три групе регулационих чинилаца, где се, под њиховим дејством настала, три ритма промене - сабирају, уједињују у један, резултујући ритам. Те три групе утицаја, са равноправном важношћу, су: егзактни, унапред одређени чиниоци (радно време музеја), затим променљиви друштвени чиниоци (културна дешавања и сл.) где претпостављамо да су друштвени системи комплексни као и природни, и треће, чиниоци времена, који се мањају у природном ритму: сунчева светлост и топлота као и правац и брзина ветра. Овде је значајно и то да утицај ритма промене природних чинилаца на ритам промене елемената архитектуре није непосредан, већ да између ова два ритма посредују мерно-управљачки уређаји који су, као такви, подложни и другим утицајима, утицајима друштвеног система, па се нпр. могу искључити или покварити и сл.

Прилог 3

Arab institute, Paris, 1987. (Institut du Monde Arabe IMA)

Jean Nouvel

АНАЛИЗА ИЗАБРАНОГ ПРИМЕРА АРХ-УРБ. КОМПОЗИЦИЈЕ са следећим карактеристикама ритма промене стања њених елемената:

- промена стања **више од једног елемента** арх-урб. композиције на посматраном нивоу простора са заједничким визуелним дејством;

- промена или **једног својства** елемента (овде само величина кружних отвора) или **више својстава** (положај сенке, јачина сенке) са различитим ритмом промене;

- **вишеструка регулација** ритма промене (овде временске прилике, радно време музеја, разни друштвени чиниоци и др.)



Фиг.76. Arab Institute, <http://architecture.about.com/od/findphotos/ig/Jean-Nouvel/Arab-World-Institute-Interior.htm>

Иза правилног металног растера са панелима од равног провидног стакла на јужној фасади зграде Музеја постављене су светлосно-осетљиве металне дијафрагме, налик затварачима на камерама. Сваки "затварач" заузима квадратну површину унутар које је кружни отвор променљиве величине. Квадрати су и сами различите величине и груписани су тако да формирају правилну, геометријску шару, која подсећа на орнаменте из арапске архитектуре, и која, уједначеним понављањем, потпуно прекрива фасадну површину. Ове металне дијафрагме опремљене су фотоелектричним ћелијама и повезане са управљачким системима који их аутоматски отварају и затварају у зависности од јачине сунчеве светлости и тако контролишу продирање светлости у унутрашњост зграде. При томе, ови кружни отвори у унутрашњем простору стварају променљиву "шару", сачињену од површина у сенци и осветљених површина, која се мења вишеструко: композиција саме шаре мења се отварањем-затварањем отвора, шара се затим креће заједно са променом правца светлосних зрака а при томе се контраст светло-тамно појачава или слаби заједно са променом јачине светлости. Истовремено, фасадна површина од равног, провидног, безбојног стакла, заједно са променама у јачини и правцу светлости (природне као део природног динамичкиг система и вештачке, као део друштвеног система), мења своје нивое

транспарентности – рефлексивности. Такође, мења се и сам одраз, заједно са визуелним променама у окружењу, било природних, било друштвених чинилаца. Осим тога, ако је јача светлост унутра него споља (увече или ноћу), шара, која се добија селективним пролазом светлосних зрака кроз овај специфично "избушен" слој фасаде, јавља се и на плочнику трга испред зграде, као њен одраз у огледалу.

На овој фасади присутна је промена стања више елемента арх.-урб. композиције са заједничким или појединачним визуелним дејством унутар композиције, већ према томе да ли елементи припадају истом или различитим просторним нивоима.

1. Ритам промене величине отвора металних дијафрагми

Анализа промене стања према:

- **ниво простора:** ниво ентеријера (промена у унутрашњем простору пре свега, јер, иако се промена величине кружних отвора може видети и споља, на фасади, она ту има занемарљив визуелни значај)

- **врста промене стања:** просторно –временска промена стања

- **врста елемената који се мењају:** материјални генерици, величина отвора на фасади, чија промена мења однос затворености-отворености унутрашњег простора према спољњем простору, поглед и визуелну повезаност унутра – споља.

-**број могућих стања; одређеност могућих стања; односи визуелне сличности-различитости између могућих стања; равноправност-неравноправност могућих стања у односу на употребу, материјализацију или значење простора:** За сваки "образац", модул шаре, стања су тачно одређена и обухватају сва суседна, и између себе слична, међустања у градацијском низу између два крајња, и за ову ситуацију контрастна стања: отворено-затворено; њихов број је ограничен могућношћу чула да примете разлику између два стања, која тако постају суседна стања; промена стања није скоковита већ је увек постепена тј. таква да се суседна стања не могу прескочити. За целу фасаду: ако је промена "модула" униформна и централизована, број стања фасаде одговара броју стања појединачних "модула"; ако се "модули" могу мењати независно један од другог, онда број стања фасаде одговара броју свих могућих комбинација за различита стања појединачних елемената, од почетног стања да су сви отвори

потпуно отворени до крајњег стања да су сви потпуно затворени; из аспекта конструкције (материјализације простора), стања су равноправна; пошто стања имају и своју функционалну улогу (да регулишу ниво светлости у унутрашњем простору и утичу на степен отворености и визуелне повезаности унутрашњег простора према спољњем), из тог аспекта (коришћење простора) стања су неравноправна јер постоје ситуације када је из функционалних разлога пожељније једно стање од другог.

Ритам промене стања:

Ритам је природан јер је посредно (преко мерно-управљачких уређаја) повезан са природним ритмом промене нивоа осветљености фасадне површине сунчевом светлошћу, која је чинилац природног комплексног динамичког система. Међутим, пошто веза ова два ритма није непосредна, јер између њих посредују мерно-управљачки системи, на величину отвора на фасади утичу и чиниоци из друштвеног система, који је такође комплексан динамички систем (уређаји се нпр. могу искључити или покварити и сл.)

2. Ритам промене сенке коју баца перфорирана фасада, са својом карактеристичном шаром од: "пуно-празно" или "непровидно-провидно" елемената

Анализа промене стања:

- **ниво простора:** ниво ентеријера или ниво непосредног окружења, у зависности од тога са које стране перфориране фасаде је јача светлост

- **врста промене стања:** просторно –временска промена стања

- **врста елемената који се мењају:** нематеријални генерици, сенка перфориране фасаде са карактеристичном шаром

- **број могућих стања; одређеност могућих стања; односи визуелне сличности-различитости између могућих стања; равноправност-неравноправност могућих стања у односу на употребу, материјализацију или значење простора:** стања су и неодређена и њихов број је теоријски бесконачан, јер је теоријски бесконачан и број могућих стања броја и распореда светлосних извора и карактеристика њихове светлости (нпр. јачина, боја светлости и сл.); промена стања може бити и постепена, градацијска између сличних стања и нагла,

скоковита између различитих или пак контрастних стања (нпр. ако тренутно "нестане" извор светлости); у односу на употребу, материјализацију или значење простора, сва стања су равноправна;

Ритам промене стања:

Ритам промене сенке непосредно зависи и од промена светлости и од промена фасадне шаре. Наиме, мењају се светлосни извори (положај извора и особине светлости коју емитују), било да је у питању сунчева светлост, која се мења као део природног комплексног динамичког система или вештачка светлост (која може бити са обе стране фасаде), као део друштвеног система. А затим, мења се и сама фасада, односно величина отвора на фасади, а ритам те промене посредно је повезан са променама у природним системима где на њега утичу и друштвени фактори (нпр. управљачки уређаји могу да се покваре итд.)

