

GENERISANJE PLANA PROSTORIJA PODDEOBOM PRAVOUGAONIKA**LAYOUT GENERATION BY RECTANGLE SUBDIVISION**Nemanja Radovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ARHITEKTURA I URBANIZAM**

Kratak sadržaj – Tema ovog rada jeste ispitivanje rada algoritma generisanja rasporeda prostorija na tipologiji jednorodnične kuće pravougaonog oblika.

Ključne reči: Generacija planova, algoritam, poddeoba

Abstract – The topic of this thesis is an examination of the work of the layout generating algorithm on a single family home of rectangular shape.

Keywords: Layout generation, algorithm, subdivision.

1. UVOD

Praksa arhitektonskog dizajna se konstantno menja sa povećanjem snage kompjutera i rastućih istraživanja na temu razvijanja modela koji integrišu mogućnosti kompjutera u proces dizajniranja arhitekture. Softverski alati za arhitekturu su prevazišli njihovu upotrebu u reprezentaciji i dokumentaciji, i trenutno se koriste za sam proces dizajniranja, pomažući arhitektama u radu sa kompleksnim strukturama rada i istraživanju novih potencijalnih rešenja.

Jedan od pravaca razvoja upotrebe kompjuterskog softvera za dizajn je razvoj softvera čija ciljna grupa su dizajneri bez ekspertize u kompjuterskim naukama. Svrha tih softvera je da se pojednostavi kompleksnost softvera kako bi korisnici bez iskustva u dizajniranju mogli razviti svoje ideje za manje kompleksne arhitektonske probleme. Ova teza namjerava da razvije algoritam za jednostavno generisanje plana pravougaonog prizemnog objekta.

2. METODE REPREZENTACIJE PLANOVA

U samim počecima arhitekture, pri izgradnji objekta nisu korišteni pisani planovi, nego su radovi vođeni iskustvima neimara. U periodu renesanse započinje proces razlikovanja prikaza i izgradnje kao odvojenih procesa i prelazi se na pisani oblik arhitektonske reprezentacije. U tome periodu počinje razdvajanje između arhitekture i graditeljstva, gde izrada, manipulisanje planova, izgleda i slično, postaje srž profesije i glavno zaduženje arhitekti.

Prelazak sa papirnog oblika prezentacije na digitalni oblik prezentacije arhitekture dovodi do nivoa promena zadnji put viđenih u renesansi [1].

Sa napretkom pristupačnosti kompjuterske tehnologije, dolazi do razvitka i upotrebe CAD tehnologije u softveru industrijskog dizajna, a zatim i arhitektonskog dizajna.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Bojan Tepavčević, red. prof.

Sledeći korak u razvoju tehnologije digitalnog dizajna bila je BIM tehnologija, odgovor na problem koordinacije raznih učesnika u projektovanju objekta.

2.1. Digitalni pristup arhitekturi

Novi pristupi projektovanju zasnivaju se na upotrebi softvera sa naprednim algoritmima koji koriste veštačku inteligenciju i daju mnoštvo podataka koji nisu dostupni tradicionalnim metodama. Dve vrste novih pristupa su parametarski i generativni dizajn.

Parametarski alati su odgovor na različite probleme koji se javljaju u procesu izmene 3d modela kompleksnih arhitektonskih oblika manuelnim putem. Inspirisani formama koje se pronalaze u prirodi, dizajneri razvijaju parametarske alate koji im pomažu u stvaranju slobodnih formi i izbegavanju postojećih šablona.

Generativni dizajn je iterativni proces koji testira mnoštvo opcija i koristi kompleksne genetske algoritme da bi generisao najbolje rešenje. Opšta korist koju donosi upotreba generativnog dizajna je brzina stvaranja različitih rešenja.

