

**ГЕНЕРИСАЊЕ АРХИТЕКТОНСКИХ ОСНОВА УЗ ПОМОЋ МОДИФИКОВАНОГ ГЕНЕТСКОГ АЛГОРИТМА****GENERATING FLOOR PLANS USING A MODIFIED GENETIC ALGORITHM**Милица Ињац, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – РАЧУНАРСТВО И АУТОМАТИКА**

**Кратак садржај** – У раду је приказана једна модификација генетског алгоритма са применама у генерисању архитектонских основа, односно распореда и организације просторија у оквиру једне етаже стамбеног или пословног грађевинског објекта. У раду су посебно разматрани проблеми кодирања јединки, те имплементација оператора укритања и мутације.

**Кључне речи:** Генетски алгоритам, архитектонске основе, критеријум оптималности

**Abstract** – This paper presents a modification of the genetic algorithm with applications in the generation of floor plans, that is, the layout and organization of rooms within one floor of a residential or commercial building. Paper addresses and discusses the problems of encoding individuals, and the implementation of crossover and mutation operators.

**Keywords:** Genetic algorithm, architectural plan, fitness function

**1. УВОД**

У раду је приказана једна модификација генетског алгоритма са применама у генерисању архитектонских основа, односно распореда и организације просторија у оквиру једне етаже стамбеног или пословног грађевинског објекта.

Воде се дебате о томе како је људско размишљање условљено пређашњим учењем и самим тим остаје увек у одређеним границама тог учења. Поставља се питање да ли оно научено ограничава креативност [1]. Истражују се приступи који би лишили решење дотадашњих идеја дизајна. Као једно од потенцијалних решења намећу се разни алгоритми. У овом раду је у те сврхе употребљен генетски алгоритам, који је првобитно модификован.

Многи елементи архитектонског пројектовања су суштински креативни и ослањају се на интуицију и даровитост појединца. На свом текућем нивоу развоја ни једна метода вештачке интелигенције није нашла начин да у потпуности замени креативно деловање човека.

Тема овог рада није, дакле, да се направи још један такав покушај, већ напротив да се предложи метода,

**НАПОМЕНА:**

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Мирна Капетина, ванр. проф.

односно понуди алат, који би омогућио архитектама и машинама да стварају заједно, синергетски.

**1.1. Преглед литературе**

Архитектонско пројектовање и визуелизација је сложен процес, који захтева искуство и креативност архитеката. Генерисање новог дизајна уз помоћ разних алгоритама вештачке интелигенције је област која се широко истражује. Примена вештачке интелигенције у архитектонском дизајну је у порасту, но постоје неки важни фактори и изазови које треба размотрити. Набавка скупа података високог квалитета који је потребан за рад неких од алгоритама представља проблем. Поред тога неки алгоритми захтевају предобраду података, а то је поступак који одузима доста времена [2].

Chaillou [3] је користио генеративне супарничке мреже за генерисање архитектонских тлоцрта користећи модел обучен над скупом слика. У његовом раду следило је неколико корака да се коначно генеришу потпуно опремљени архитектонски планови зграде када се као улаз даје облик земљишта. А главни закључак је уједно и позив истраживачима да истраже примену машинског учења у архитектури, где напомиње значај свог рада као одскочну даску за будуће дискусије. Генеративне супарничке мреже у оригиналном, или на неки начин модификованом облику за генерисање основа користили су и: Nauata et al. [4], Radford et al. [5] и Huang et al. [6].

Иако је примена овог типа алгоритма обећавајућа, има значајне изазове и недостатке. Главни недостатак алгоритма је што није у стању да генерише заиста нов и иновативан дизајн. Разлог томе је обучавање над готовим дизајнима основа [2].

Предност генетског алгоритма, који је модификован и као такав коришћен у овом раду, је управо у томе што не захтева базу података, ни предобраду података. Алгоритам генерише нов дизајн у зависности од критеријума оптималности, а не већ виђених дизајна. Међутим, он има неке друге недостатке.