3. Ритам промене нивоа рефлексивности и транспарентности фасадне стаклене површине заједно са променама самог одраза

Анализа промене стања према три колосека разматрања:

- **ниво простора:** ниво непосредног урбаног окружења
- **врста промене стања:** просторно – временска промена стања
- **врста елемената који се мењају:** нематеријални генерици: ниво рефлексije и провидности стакла као и сам одраз на стаклу

- **број могућих стања; одређеност могућих стања; односи визуелне сличности-различитости између могућих стања; равноправност-неравноправност могућих стања у односу на употребу, материјализацију или значење простора:** стања су и неодређена и њихов број је теоријски бесконачан (као резултат комбиновања теоријски бесконачног броја могућих чинилаца, и природних и друштвених); промена стања може бити и постепена, градацијска између сличних стања и нагла, скоковита између различитих или пак контрастних стања, повезана са постепеним или наглим (очекиваним или неочекиваним) променама у окружењу; у односу на употребу, материјализацију или значење простора сва стања су равноправна.

Ритам промене стања:

Ритам промене је природан јер је непосредно повезан са ритмом промена у природном систему (јачина и правац Сунчеве светлости), затим са променама у друштвеном систему (вештачка светлост, било споља, било изнутра) као и визуелним променама у окружењу (нпр. кретање облака и њихов променљиви одраз на стаклу), насталим као резултат деловања и природних и друштвених чинилаца.

Прилог 4

Port of Vigo, Spain, 2007., "jardin de las mareas" ("the garden of tides")

Atelier Jean Nouvel

АНАЛИЗА ИЗАБРАНОГ ПРИМЕРА АРХ-УРБ. КОМПОЗИЦИЈЕ са следећим карактеристикама ритма промене стања њених елемената:

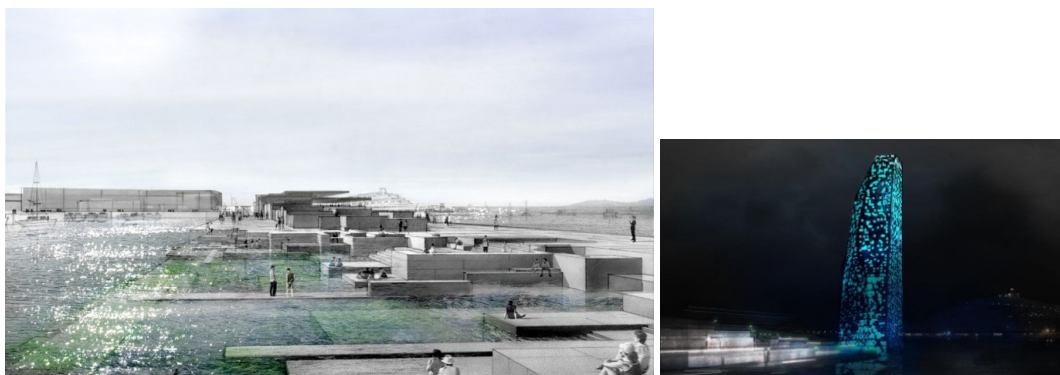
- промена стања **више од једног елемента** арх-урб. композиције на посматраном нивоу простора са заједничким визуелним дејством;

- промена или **једног својства** елемента (овде само боја светлости) или **више својстава** (овде величина, облик и висина платформи) са различитим ритмом промене;

- **вишеструка регулација** ритма промене (овде непосредна веза са променом елемента из окружења који је део природног система и одлуке пројектанта у процесу пројектовања)

Водена башта, "water garden" ("*sea garden*" или башта плиме и осеке, "*the garden of tides*") је део кеја коју чине платформе различите величине и облика и на различитим висинама, обложене гранитом, које вода, према плими и осеци, више или мање прекрива а затим открива. На тај начин гранична линија копна и воде и граница пешачког приступа је променљива и повезана је са природним ритмом промене нивоа мора. Истовремено и зграда, названа "*Monolith*" или "*Menhir*", постављена на самом крају пристаништа, визуелно успоставља везу са променљивим нивоом мора, јер је предвиђено да буде осветљена тиркизном светлошћу за време осеке а плавом за време плиме! Ове две промене стања, зависне од истог природног чиниоца, нивоа мора, имају допуњујуће, удружено визуелно дејство из угла корисника простора Водене баште, при чему се визуелно дејство "Менхира" проширује и на следећи, виши просторни ниво, самим тим што

је у питању "торањ", вертикала која је већ по својој основној природи предвиђена да се сагледава издалека. И даље, ова вертикала није "обична", она преузима функционалну улогу светионика те сигнализује положај копна и луке, истовремено обавештавајући и о нивоу воде, па може добити и иконичку улогу као носилац извесних духовних садржаја или значења, те тако прерасти границе физичког сагледавања. Овде ће се сада занемарити друга визуелна својства "торња" (нпр. сложен ритам отвора на спољњим зидовима) јер се из позиције корисника простора Водене баште она недовољно сагледавају па се ту не може говорити о њиховом визуелном доприносу.



Фиг.77. *The garden of tides*, <http://www.dezeen.com/2007/07/31/peirao-xxi-in-vigo-by-jean-nouvel/>

1. Промена облика, величине и висине платформи на кеју а која узрокује, заједно са плимом и осеком, и промену површине (зоне) пешачког приступа, односно границе између копна и мора

Анализа промене стања:

- **ниво простора:** ниво непосредног коришћења простора који је јавни градски простор и функционални је део урбане целине посебног карактера и намене (лука)

- **врста промене стања:** просторна (распоред платформи различите висине и облика) а која проузрокује просторно – временску промену стања ("потапање" неких платформи заједно са временским ритмом промене висине воде)

- **врста елемената који се мењају:** материјални генерици – распоред платформи различите величине, облика и висине, а који узрокује и промену других материјалних генерика – границе између мора и копна, односно површине пешачке зоне кеја.

- број могућих стања; одређеност могућих стања; односи визуелне сличности-различитости између могућих стања; равноправност-неравноправност могућих стања у односу на употребу, материјализацију или значење простора: оба стања, и висине платформи и промена пешачког "домета" су одређена на начин да је одређен интервал могућих стања где су обухваћена сва суседна стања, у градацијском низу између два утврђена крајња стања (усклађено са теоријски претпостављеним минималним и максималним нивоом мора); њихов број је ограничен могућношћу чула да примете разлику између два стања, која тако постају суседна стања. Овај случај је специфичан и по томе што платформе претварају иначе континуалну скалу (ниво мора од-до) у степенасту, па је број могућих стања овде везан за број платформи на различитим висинама које се онда јављају само у два контрастна стања: потопљена-није потопљена ! Ипак, прелазак из једног у друго несуседно стање није скоковит или тренутан већ је постепен, тј. такав да се не може прескочити суседно стање. У односу на конструктивни, функционални и опажајни аспект сва стања су равноправна. (Иако се из, аспекта функције, коришћења простора, стања разликују, јер нека обезбеђују већу површину кретања за пешаке, и стања за време највеће претпостављене плиме пројектована су тако да се пешачки токови одвијају неометано, па су зато, у контексту овог разматрања, сва стања третирана као функционално равноправна)

Ритам промене стања:

Распоред платформи различите величине, облика и висине је сложен и тешко је одредити његову теоријску основу ако сам архитекта није дао објашњење поступка. Ритам промене границе према мору је природан пошто је непосредно повезан са природним ритмом плиме и осеке.