Na mestu susreta parametarskog i generativnog dizajna nalazi se algoritamski dizajn. Algoritamski dizajn u arhitekturi svodi se na kreiranje matematičkih i geometrijskih formula i definicija koje kreiraju arhitektonski dizajn. U suštini, arhitekta pravi program koji pravi model. Kodiranje instrukcija programa da bi se ideja pretvorila u precizne instrukcije zahteva pristup koji je drugačiji od tradicionalnog pristupa u dizajnu. Prednost pristupa projektovanju algoritmom je mogućnost prevazilaženja osnovnih sposobnosti alata softvera.

3. AUTOMATSKA GENERACIJA PLANA

Glavni zadatak arhitektonskog dizajna jeste planiranje prostora, što znači raspoređivanje prostora u dizajnu na osnovu zahteva i želja korisnika. Ovaj proces sastoji se iz dve faze. U prvoj fazi prikupljaju se informacije i podaci za program projekta, kao što su potrebna oprema za svaku prostoriju, funkcije i zahtevi prostorija, kao i ograničenja svake prostorije. Tokom druge faze, skiciraju se planovi za svaku prostoriju, kreiraju se topološki dijagrami, i crtaju se konačni planovi. Ovo je proces koji se ručno radi i ponavlja više puta, sa različitim elementima koji se prilagođavaju dok se ne dobije dizajn koji ispunjava sve uslove iz prve faze.

U iterativnom procesu, cilj je da se poboljšaju različite varijante dizajna i da se proceni koje rešenje je najbolje, na osnovu ograničenja, zahteva i želja korisnika. Ovaj proces može postati veoma težak sa porastom kompleksnosti zadatka.

Problemi planiranja prostora su kompleksni problemi koji moraju da ispune veliki broj uslova. Sa porastom broja prostorija i drugih zahteva prostora, raste broj mogućih rešenja.

Kompleksnost problema povećava korisnost kompjutera kao alata. Za razliku od ljudi, kompjuteri su sposobni za ogromnu količinu monotonih zadataka koje ispunjavaju bez umora ili greške.

Alati za automatsko dizajniranje imaju potencijal da pomognu arhitektama da istraže veći broj varijanti za manje vremena.

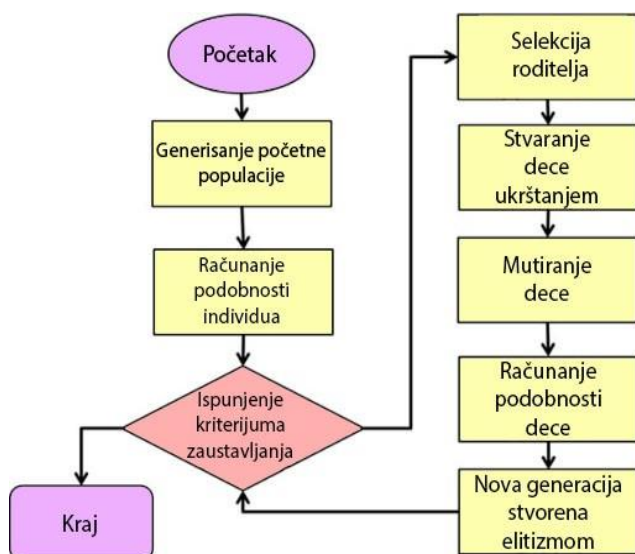
Tokom zadnjih 50 godina bilo je više pokušaja automatizacije prostornog planiranja. Inspirisani rezultatima u drugim disciplinama, istraživači su se fokusirali na razvijanje automatizacije generisanja planova koji se mogu upotrebiti u arhitekturi.

U većini metoda razvijenih za rešavanje problema organizacije prostora kompjuterskim putem upotrebljeni su generativni mehanizmi za stvaranje alternativnih varijanti i mehanizmi procene da bi utvrdili kvalitet tih varijanti. Razna rešenja su razvijena za četvorougone prostorije u opštoj i arhitektonskoj upotrebi.