**1.2. Опис проблема**

Решава се проблем генерисања стана уз помоћ генетског алгоритма. Проблем се може свести на два потпроблема:

- модификацију генетског алгоритма
- распоређивање соба у стану

Што се тиче генетског алгоритма, потребно га је прилагодити конкретном проблему. Излаз из генетског алгоритма треба да буде објекат.

Потребно је одлучити на који начин ће се кодирати јединка (стан). Потребно је формирати, модификовати и имплементирати све оно што класичан генетски алгоритам подразумева: селекцију, укрштање и мутацију.

Потребно је решити проблем правилног избора свих параметара алгоритма. Један од изазова кад је у питању генетски алгоритам јесте исправано формулисан и касније имплементиран критеријум оптималности.

У конкретном проблему који се решава, јединка представља стан који се састоји од више соба. Потребно је одредити облик, димензије и распоред соба унутар стана.

Начин на који се собе распоређују унутар стана представља други велики проблем. Не сме да се догоди да нека соба није у контакту ни са једном другом. Такође, не сме да дође до преклапања соба унутар стана. Облик генерисаног стана треба да буде смислен, односно без празног простора међу собама у границама у којој уопште није одрживо бавити се таквим пројектовањем. Дакле, проблем је налажење оптималног начина распореда соба унутар стана, као и димензије сваке просторије.

## 2. ПРЕДЛОЖЕНО РЕШЕЊЕ

Концептуално решење описаног проблема може се поделити у две целине.

### 2.1. Распоређивање соба у стану

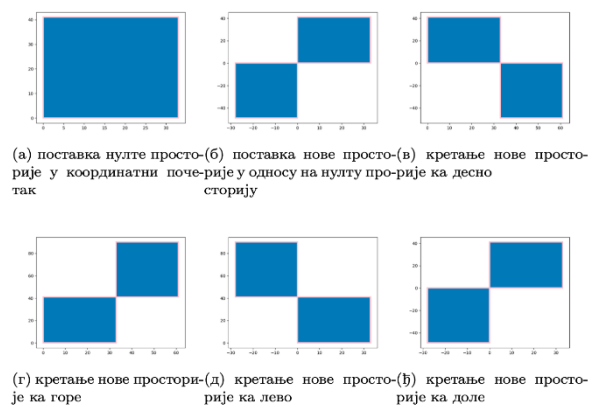
Стан представља јединку и састављен је од низа међусобно повезаних соба. У алгоритму је свака соба представљена као правоугаоник, чије су координате, висина и дужина познате.

Генерише се нулта просторија у координатном почетку. Наредна соба се поставља испод и лево од ње, на начин да им се само ћошкови додирују. Након поставке, соба се креће на предефинисан начин. Кретање је такво да соба која се креће мора у сваком моменту да буде у контакту са неком од већ постављених соба у стану. Соба се креће тако што клизи по зидовима других соба. Колико дуго се соба креће предефинисано је параметром делта. Оног момента кад делта буде једнако нули, соба је позиционирана у стану.

Циклус кретања подразумева постављање собе на најнижу леву тачку у простору. Након тога се креће у смеру супротном од смера кретања казалеке на сату. Нпр. новоформирана соба се креће ка десно колико јој је то дозвољено.

Уколико нема никакву препреку, у виду зида неке друге собе, креће се максимално десно. Након тога, креће се ка горе, лево и на крају доле, враћајући се у свој почетни положај.

Пример кретања једне собе око нулте просторије приказан је на првој слици.



Слика 1. Кретање једне просторије у односу на нулту

Усложњена ситуација је кретање собе уколико постоје препреке у виду зидова других соба. У овом случају просторија се креће једним смером или док не дође до зида, или док не дође до максималног стања. Уколико током кретања соба наиђе на зид, мења правац кретања. Не може да настави кретање у датом смеру, због препреке, а не може ни да остане на истом правцу, јер може да упадне у бесконачну петљу. Не може да се врати одакле је дошла. Да би се то избегло, уведено је ограничење које захтева промену правца кретања оног момента кад се дође до зида. Правило има изузетак у случају да је соба окружена са три своје стране другим собама, тада може да се врати уназад, јер не може нигде другде. Вредност параметра делта је у сваком моменту позната и освежава се након сваког померања собе.