2. Промена боје светлости којом је споља осветљен торањ на крају пристаништа, тзв. "Менхир"

Анализа промене стања:

- **ниво простора:** ниво урбане целине посебног карактера и намене (лука) и све до границе видљивости на копну и на мору, али, пошто је у питању елемент који може имати и иконичку или симболичну улогу, може се претпоставити да ће се

зона његовог духовног присуства проширити и изван границе могућности физичког сагледавања

- **врста промене стања:** просторно – временска промена стања
- **врста елемената који се мењају:** нематеријални генерици
- **број могућих стања; одређеност могућих стања; односи визуелне сличности-различитости између могућих стања; равноправност-неравноправност могућих стања у односу на употребу, материјализацију или значење простора:** могућа су два стања, која су јасно одређена; стања су слична али пошто су у питању само два, може се рећи и да су два различита или супротна стања јер постојање једног искључује постојање другог; у односу на конструктивни и опажајни аспект стања су равноправна, а у односу на функционални аспект – нису.

Ритам промене стања:

Ритам промене боја на светионику је, као и промена стања платформи, повезан са ритмом промене нивоа мора, али посредно, преко мерно-управљачких уређаја, па на њега утичу и фактори друштвеног система. На степен видљивости боје утичу и временске прилике.

Прилог 5

Port of Vigo, Spain, 2007., "Menhir mirador panoramico"

Atelier Jean Nouvel

АНАЛИЗА ИЗАБРАНОГ ПРИМЕРА АРХ-УРБ. КОМПОЗИЦИЈЕ са следећим карактеристикама ритма промене стања њених елемената:

- промена стања **једног елемента** арх-урб. композиције на посматраном нивоу простора - прозора на фасадном зиду;
- промена **више својстава** елемента (овде хоризонтално растојање од суседног прозора и висина парапета) са различитим ритмом промене;
- **вишеструка регулација** ритма промене (овде ниво осветљености унутрашњег простора, уоквиривање погледа, коришћење унутрашњег простора, одлуке пројектанта у процесу пројектовања)

Торањ на северном завршетку пристаништа Луке Виго, висок око 90m, предвиђен за смештај хотела, ресторана, конференцијског центра и Управе луке

Виго, обложен је гранитом, као и само пристаниште а гранит је материјал који је у великој мери заступљен у околном рељефу. Торањ, познат као "*Menhir*" или "*Rock*" је обликован тако да подсећа на стену, како би се, по речима самог архитекте, доживео као део локалне географије. Торањ не само да треба да личи на – стену, већ управо на стену изложену дејству ерозије, која је веома присутна у овој морској области. Осим начина на који је обликован корпус зграде и ретког растиња којим су обложени фасадни зидови у доњој зони, за утисак ерозијом изгрижене и оштећене површине стене вероватно су најзаслужнији - прозори, односно, пре свега њихов распоред. Као удубљења, шупљине у стени, прозори су квадратни и исте су величине и по површини зида распоређени су на неравномеран начин, на неједнаким растојањима а негде су и груписани по два, три или више. Посматрачу, који не зна да ли је архитекта у распоређивању прозора следио неко правило или систем правила, тешко је да уочи неку правилност и њему ће овај сложен ритам због своје, наизглед случајности, неодређености и непредвидљивости, бити налик на онај који среће у природи а за који већ искуствено зна да поседује сличне особине.



Фиг.78. Port of Vigo, *Menhir*, <http://ideasgn.com/architecture/vigo-port-spain-jean-nouvel-ateliers/>

Ритам прозорских отвора као ритам "непровидно-провидно" или "гранит-стакло" на фасадној површи:

Анализа промене стања према три колосека разматрања:

- **ниво простора:** ниво ентеријера и ниво непосредног окружења, до границе могућности сагледавања

- **врста промене стања:** просторна промена стања
- **врста елемената који се мењају:** материјални генерици, ритам промене елемената фасадне површине
- **број могућих стања; одређеност могућих стања; односи визуелне сличности-различитости између могућих стања; равноправност-неравноправност могућих стања у односу на употребу, материјализацију или значење простора:** Ако замислимо фасадну површ издељену на једнака поља, квадратног облика, онда свако поље може бити у једном од два могућа стања: непровидно-провидно или гранит-стакло. Дакле, број могућих стања је – два, и она су одређена и различита, до супротности. То значи да између суседних (у оба правца) елемената на фасадној површи постоје само две могуће врсте односа: понављање или контраст. У функционалном и конструктивном смислу стања нису равноправна. (Нпр. постоје "поља" на којима ће евентуално бити прихватљиво само једно стање, као што су поља иза којих су унутрашњи зидови или међуспратне таванице, или поља испод прозора где је потребно поштовати пропис о минималној висини парапета код прозора који се отварају итд.) У односу на значење, два могућа стања могу се третирати као равноправна.

Ритам промене стања:

Ритам промене стања ових елемената композиције је сложен и тешко је одредити његову теоријску основу ако сам архитекта није дао објашњење поступка. Пошто посматрач у овакавом распореду, што је вероватно и била намера пројектанта, не уочава правилност, већ управо особине извесне неодређености и непредвидљивости, вероватно га доживљава као "природан" јер већ искуствено зна да су то визуелне особине објеката које среће у природи.

Прилог 6

Cartier Foundation, Paris, France, 1991-94.