Za ovaj rad, odabrana je metoda generisanja poddeobom, zbog mogućnosti interakcije kod ove vrste generacije od strane korisnika i fleksibilnosti metode, kojom se mogu generisati sem arhitektonskog dizajna i raspored strane postera, rasporeda čipova na ploči ili generativne umetnosti [2].

Deoba određene površi u prostorije je čest metod generisanja plana u arhitektonskom dizajnu, na skalu od nivoa plana rasporeda nameštaja do nivoa rasporeda urbanih blokova [3]. Glavni problem kod ove vrste generisanja jeste osiguranje prihvatljivih dimenzija prostorija i odnosa susednih prostorija kroz poddeobu.

Pronalazak rešenja koje zadovoljava zadate uslove vršen je stohastičkim algoritmom pretrage. Tip algoritma koji je korišten jeste genetski algoritam, koji radi sa principima Darwinove teorije evolucije poput selekcije i mutacija da iterativno pretraži mogućnosti zadanog modela i odabere uspešnije varijante modela, slika 1.



Slika 1. Osnovni model genetskog algoritma [4]

4. METODA GENERISANJA PLANA

Za projekat jednorodnične prizemne kuće parametarski model je kreiran u Grasshopper-u, dodatku za vizualno programiranje za Rhinoceros softver, dok je algoritam poddeobe pisan u C# programskom jeziku. Za genetski algoritam odabran je Octopus, genetski algoritam sa mogućnostima višeciljne optimizacije.

U modelu postoje dve vrste ulaznih vrednosti, fiksne vrednosti i promenljive vrednosti. Fiksne vrednosti sadrže informacije jedinstvene za svaki projekat.

U ovom algoritmu, to su prostorije koje objekat sadrži sa svojim uslovima i obuhvat objekta koji se podlaže deljenju na prostorije, kao i koeficijenti za rangiranje rešenja na osnovu odstupanja od ograničenja modela.

Ti koeficijenti su koeficijenti susedstva prostorija, minimalnih i maksimalnih dužina prostorija, maksimalnog odnosa strana prostorija, minimalnih površina prostorija i orijentacije prostorije u odnosu na objekat. Promenljive vrednosti služe kao ulazni podaci za genetski algoritam. Te vrednosti se menjaju algoritamski menja radi generisanja različitih varijanti modela.

Neophodne informacije za definisanje prostorije su naziv prostorije i očekivana površina prostorije. Dodatni kriterijumi za oblikovanje prostorije su minimalna veličina strana prostorije i maksimalna veličina strana prostorije, odnos strana prostorije, prostorije koje su u susedstvu prostorije, kao i na koje strane objekta prostorija ima pristup.

Da bi se podela raznih zona i stvaranje prostorija algoritamski pratila, koristi se puno binarno stablo kao struktura podataka. Binarno stablo predstavlja strukturu podataka veoma povoljnu za predstavljanje hijerarhijske organizacije. Sastoji se od čvorova u koje se pohranjuju podaci. Prvi čvor se naziva koren stabla, dok čvorovi bez podčvorova se nazivaju listovi u koje se pohranjuju informacije vezane za prostorije.

Promenljive vrednosti kojima raspolaže genetski algoritam su varijanta binarnog stabla, permutacija redosleda prostorija koja se dodeljuju listu stabla, odabir pravca podele prostorije i procentualan odnos podele prostorije.

Kalkulacija deobe počinje od listova binarnog stabla rekursivno. Zbir površina soba listova se čuva u čvorovima zajedničke grane stabla sve do korena sa ukupnom površinom. Dalje se obilaskom kroz stablo na osnovu podataka iz čvorova deli inicijalna površ na zahtevane prostorije.

Iteracijom kroz moguće kombinacije promenljivih vrednosti traže se varijanta koje ispunjava sve uslove iz matrice. U slučaju gde se traži graničenje između prostorija, distanca između dve prostorije ne sme postojati i preklap krive dve prostorije mora biti veći od 1m, da bi se mogla ostvariti komunikacija između dve prostorije. Odstupanja od zadanih vrednosti množe se koeficijentima i varijante modela rangiraju po njima.