### 2.2. Генетски алгоритам

Генетски алгоритам је модификован на неколико нивоа у сврхе решавања конкретног проблема. Собе унутар стана представљају хромозоме јединки, док стан са свим својим собама представља јединку. Више различитих станова представљају популацију. Јединке нису кодиране ни бинарно, ни реално, већ је вршена модификација.

За почетак свака соба носи информацију о једној координати (левој доњој), висини и ширини. А сваки стан је кодиран на начин да носи информације о свим собама од којих је сачињен и самим тим познаје њихову позицију, висину и ширину. Механизам поређења станова разликује добар стан од лошег стана, односно фаворизује добре станове. Шта значи добар стан оставља се за дискусију. Формирање критеријума оптималности вршено је кроз неколико итерација, конкретан развој и размишљања представљена су у дискусији.

Формирани су и имплементирани механизми за селекцију, укрштање и мутацију.

Имплементирана је класична турнир селекција, без измена.

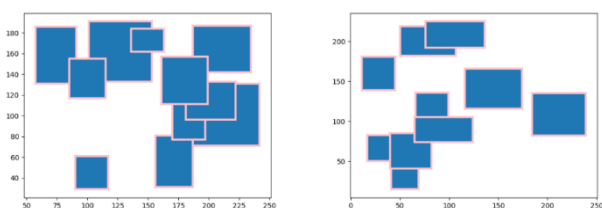
Укрштање представља изазов. Замисао је укрштати станове на начин да се нађу парови соба за укрштање из два стана који су кандидати за укрштање. Проблем до ког долази јесте неједнак број соба у становима. Да би се решио тај проблем уведен је параметар који

означава видљивост. Свака соба може бити видљива, или невидљива, где је збир свих видљивих и невидљивих соба у сваком стану једнак. У остатку алгоритма барата се са видљивим собама. Невидљиве собе служе за укрштање станова. Укрштање два стана врши се укрштањем по две собе, по једна из сваког стана. За сваке две собе које се укрштају добију се нове две собе. Собе се укрштају тако што се комбинују вредности висине, ширине, видљивости и параметра делта.

Финални резултат укрштања два стана су нова два стана настала комбинацијом претходна два. За мутацију је одлучено да се мутира мањи број јединки у већој мери. Мутација се врши на начин да се промене вредности висине, ширине, видљивости и параметра делта за одређени број соба у стану. Мутација се врши само над малим бројем јединки како насумичност не би преовладала.

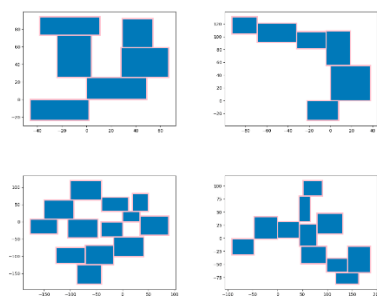
### 3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

У првој итерацији решавања проблема, фокус је на решавању најједноставнијег могућег случаја, тј. генерисања соба у простору на било који начин. На другој слици представљени су резултати прве итерације. Примећује се да се неке просторије преклапају, а неке уопште не додирују. То је проблем који је решаван у наредној итерацији.



Слика 2. Прва фаза развоја алгоритма

Резултати измењеног алгоритма, који води рачуна о томе да не дође до преклапања и који захтева повезаност свих соба приказани су на трећој слици. Примећује се да у овом случају станови имају облик који није одржив.