Jean Nouvel, Emanuel Cattani

АНАЛИЗА ИЗАБРАНОГ ПРИМЕРА АРХ-УРБ. КОМПОЗИЦИЈЕ са следећим карактеристикама ритма промене стања њених елемената:

- промена стања **једног елемента** арх-урб. композиције на посматраном нивоу простора (овде фасадне површине од равног провидног стакла);

- промена **више својстава** елемента (овде степен транспарентности и рефлексивности стаклених површина, као и сама околина која се види *иза* или одражава *на* површини) са различитим ритмом промене;

- **вишеструка регулација** ритма промене (овде промена јачине, правца и врсте светлости, као и уопште промене у окружењу)

Према аутору пројекта: *"To be an architect is to be alive to how a place lives and breathes, to feel its heart beating; it means interpreting its rhythms to invent something new"* (Nouvel, 2008)

Изражајне могућности стакла као материјала у архитектури засноване на његовим особинама транспарентности и рефлексивности, а које опет зависе од јачине и правца светлости, овде су, према речима архитектке, управо једна од тема које је ова архитектура покушала да истражи: *"Transparency doesn't only mean showing things through something else. It means we use a material called glass, and that it is one of the only materials that can be programmed by light. I mean, if I shine a light in front of it, this creates a reflection, and if I light it from behind, it will disappear."* (Interview with Jean Nouvel , <http://fondation.cartier.com/#/en/art-contemporain/88/the-foundation/128/261-bvd-raspail-paris/131/interview-with-jean-nouvel/>)



Фиг.79. Cartier Foundation <http://www.archdaily.com/84666/ad-classics-fondation-cartier-jean-nouvel/>

Не само да равни стаклени зидови прелазе и у основи и по висини за по неколико метара основни корпус зграде, већ је на самој граници парцеле према улици постављен још један слој стакла, још један "зид" од стакла одмакнут од основног зида управо толико да између њих прође улични дрворед. Тако се тај трослојни зид (јер се и онај који затвара корпус са задње старане види кроз предње слојеве) кроз различите степене рефлексивности и транспарентности

визуелно мења заједно са променама у свом окружењу: променама у светлости током дана и године, променама у природи кроз смену годишњих доба, променама повремених изложби и осталим дешавањима у музеју, динамичним животом града, постојањем бачених сенки суседних зграда на којим местима је тренутно смањена рефлексивност и повећана провидност а те сенке се и саме померају... И не само то: зграда се и буквално физички мења када се лети уклоне помичне, клизне преграде високе 8м и када се "*hall transforms into the extension of the park*" (Nouvel, <http://www.jeannouvel.com/english/preloader.html>) па се још више доведе у питање граница између архитектуре и њеног окружења. Тако кућа, према објашњењу архитекте, прима и одражава стално променљиве тренутке и ситуације живота око себе и постаје његов део: "*It is a means of capturing instants in time [...] Each time, something happens that changes the nature of the building*" (Interview with Jean Nouvel, <http://fondation.cartier.com/#/en/art-contemporain/88/the-foundation/128/261-bvd-raspail-paris/131/interview-with-jean-nouvel/>)

Ритам промене "слике" на стакленој површини, тј. да ли се и у којој мери види оно иза (које се и само мења) или рефлектује оно испред (које се такође мења)

Анализа промене стања:

- **ниво простора:** ниво куће, унутрашњег простора и истовремено, ниво непосредног окружења

- **врста промене стања:** просторно – временска промена стања

- **врста елемената који се мењају:** нематеријални генерици: ниво рефлексивности и провидности стакла као и сам одраз на стаклу а истовремено и материјални генерици – стаклене преграде које се лети уклањају. Овде се померање помичних стаклених преграда не разматра као посебан ритам јер се због великих временских интервала, из угла могућности перцепције, не сагледава као такав, већ ће се њихово стање присуства или одсуства сматрати као део ритма промене провидности стаклених површина где њихово одсуство, у визуелном смислу, представља највиши могући степен транспарентности.

- **број могућих стања; одређеност могућих стања; односи визуелне сличности-различитости између могућих стања; равноправност-неравноправност могућих стања у односу на употребу, материјализацију или**

значење простора: стања су и неодређена и њихов број је теоријски бесконачан (као резултат комбиновања теоријски бесконачног броја неодређених чинилаца, из природних и друштвених система, која су оба комплексни динамички системи); промена стања може бити и постепена, градацијска између сличних стања и нагла, скоковита између различитих или пак контрастних стања, повезана са постепеним или наглим (очекиваним или неочекиваним) променама у окружењу. У односу на употребу, материјализацију или значење простора, сва могућа стања су равноправна.

Ритам промене стања:

Ритам промене је природни пошто је непосредно повезан са природним ритмом промене јачине и правца светлости и другим променама у окружењу. Једино је ритам присуства-одсуства помичних стаклених преграда посредно повезан са природним чиниоцима температуре ваздуха и другим чиниоцима времена, јер су одлуке о њиховом померању као и само померање чиниоци друштвеног система, који је, као и природни, комплексан динамички систем.

Прилог 7

10011th Avenue apartment building in New York City, 2005-10.

Atelier Jean Nouvel

Јужна и западна фасада

АНАЛИЗА ИЗАБРАНОГ ПРИМЕРА АРХ-УРБ. КОМПОЗИЦИЈЕ са следећим карактеристикама ритма промене стања њених елемената:

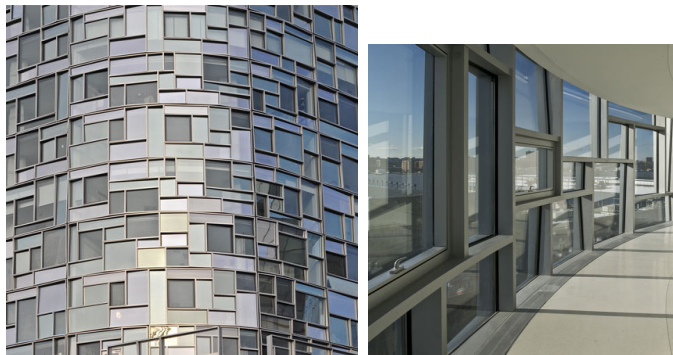
- промена стања **више од једног елемента** арх-урб. композиције на посматраном нивоу простора са заједничким визуелним дејством;

- промена или **једног својства** елемента (овде само нагиб стаклених панела) или **више својстава** (овде величина и облик металних оквира) са различитим ритмом промене;

- **вишеструка регулација** ритма промене (овде непосредна веза са променом елемента из окружења који је део природног система, коришћење унутрашњег простора, конструктивни разлози, одлуке пројектанта у процесу пројектовања)

Јужна и западна фасада, које гледају на Hudson River, 23-спратне стамбене зграде, повезане су преко заобљеног угла тако да чине једну непрекинуту

површину, обасјану сунчевом светлошћу скоро целог дана, све до заласка сунца. Та јединствена југо-западна фасада управо је пројектована као, по речима архитекте: *"a game with the nature of light and how to catch sparkles of light, a little bit like an eye of an insect"* (Jean Nouvel, 2008, <http://archrecord.construction.com/news/daily/archives/080331pritzker.asp>), која треба да "ухвати и забележи" и предочи посматрачу кретање сунчеве светлости по површини фасаде, односно стање непрекидне промене правца (као последица двоструког кретања Земље) и интезитета (резултат и кретања и других временских услова: облачност и сл.) сунчеве светлости током дана и године. Наиме, ова површина је зид-завеса сачињена од око 1650 панела различите величине (постављених унутар конструктивно и функционално једноставније металне конструкције од тзв. "мегапанела" , који кореспондирају са спратним висинама и организацијом простора) од равног, безбојног стакла, који су постављени у металне оквире под различитим угловима и у односу на хоризонталну и у односу на вертикалну осу, тако да је сваки, у сваком посебном тренутку, у односу на своје суседе, осветљен на један посебан начин тако што на његову површину зраци светлости падају под посебним углом а што за последицу има један посебан степен рефлективности. Тако се на површини тог својеврсног мозаика, сачињеног од истог материјала али са различитим угловима у односу на основну раван фасаде, добија, заједно са променама у дневној светлости, динамичан ефекат "светлуцања" слично "светлуцању" површине воде испред.