5. STUDIJE SLUČAJA

Da bi se ispitalo funkcionisanje generatora u kreiranju planova prostorija, potrebno ga je testirati sa različitim scenarijima. Prvi test je replikacija postojećeg plana, drugi test je kreiranje alternativnih rešenja, i treći test je testiranje negativnog prostora kao opcije za kreiranje različitih varijanti.

U svakom testu odabrano je pet reprezentativnih rešenja odabranih po kriterijumu ispunjenja zadatih uslova testa i različitosti od ostalih rešenja.

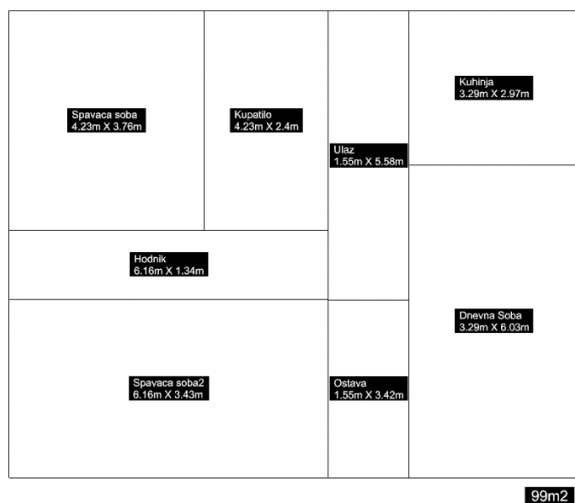
5.1. Replikacija plana

Prvi slučaj je replikacija postojećeg plana jednorodnične kuće veličine 11,42x8,42m sa devet prostorija čije su tačne dimenzije unete kao uslovi generisanja modela. Model je uspešno generisan sa manjim odstupanjima, koja su ispravljena sa dodatnom iteracijom genetskog algoritma sa ulaznim vrednostima ograničenim na promenu procentualnog odnosa deobe.

5.2. Različite varijante plana

Drugi slučaj je generacija plana jednorodnične kuće kroz manje definisane uslove objekta, gde se testira mogućnost generatora da kreira različite varijante plana. Za prvu analizu zadat je objekat sa pet prostorija veličine sa domenom od 7,00x7,00m do 10,00x10,00m.

Više modela je generisano zadatim uslovima, od kojih je prikazano pet sa nikakvim ili malim odstupanjima. Druga analiza povećala je broj prostorija na osam i domen veličine površi na od 8,00x8,00m do 12,00x12,00m. Od generisanih modela, četiri su generisana bez odstupanja sa jednim rešenjem sa manjim odstupanjima, slika 2.



Slika 2. Primer generisanog plana

5.3. Alternativne forme plana

Treći slučaj generacije plana jeste kuća sa šest prostorija gde su dodate jedna ili dve prostorije bez funkcije koje će biti oduzete od početnog oblika sa ciljem da se simulira veća varijacija u oblicima. Generisano je više rešenja od kojih je odabrano pet reprezentativnih.

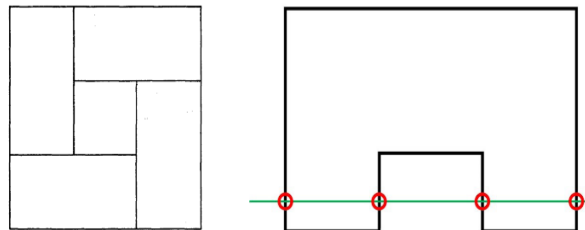
Sva rešenja su ispunila uslove generacije, međutim bila je česta pojava četvorougaoonih rešenja gde je i sa upotrebom prostorija bez funkcije finalni oblik ostao četvorougaoon.