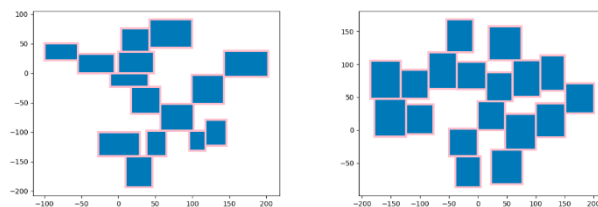
Слика 3. Модификована верзија алгоритма

Тежња наредне фазе је да стан добије облик који би био реалан и изводљив. Главни захтев је да се минимизује празан простор између соба. То се постигло модификацијом критеријума оптималности.

#### 3.1. Критеријум оптималности

Као што је већ споменуто, више критеријума оптималности је имплементирано и вршени су експерименти са разним њиховим комбинацијама.

Иницијално је имплементиран најједноставнији критеријум у сврхе провере рада алгоритма. То је критеријум који фаворизује велике станове. У овом случају алгоритам је врло брзо научио да велики станови имају велики број просторија и тежи томе да повећава видљивост просторија током итерација (слика 4).

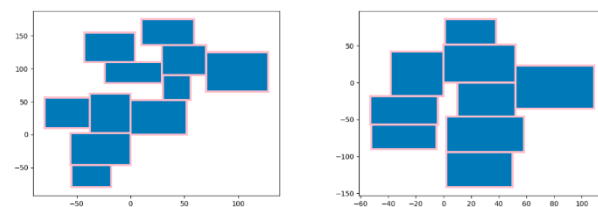


Слика 4. Станови генерисан помоћу критеријума оптималности који фаворизује већу површину

Наредни критеријум оптималности је први од неколико којим покушава да се реши проблем расутости просторија. То је критеријум сума удаљености соба од координатног почетка. Рачуната је удаљеност сваке собе од координатног почетка, где је циљ да та удаљеност буде што мања. Са овим критеријумом је делимично решен проблем разуђености, јер су резултујући станови сконцентрисани око координатног почетка, међутим собе и даље нису довољно повезане и у резултујућем стану су и даље присутне празнине између соба.

Наредни критеријум оптималности минимизује обим. Идеја је да станови са мањим обимом природно теже да густо ређају собе. Резултат овог критеријума су станови са малим бројем соба, у неким случајевима без видљивих соба. Овај резултат је одбачен као недовољно добар, јер стан од пар соба нема увек смисла.

Претходни критеријум оптималности модификован је комбиновањем са површином. Више комбинација је испробано, а за најбољу се испоставило да је количник површине и обима. Овај критеријум оптималности тиме максимизује површину на уштреб обима. Међутим, резултујући стан понекад није довољно повезан и дешава се да су собе повезане само једном тачком, што у реалности нема смисла (слика 5).

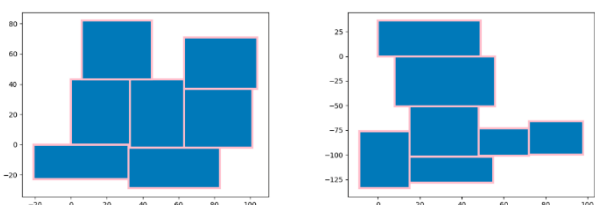


Слика 5. Станови генерисан помоћу критеријума оптималности који минимизује обим, а максимизује површину

Последњи критеријум који је имплементиран максимизује дужине дељених ивица. Идеја овог критеријума јесте да се директно утиче на проблем недовољне повезаности соба унутар стана. Прва итерација овог критеријума је фаворизовала мање станове (3-6 соба) који су били максимално повезани. Станови су

најзад добили облик који има смисла. Како би се критеријум додатно унапредио, направљена је модификација.

Финална верзија критеријума оптималности је количник дужине дељених ивица и обима стана. Овим количником се максимизује дужина дељених ивица и притом се минимизује обим стана. Минимизација обима је, испоставило се, битан додаток који је као резултат дао додатно повезане станове. Примери станова генерисаних коришћењем датог критеријума оптималности су приказани на слици 6.