Фиг.80. 10011th Avenue apartment building, <http://www.dezeen.com/2010/05/28/100-11th-avenue-by-jean-nouvel-3/>

1. Ритам промене угла равни стакла у односу на раван фасаде

Анализа промене стања:

- **ниво простора:** ниво ентеријера али, пре свега, ниво непосредног окружења, до границе могућности физичког сагледавања, јер "мала" промена угла (сама по себи без већег визуелног значаја и у ентеријеру и на фасади) овде служи само као иницијатор-генератор визуелно значајнијег ефекта, а то је: међусобно различит ниво рефлексивности дневне светлости који добијају на тај начин постављени стаклени панели

- **врста промене стања:** просторна а која проузрокује просторно – временску промену стања

- **врста елемената који се мењају:** материјални генерици (положај елемената физичке структуре) који изазивају промену нематеријалних генерика, овде рефлексiju стаклених површина

- **број могућих стања; одређеност могућих стања; односи визуелне сличности-различитости између могућих стања; равноправност-неравноправност могућих стања у односу на употребу, материјализацију или значење простора:** стања материјалних генерика су одређена унутар одређеног интервала (панели се могу заротирати око хоризонталне или вертикалне осе до крајњег стања, тј. до неког максималног угла у односу на хоризонталну или вертикалну осу а који диктира ширина металног оквира) и њихов број је ограничен могућношћу ока да примети разлику између два стања која онда постају суседна могућа стања; промена стања тј. однос сличности два суседна панела, може бити од понављања, као највећег степена сличности, до контраста, као највећег степена различитости, тј. промене могу бити и постепене али и скоковите, нагле; стања су у великој мери равноправна и у конструктивном и у функционалном смислу а ограничење у смислу искључења неких крајњих положаја може бити везано за панеле који се отварају. И у односу на опажајни аспект, стања су равноправна. Стања нематеријалних генерика – различита рефлексija стаклених панела и њена промена кроз време, су и неодређена и њихов број је теоријски бесконачан (као резултат комбиновања теоријски бесконачног броја фактора, и природних и друштвених)

Ритам промене стања:

Ритам промене материјалних генерика је сложен и тешко је одредити његову теоријску основу ако сам архитекта није дао објашњење поступка. Ритам промене нематеријалног генерика је природан пошто је пре свега непосредно повезан са природним ритмом промене правца и јачине сунчеве светлости.

2. Ритам промене величине и пропорција (односа страна) правоугаоних металних оквира за постављање фасадних стаклених панела

Анализа промене стања:

- **ниво простора:** ниво ентеријера и ниво непосредног окружења (сложен ритам сагледава се и у унутрашњем простору и споља, на фасади)

- **врста промене стања:** просторна промена стања

- **врста елемената који се мењају:** материјални генерици, различита величина и однос страна правоугаоних металних оквира који својим уклапањем формирају непрекинуту фасадну површину.

- **број могућих стања; одређеност могућих стања; односи визуелне сличности-различитости између могућих стања; равноправност-неравноправност могућих стања у односу на употребу, материјализацију или значење простора:** Величина панела одређена је унутар интервала максималне и минималне могуће (што произлази из функционалних и конструктивних захтева) његове ширине и висине а које могу бити у различитим међусобним односима. То значи да је број могућих стања величине и пропорција металних оквира веома велики, али ипак одређен у оквиру неког интервала. (Ограничавајући чиниоци су функционални, положај и величина панела који се отварају, и конструктивни, где су конструктивни мега-панели, којих има седам по сваком спрату, усклађени са спратном висином и распоредом просторија) Даље, однос између суседних панела може бити и однос сличности и однос различитости, у распону од понављања до контраста, односно, промене стања могу бити и постепене и скоковите. Различита стања (у оквирима задатих мега-панела који су прилагођени конструктивним и функционалним захтевима) су у великој мери у односу на конструктивни, функционални и опажајни аспект равноправна и само ће у неким ситуацијама, нпр. када је потребно да се панели могу отворати, бити прихватљивија (вероватнија) нека стања (величине и пропорција) од неких других.

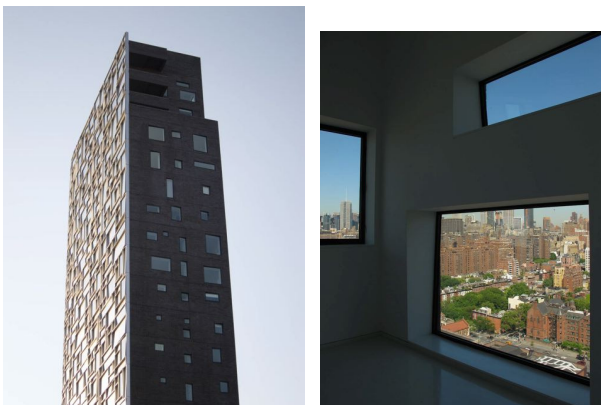
Ритам промене стања:

Ритам промене стања ових елемената композиције је сложен и тешко је одредити његову теоријску основу ако сам архитекта није дао објашњење поступка. Пошто посматрач у овакавом распореду, што је вероватно и била намера пројектанта, не уочава правилност, већ управо особине извесне неодређености, непредвидљивости, вероватно га доживљава као "природан" јер већ искуствено зна да су то визуелне особине објеката које среће у природи.

Фасаде према северу и истоку

АНАЛИЗА ИЗАБРАНОГ ПРИМЕРА АРХ-УРБ. КОМПОЗИЦИЈЕ са следећим карактеристикама ритма промене стања њених елемената:

- промена стања **једног елемента** арх-урб. композиције на посматраном нивоу простора;
- промена **више својстава** елемента (овде величина, облик и висина парапета прозора, хоризонтално растојање између суседних прозора) са различитим ритмом промене;
- **вишеструка регулација** ритма промене (овде нииво осветљености унутрашњег простора, уоквиривање погледа, коришћење унутрашњег простора, одлуке пројектанта у процесу пројектовања)



Фиг.81. 10011th Avenue apartment building, <http://www.dezeen.com/2010/05/28/100-11th-avenue-by-jean-nouvel-3/>

Северна и источна фасада, обложене су тамном опеком и имају сложен (такав да се на први поглед тешко може уочити нека правилност и у хоризонталном и у вертикалном правцу) ритам прозора, који су правоугаони отвори у зиду,

постављени на различитим растојањима, а сами су различите величине и пропорција и на различитим висинама од пода. Овде је важно подвући и то да се променом пропорција прозора мења и њихов визуелни утисак, према "гешталт психологији", дејство визуелних сила, где је, нпр. квадрат стабилна фигура, а вертикала је динамичнија од хоризонтале (Arnheim, 1974). Према објашњењу архитекте, прозори су одређивани тако да уоквирују жељене погледе из унутрашњости према граду: *"the specific views to Midtown — like paintings on a wall"* (<http://www.archdaily.com/76113/100-eleventh-avenue-jean-nouvel/>). Вероватно је да су у њиховом одређивању учествовали и други чиниоци, нпр. намена унутрашњег простора, и сл.