6. OGRANIČENJA I MANE GENERATORA PLANA

Kroz upotrebu generatora planova primećeno je više mana algoritma. Deoba prostora je ograničena na ortogonalne pravce, koji su dovoljni u većini slučajeva, ali prostorije koje nisu pravougaoonog oblika su ponekad neophodne.

Algoritam ne podržava konkavne prostorije, jer detekcija tačaka preseka tokom poddeobe zahteva dve tačke, što bi dovelo do rane poddeobe i greške u konačnom ishodu algoritma.

Takođe presek deobe mora ići celom dimenzijom razmatranog oblika, što isključuje dosta rasporeda prostorija kao što je spiralni raspored prostorija, slika 3.



Slika 3. Forme objekata koje nisu podržane algoritmom, spiralni raspored (levo) [5] i konkavna površ (desno)

U trenutnom stanju algoritma, spratni objekti nisu mogući zbog nemogućnosti osiguranja lokacije vertikalne komunikacije na svim osnovama. Takođe je potrebna implementacija različitih situacija na terenu poput suseda. Budući razvoj algoritma biće fokusiran na istraživanje mogućih rešenja tih problema.

Potreban je i rigorozniji metod utvrđivanja uticaja svakog kriterijuma pri generisanju ocene podobnosti. Ne postoji objektivni način utvrđivanja koliko su osobine bitne u poređenju jedna sa drugom. Potrebno je više eksperimentacije da bi se utvrdilo koji kriterijumi daju upotrebljivije rezultate.

7. ZAKLJUČAK

Glavna svrha algoritma za generisanje plana prostorija poddeobom može da zadovolji sve topološke i geometrijske uslove u jednoj analizi. Topološki i geometrijski uslovi uveliko ograničavaju kako će izgledati finalna forma objekta i da li uopšte postoji rešenje za zadani problem. Smisljena postavka problema je najveći preduslov da li će algoritam dati rešenje.

Postavke koje su testirane dale su odgovor na pitanje da li je algoritam upotrebljiv za kreiranje planova. Prvom postavkom utvrđeno je da je algoritam sposoban da replicira postojeći plan, u drugoj postavci da je moguće da postavka da više upotrebljivih rešenja, i trećoj postavci da je moguće kreirati prostor koji nije četvorougaoon.

Ipak, sa porastom kompleksnosti zahtevanog broja prostorija i uslova koje algoritam mora da ispuni, raste vreme koje je potrebno da algoritam izvrši proračun. Povećanje broja prostorija iznad osam i veliki broj odnosa između prostora uvećava vreme izvršenja genetskog algoritma na preko sat vremena.

Dodatak zahtevne analize poput termalne analize može da uveća vreme izvršenje analize mnogostruko. Uprkos manama, trenutno stanje algoritma ima potencijal za dalje razvijanje i u budućnosti kao deo alata svakog arhitekta.

8. LITERATURA

- [1] Y. Kalay, “*Architecture's new media principles*”, Cambridge, MIT Press, 2004.
- [2] M. Harada, A. Witkin, D. Baraff, “Interactive physically-based manipulation of discrete/continuous models“, “*Proc. 22nd Annual Conf. Computer Graphics and Interactive Techniques*”, New York, ACM, 1975.
- [3] M. Bielik, S. Schneider, R. Koenig, “Parametric urban patterns: Exploring and integrating graph-based spatial properties in parametric urban modelling“, 2012.
cumincad.scix.net/data/works/att/ecaade2012_057
(pristupljeno u oktobru 2021.)
- [4] <https://medium.com/generative-design/generative-design-introduction-64fb2db38e1> (pristupljeno u oktobru 2021.)
- [5] W.J. Mitchell, J. Steadman, S.R. Ligett, “*Synthesis and Optimization of small rectangular floorplans*” 1976.

Kratka biografija:



Nemanja Radovanović rođen je u Bijeljini 1992. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Arhitekture i urbanizma – Digitalne tehnike, dizajn i produkcija odbranio je 2021.god.
kontakt: neletk92@gmail.com