Слика 6. Станови генерисан помоћу критеријума оптималности који минимизује обим, а максимизује дељене ивице

#### 4. ЗАКЉУЧАК

У раду је представљен један од начина генерисања архитектонских основа. Модификован је и имплементиран генетски алгоритам за примену у архитектонском пројектовању, где се кроз више итерација дошло до задовољавајућег решења. На овај начин генерисано је решење које није у зависности од старих идеја дизајна. Промена критеријума оптималности утиче на промену крајњег резултата. Но, архитектонски смислена решења се могу очекивати онда када се дефинише и архитектонски смислен критеријум оптималности, то је проблем сам за себе и превазилази оквире овог рада.

Рад на датој теми је тек започет, где будући рад тежи пројекту зграде која би допринела повећању зелених површина у граду. Искуство је показало да зелени кров из финансијских разлога не представља реално и одрживо решење кад је у питању повећање зелених површина у градовима. С тим у вези, зелени кров одржавају само пословне зграде, јер им то инвестиционо није проблем, за разлику од стамбених зграда [7]. Истражују се нова решења. У даљем раду предлажу се бетонске жардињере унутар станова чији су распоред и димензије генерисане на исти начин као и стан у овом раду, односно помоћу модификованог генетског алгоритма. Развој даљег рада испланиран је кроз неколико етапа. Увођење непокретних објеката (бетонских жардињера) знатно усложњава тематику. Захтеви природе и они постављени од стране архитектата подразумевају постављање жардињера унутар стана са ограничењима. Главно ограничење је близина прозора ради доступности светлости.

У првој верзији претпоставка је да сви зидови уједно представљају и прозоре. У истој верзији уводи се ново ограничење, које подразумева да жардињере морају бити одмакнуте од зида и међусобно на дистанци, не сме да дође до преклапања непокретних објеката.

Циљ је омогућити слободан прилаз са свих страна жардињере. Решавање проблема са датим ограничењима у даљем раду се додатно може усложити и проширити увођењем ограничења позиције прозора.

#### 5. ЗАХВАЛНИЦА

Овим путем се захваљујем професору Милану Рапаићу на значајној подршци приликом израде и имплементације рада. Његови коментари, дискусије и помоћ током овог процеса су били од великог значаја.

Такође се захваљујем и професорки Јелени Атанацковић Јеличић на помоћи, нарочито приликом дефинисања самог проблема и разумевања његовог значаја у ширем контексту.

#### 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] R. Mehta, D.W. Dahl, "Creativity: Past, present, and future.", *Consumer Psychology Review* 2, pp. 30-49, 2019.
- [2] S.K. Baduge, S. Thilakarathna, J.S. Perera, M. Arashpour, P. Sharafi, B. Teodosio, A. Shringi, P. Mendis, „Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications“, „*Automation in Construction*“, p. 141, 2022.
- [3] S. Chaillou, "AI & architecture", 2019.
- [4] Nauata, Nelson, K.H. Chang, C.Y. Cheng, G. Mori, Y. Furukawa. "House-gan: Relational generative adversarial networks for graph-constrained house layout generation.", *Computer Vision–ECCV 2020: 16th European Conference, Proceedings, Part 1 16 Springer International Publishing*, pp. 162-177, 2020.
- [5] A. Radford, L. Metz, S. Chintala, "Unsupervised representation learning with deep convolutional generative adversarial networks.", *arXiv preprint arXiv:1511.06434*, 2015.
- [6] W. Huang, H. Zheng, "Architectural drawings recognition and generation through machine learning.", In *Proceedings of the 38th annual conference of the association for computer aided design in architecture, Mexico City, Mexico*, pp. 18-20, 2018.
- [7] M. Shafique, K. Reeho, M. Rafiq, "Green roof benefits, opportunities and challenges–A review.", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp: 757-773, 2018.

#### Кратка биографија:



**Милица Ињац** рођена је 1999. године у Новом Саду. Завршила је основне академске студије на смеру Биомедицинско инжењерство на Факултету техничких наука.