Ритам прозора на фасадном зиду, као ритам промене два различита (до супротности) и неравноправна (функционално и конструктивно) стања елемента: непровидно-провидно или опека-стакло, у површинском распореду.

Анализа промене стања:

- **ниво простора:** ниво ентеријера и ниво непосредног окружења, до границе могућности сагледавања

- **врста промене стања:** просторна промена стања

- **врста елемената који се мењају:** материјални генерици, ритам промене материјалних елемената фасадне површине

- **број могућих стања; одређеност могућих стања; односи визуелне сличности-различитости између могућих стања; равноправност-неравноправност могућих стања у односу на употребу, материјализацију или значење простора:** Број могућих стања елемената фасадне површи је – два, и она су одређена и контрастна, а у функционалном и конструктивном смислу нису равноправна. На пример, постоје "поља" на којима ће евентуално бити прихватљиво само једно стање, као што су поља иза којих су унутрашњи зидови или међуспратне таванице, или, поља на позицијама где је потребно поштовати пропис о минималној висини парапета прозора који се отварају и сл. У односу на опажајни аспект, два могућа стања могу се третирати као равноправна.

Ритам промене стања:

Ритам промене стања ових елемената композиције је сложен и тешко је одредити његову теоријску основу ако сам архитекта није дао објашњење поступка. Пошто посматрач у овакавом распореду, што је вероватно и била намера пројектанта, не уочава правилност, већ управо особине извесне неодређености, непредвидљивости, вероватно га доживљава као "природан" јер већ искуствено зна да су то визуелне особине објекта које среће у природи.

Прилог 8

Carabanchel Social Housing, Madrid, Spain, 2007.

Foreign Office Architects

АНАЛИЗА ИЗАБРАНОГ ПРИМЕРА АРХ-УРБ. КОМПОЗИЦИЈЕ са следећим карактеристикама ритма промене стања њених елемената:

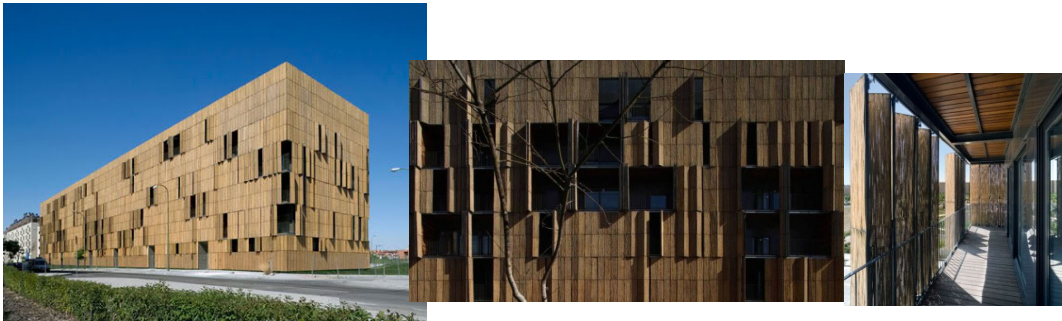
- промена стања **једног елемента** арх-урб. композиције на посматраном нивоу простора (овде покретни фасадни панели);

- промена **више својстава** елемента (овде степен отворености и сопствена и бачена сенка) са истим ритмом промене;

- **вишеструка регулација** ритма промене (овде промена јачине, правца и врсте светлости, потребе и појединачне одлуке корисника простора)

Зграда изграђена, у условима ограниченог буџета, на периферији Мадрида, окупља 100 јединица социјалног становања, унутар компактног призматичног волумена, оријентисаног у правцу север-југ. Тај једноставни волумен, потпуно је обложен панелима од бамбуса, у функцији сунчаних застора, у зглобно-помичним металним оквирима, висине која одговара спратној висини. Иза застора протежу се терасе око целе зграде, на које излазе стамбене јединице различите величине. Између станова и тераса су потпуно застакљене преграде. Сви станари на свом припадајућем делу терасе сами, једноставним померањем и потпуним или делимичним отварањем и затварањем застора, сами регулишу свој степен приватности или сигурности, пролаз сунчевих зрака и топлоте и количину дневне светлости у својој стамбеној јединици. Тако спољни изглед зграде, у сваком поједином тренутку, постаје резултат појединачних потреба и одлука станара, као што су истакли и сами пројектанти у свом објашњењу пројекта: *"The primary architectural effect of the building is not dependent on the architect's vision, but is an*

effect of the inhabitants' choices, as if the façade was a register at any given moment of a cumulative effect of individuals' choices" (Alejandro Zaera-Polo, http://www.building.su/user_en/articles/eng-Zaera-Polo/ARTICLE67.htm) У овој крајње једноставној и доследно спроведеној концепцији, изглед зграде је управо, унутар правилног геометријског облика, тај сложен однос пуног, празног и сенки, (јер скупљени застори излазе ван равни фасаде, у простор испред фасаде стварајући тако фасадни "рељеф") краћих или дужих, у зависности од тога да ли су застори у зглобу само делимично или до краја скупљени. А затим, тај однос се и сам мења: прво, сваком појединачном интервенцијом на капцима (ритам ових промена је само посредно и делимично повезан са променама чинилаца времена) а затим, сенке се и саме мењају, заједно са променама правца и јачине светлости која их ствара.



Фиг.82. Carabanchel Social Housing, <http://www.archdaily.com/1580/caranbachel-housing-foreign-office-architects/>

Ритам промене стања фасадних панела у градацијском низу од стања потпуне затворености до потпуне отворености заједно са променом њихове сопствене и бачене сенке

Анализа промене стања:

- **ниво простора:** ниво ентеријера (где се мења просторни комфор: осветљеност, температура, отвореност према споља, изложеност погледу тј. степен приватности) али нарочито, ниво непосредног окружења, јер се сложен и променљив визуелни ритам уочава пре свега споља, на фасади

- **врста промене стања:** просторна (просторни, визуелни ритам ако се посматра однос пуног, празног и сенки сваког појединачног стања фасадне површи) и просторно-враменска промена стања (кроз време се мења стање

појединачних капака а самим тим и стање, тј. њихов ритам на фасади јер свако померање било ког капка ствара ново стање, које затим траје дуже или креће време, до прве наредне интервенције, а затим, присутно је, унутар сваког стања, и само кретање сенки, као просторно-временска промена)

- **врста елемената који се мењају:** материјални генерици, положај спољњих сунчаних застора од бамбуса а чија промена непосредно ствара и промену нематеријалних генерика, тј. сенки на фасади (сопствених и бачених)

- **број могућих стања; одређеност могућих стања; односи визуелне сличности-различитости између могућих стања; равноправност-неравноправност могућих стања у односу на употребу, материјализацију или значење простора:** Пошто положај сваког капка може бити у градацијском низу стања у интервалу од потпуне затворености до максималне отворености, број могућих стања једног елемента зависи од способности ока да примети разлику између два стања, која тако постају суседна. А затим, број могућих стања целе фасадне површи, настале распоређивањем основног елемента у два правца, представља број свих могућих комбинација појединачних стања, у интервалу од положаја да су сви потпуно затворени до положаја да су сви потпуно отворени. Ако се претпостави да се сваки капак може наћи у неколико стања, онда је јасно да је број могућих стања целе фасаде веома велики али је ипак одређен. Међутим, свако стање капака праћено је неким променљивим стањем сенки, а сенке су непосредно повезане са чиниоцима комплексног природног система, па је зато број стања сенки и неодређен и теоријски бесконачан. И затим, трајање сваког стања тј. временски ритам промене стања је такође неодређен, јер је резултат појединачних одлука и интервенција корисника, а на које утичу и чиниоци природног и чиниоци друштвеног система, која су оба комплексни динамички системи. Просторно-временска промена стања сваког панела може бити и постепена (без прескакања суседних стања) и скоковита. Такође, и међусобни однос сличности два суседна панела на фасади (који свеукупно чине једно стање фасадне површи и њен просторни ритам) може бити у распону, укључујући и сва прелазна стања, од стања највеће могуће сличности, понављања, до стања највеће могуће различитости, контраста: отворено (са најдужом сенком) – затворено (без сенке). У односу на конструктивни аспект, сва стања су равноправна. Пошто

стања имају и своју функционалну улогу (да регулишу ниво светлости у унутрашњем простору као и отвореност и визуелну повезаност унутрашњег и пољашњег простора), из тог аспекта (коришћење простора) стања су неравноправна јер постоје ситуације када је из функционалних разлога пожељније једно стање од другог.

Ритам промене стања:

На свако поједино стање (однос: отворени-затворени застори, односно однос "пуно-празно") као и на трајање тог стања, утичу друштвени чиниоци, појединачне одлуке станара, а на које, са своје стране, у великој мери, утичу и природни чиниоци, чиниоци времена. (Питање је : да ли је сложен, спонтано настали ритам који станари стварају на фасади, близак ритму у природи, ритму природних система, јер су испитивања показала да су и друштвени системи комплексни динамички системи, те да се нека понашања у друштвеним системима, на која утиче мноштво сложених и мање-више непредвидљивих чинилаца, приближавају понашању комплексних система у природи. Наиме: ако бисмо ритам промене наведених величина записали и измерили инструментима Фракталне геометрије, да ли бисмо добили сличне вредности које добијамо мерењем промене неких величина из природе?) На ритам промене сенке утичу: и претходно наведени ритам промене положаја капака (сваким отварањем, односно скупљањем капака, излази се у простор испред фасаде, па се на, иначе равној фасади, ствара просторна пластика, и тако се отвара могућност за стварање сопствених и бачених сенки) и, непосредно, природни чиниоци, јачина и правац светлости која ствара сенку.

Прилог 9

GSW Headquarters, Berlin, Germany, 1990-99.

Matthias Sauerbruch, Lisa Hutton

АНАЛИЗА ИЗАБРАНОГ ПРИМЕРА АРХ-УРБ. КОМПОЗИЦИЈЕ са следећим карактеристикама ритма промене стања њених елемената:

- промена стања **више од једног елемента** арх-урб. композиције на посматраном нивоу простора са заједничким визуелним дејством;

- промена **више својстава** (овде боја и степен отворености сунчаних застора или степен рефлексије стаклене површине као и сам одраз као слика на површини) са различитим ритмом промене;

- **вишеструка регулација** ритма промене (овде непосредна веза са променом елемента из окружења који је део природног система, коришћење унутрашњег простора, појединачне потребе и одлуке корисника простора, одлуке пројектанта у процесу пројектовања)

Преко западне фасаде вишеспратне пословне зграде, која, да би се обезбедила што већа количина дневног осветљења у канцеларијама, има велике застакљене површине (од парапета високих 60cm до таванице), постављен је још један слој фасаде од провидног стакла са металном потконструкцијом. У простору између два слоја фасаде, "каналу" широком око 1m, струји ваздух, чија се брзина контролише пригушивачима на самом дну и врху "канала". Овај међуслој требало би да: подстиче природну вентилацију лети, умањују топлотне губитке зими и пригушује ниво спољне буке. Осим тога, у њему функционише и систем контроле и регулације проласка директних сунчевих зрака, преко аутоматског отварања и затварања вертикално обртних сунчаних застора, који су у више боја и делимично перфорирани. Значајно је и то да регулацију дневне светлости отварањем и затварањем застора могу вршити, према тренутним потребама, и сами корисници.



Фиг.83. GSW Headquarters, <http://architectuul.com/architecture/gsw-headquarters>

Тако се на овој фасади преклапају два сложена ритма: ритам отворених и затворених застора, који је истовремено и аутоматски и појединачно регулисан, и

ритам распореда различито обојених застора (бела и још 8 топлих нијанси жуте, наранџасте и црвене) по површини фасаде. (Овде је важно такође нагласити да се боје доживљавају као континуални низ сличних нијанси, као суседне у градацијској промени нијансе од беле, светло розе, тамно розе, црвене, црвено-наранџасте, наранџасте, наранџасто-жуте, светло наранџасто-жуте до светло жуте). Визуелној динамичности фасаде доприноси и трећи ритам промене: промена степена рефлексивности, са ефектом огледала (облаци, на пример, као на приложеној фотографији) и транспарентности стаклене фасаде, а који је директно повезан са ритмом промене јачине и правца светлости, било природне, било вештачке.

Промена стања два елемента арх-урб. композиције на посматраном нивоу простора са заједничким визуелним дејством:

1.а Ритам промене стања отворености фасадних панела – сунчаних застора у градацијском низу од стања потпуне затворености до потпуне отворености

Анализа промене стања:

- **ниво простора:** ниво непосредног окружења (сложен ритам пуно-празно сагледава се споља, на фасади мада се отварањем-затварањем застора мењају и својства унутрашњег простора, нпр. количина дневне светлости, поглед на окружење итд.)

- **врста промене стања:** просторна (просторни, визуелни ритам ако се посматра однос пуног и празног сваког појединачног стања) и просторно-вратна промена стања (кроз време се мења наведени однос на фасади јер свако померање било ког застора ствара ново стање, које затим траје дуже или креће време, до прве наредне интервенције)

- **врста елемената који се мењају:** материјални генерици, стање отворености-затворености материјалних генерика

- **број могућих стања; одређеност могућих стања; односи визуелне сличности-различитости између могућих стања; равноправност-неравноправност могућих стања у односу на употребу, материјализацију или значење простора:** Пошто положај сваког застора може бити у градацијском низу стања полу-затворено, полу-отворено у интервалу од потпуне затворености до

максималне отворености, број могућих стања једног елемента зависи од способности ока да примети разлику између два стања, која тако постају суседна. А затим, број могућих стања целе фасадне површи, коју ствара распоред у два правца основног елемента, представља број свих могућих комбинација појединачних стања, у интервалу од положаја да су сви застори потпуно затворени до положаја да су сви потпуно отворени. Ако се претпостави да се сваки застор може наћи у неколико уочљивих стања, онда је јасно да је број могућих стања целе фасаде веома велики али је ипак одређен. Са друге стране, трајање сваког стања тј. временски ритам промене стања је неодређен, јер на оба начина регулисања (централизовано регулисање, преко мерно-управљачких уређаја или појединачно регулисање, одлуке и интервенције корисника) утичу и чиниоци природног и чиниоци друштвеног система, која су оба комплексни динамички системи. Просторно-временска промена стања сваког панела може бити и постепена (без прескакања суседних стања) и скоковита. Такође, и међусобни однос сличности два суседна застора на фасади (који свеукупно чине једно стање фасадне површи и њен просторни ритам) може бити у распону, укључујући и сва прелазна стања, од стања највеће могуће сличности, понављања, до стања највеће могуће различитости, контраста: отворено – затворено. У односу на конструктивни аспект, сва стања су равноправна. Пошто стања имају и своју функционалну улогу (да регулишу ниво светлости у унутрашњем простору и утичу на квалитет отворености и визуелне повезаности унутрашњег простора према спољњем), из тог аспекта (коришћење простора) стања су неравноправна јер постоје ситуације када је из функционалних разлога пожељније једно стање од другог.

Ритам промене стања:

Ритам је резултат двоструке регулације: централизовано аутоматско регулисање повезано са мерењем упада сунчевих зрака и, истовремено, појединачно регулисање као корекција централизованог, према тренутним потребама и одлукама корисника. Прво регулисање посредно подлеже ритму природног система (промена положаја Земље у односу на Сунце али и временске прилике) а друго је резултат деловања друштвеног система, па се и овде поставља питање: да ли је сложен, спонтано настали ритам (пуног и празног) који

појединачне одлуке корисника стварају на фасади, близак ритму у природи, ритму природних система, јер су испитивања показала да су и друштвени системи комплексни системи, те да се нека понашања у друштвеним системима, на која утиче мноштво сложених и мање-више непредвидљивих чинилаца, приближавају понашању комплексних система у природи. И поново: ако бисмо ритам промене наведених величина записали и измерили инструментима Фракталне геометрије, да ли бисмо добили сличне вредности које добијамо мерењем промене неких величина из природе?

1.6 Ритам промене боје фасадних панела који су у функцији сунчаних застора

Анализа промене стања:

- **ниво простора:** ниво непосредног окружења
- **врста промене стања:** просторна промена стања
- **врста елемената који се мењају:** материјални генерици, различите боје фасадних панела

- **број могућих стања; одређеност могућих стања; односи визуелне сличности-различитости између могућих стања; равноправност-неравноправност могућих стања у односу на употребу, материјализацију или значење простора:** Стање сваког фасадног елемента (сунчаног застора) може бити једно од девет одређених и визуелно равноправних стања. Распоредом у два правца тих основних, једнаких по облику и величини, елемената, створа се специфичан површински ритам фасадне површине. Овде је веома значајно то да се девет различитих панела (боја) доживљавају као елементи у градацијском низу и да се између њих препознаје однос суседи-нису суседи, односно мање или веће блискости тј. сличности. То значи да промена стања може бити и постепена и скоковита, где свака два суседна застора на фасади, било у једном, било у другом правцу, успостављају однос који може бити у распону, укључујући и сва прелазна стања, од односа највеће могуће сличности, понављања, преко непосредних суседа и великог степена сличности, све до односа највеће могуће различитости, боја које се доживљавају као границе градацијског низа. У односу на конструктивни, функционални и опажајни аспект, сва могућа стања су равноправна.

Ритам промене стања:

Ритам промене стања ових елемената композиције је сложен и тешко је одредити његову теоријску основу ако сам архитекта није дао објашњење поступка. Пошто посматрач у овакавом распореду, што је вероватно и била намера пројектанта, не уочава правилност, већ управо особине извесне неодређености, непредвидљивости, вероватно га доживљава као "природан" јер већ искуствено зна да су то визуелне особине објеката које среће у природи.

2. Ритам промене нивоа рефлексивности и транспарентности као и промена одраза околине на стакленој површини

Анализа промене стања:

- **ниво простора:** ниво непосредног урбаног окружења
- **врста промене стања:** просторно – временска промена стања
- **врста елемената који се мењају:** нематеријални генерици: ниво рефлексije и провидности стакла као и сам одраз на стаклу

- **број могућих стања; одређеност могућих стања; односи визуелне сличности-различитости између могућих стања; равноправност-неравноправност могућих стања у односу на употребу, материјализацију или значење простора:** стања су и неодређена и њихов број је теоријски бесконачан (као резултат комбиновања теоријски бесконачног броја неодређених чинилаца, из природних и друштвених система, која су оба комплексни динамички системи); промена стања може бити и постепена, градијентска између сличних стања и нагла, скоковита између различитих или пак контрастних стања, повезана са постепеним или наглим (очекиваним или неочекиваним) променама у окружењу. У односу на употребу, материјализацију или значење простора, сва стања су равноправна.

Ритам промене стања:

Ритам промене је природни пошто је непосредно повезан са ритмом промена у природном систему (јачина и правац Сунчеве светлости), затим са променама у друштвеном систему (вештачка светлост, било споља, било унутра) као и визуелним променама у окружењу (нпр. кретање облака и њихов променљиви одраз на стаклу), насталим као резултат деловања и природних и друштвених чинилаца.

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Ивана М. Ћировић уписала је Архитектонски факултет Универзитета у Београду 1987. год. На истом факултету је дипломирала 19. 05. 1995. год. код професора Александра Стјепановића, са општим успехом 8.64 у току студија и оценом 10 на дипломском испиту, и стекла стручни назив дипломирани инжењер архитектуре.

Последипломске магистарске студије на Архитектонском факултету Универзитета у Београду уписала је 1996. год., курс "Архитектонска организација простора". Менторски део последипломских студија похађала је код професора Милана Лојанице на смеру: Теорија форме. Магистарску тезу "Визуелна динамичност архитектонског облика" одбранила је 5. 03. 2007. год. на Архитектонском факултету Универзитета у Београду код професора Бранислава Митровића и стекла академски назив Магистра техничких наука у области Архитектуре и урбанизма.

Докторску дисертацију под насловом: "Избор фракталног објекта у поступку детерминисања фракталног ритма у архитектонско-урбанистичким композицијама" пријавила је 2012. год. на Архитектонском факултету Универзитета у Београду код професора Михаила Тимотијевића.

У архитектонском бироу Грађевинског предузећа "Златибор" у Ужицу, а затим у архитектонском бироу "Ужицепројект" радила је као пројектант сарадник и као одговорни пројектант од 1995 до 2005. године. Стручни испит положила је 1998. год. Од 2004. год. поседује лиценцу одговорног пројектанта коју издаје Инжењерска комора Србије.

Од 2006. год. ради на Високој пословно - техничкој школи струковних студија у Ужицу, на основним и специјалистичким студијама, где је изабрана у звање предавача струковних студија за уже научне области Грађевинско инжењерство и Архитектура и урбанизам, за наставне предмете: Нацртна геометрија, Композиција и обликовање простора, Обликовање унутрашњег простора, Градитељство у туризму и Типологија туристичких дестинација.