



**IMPLEMENTACIJA GENETSKOG ALGORITAMA U CILJU SMANJENJA OSUNČANOSTI PARTERA UNUTARBLOKOVSKIH PROSTORA**  
**IMPLEMENTATION OF GENETIC ALGORITHM TO MITIGATING LAND SURFACE INSOLATION OF URBAN BLOCKS**

Milica Ivković, Ivana Bajšanski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – DIGITALNE TEHNIKE, DIZAJN I PRODUKCIJA U ARHITEKTURI I URBANIZMU**

**Kratak sadržaj** – Tokom letnjih meseci u gradskim sredinama javljaju se ekstremno visoke temperature. Jedan od razloga za to jeste i zagrevanje partera unutarblok-ovskih prostora usled izloženosti sunčevom zračenju. Efektivan način za umanjeno ove izloženosti jeste zasen-čenje upotrebom geometrije građene sredine. Shodno tome, cilj ovog rada jeste formiranje i ispitivanje metode koja implementira genetski algoritam, solarne simulacije, 3D i proceduralno modelovanje sa namerom da se umanju osunčanost partera unutarblok-ovskih prostora. Istraživanje je sprovedeno nad blokom lociranim u Vršcu. Kao granični faktori koriste se visina objekata, indeks izgrađenosti i procenat zauzetosti parcele.

**Ključne reči:** *Insolacija, ekstremne temperature, geometrija građene sredine, genetski algoritam, solarne simulacije, urbanističko projektovanje*

**Abstract** – During summer period extremely high temperatures occur in urban areas. As a result of exposure to solar radiation land surface areas in urban block can contribute to this effect. One of the most effective ways to mitigating solar insolation of land surfaces is overshadowing by using building geometry. Accordingly, the aim of this thesis is to propose method which combines genetic algorithm, solar simulation, 3D and procedural modeling in order to decrease level of land surfaces of urban blocks. The research was conducted in the urban fabric of Vršac. Proposed algorithm uses height of building total occupation factor and soil occupation factor of the plot as a bounding factor for shaping geometry.

**Keywords:** *Insolation level, extreme temperatures, building geometry, genetic algorithm, solar simulations, urban design*

## 1. UVOD

Rapidan razvoj softvera, kako u oblasti modelovanja tako i u oblasti simulacija, tokom poslednjih decenija, omogućio je arhitektama i urbanistima nove načine za istraživanje međusobnog uticaja izgrađene sredine i njene okoline. Potrebu za ovakvom vrstom istraživanja dodatno naglašavaju i klimatske promene koje se dešavaju na

globalnom nivou, a na koje naučnici svakodnevno upozoravaju. Kao jedan od problema javlja se i povišena temperatura vazduha u gradskim sredinama u odnosu na susedne suburbane ili ruralne sredine i može imati negativne posledice po zdravlje ljudi [1-4]. Povišena temperatura vazduha u gradovima u direktnoj je vezi sa prekomernom osunčanosti gradskih površina [5, 6]. Stoga je procena uticaja osunčanosti na pregrevanje spoljnog prostora kao i umanjeno osunčanosti i njenog nepovoljnog uticaja od velike važnosti.

### 1.1. Predmet i cilj istraživanja

Predmet istraživanja ovog master rada jeste sinteza genetskog algoritma, parametarskog modelovanja i solarnih simulacija i njihova implementacija u proces urbanističkog projektovanja, a sve u svrhu smanjenja osunčanosti partera unutar urbanih celina. Kao područje nad kojim se vrši istraživanje koristi se centralna zona grada Vršca, koja predstavlja urbanu celinu sa postojećim saobraćajnicama, parcelacijom i zaštićenim objektima unutar blokova. Cilj ovog master rada jeste kreiranje algoritma koji bi bio primenjiv u arhitektonskoj i urbanističkoj praksi.

### 1.2. Primenjeni softveri

Referentni model urbane celine generisan je primenom parametarskog i trodimenzionalnog modelovanja a uz pomoć genetskih algoritama i analiza za osunčanost partera, u softverima namenjenim za takvu vrstu rada.

Osnovni primenjeni softveri i alati obuhvataju:

- Rhinoceros - CAD softver za 3D modelovanje koji omogućava adekvatno digitalno okruženje za parametarsku studiju, tj. vezu sa parametarskim modelom kreiranim u softverskom dodatku Grasshopper,
- Grasshopper - softverski dodatak Rhinoceros-a sa grafičkim editorom za vizuelno programiranje,
- Ecotect - softver koji se koristi za analize i veštačke simulacije osunčanosti,
- Geco – dodatak koji omogućava vezu između Grasshoppera i Ecotecta i potrebne komponente za definisanje ulaznih podataka za simulaciju,
- Galapagos – dodatak koji omogućava primenu genetskog algoritma.

Ovakvim pristupom modelovanju, tj. kombinacijom softverskih aplikacija, omogućena je povratna informacija o tome kako promena urbanog dizajna utiče na osunčanost, što za rezultat ima doprinos u vidu generisanja ekološki svesnijih urbanističkih celina [7].

## NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Ivana Bajšanski, docent.

Shodno tome, ovakav pristup može naći veliku primenu u urbanom kontekstu, na bilo kojoj lokaciji i u bilo kojoj fazi projektovanja.

## 2. GENETSKI ALGORITMI I PARAMETARSKO MODELOVANJE U PROCESU REŠAVANJA PROBLEMA

Sa razvojem računara omogućena je i praktična upotreba genetskih algoritama. Genetski algoritmi bazirani su na procesu prirodne selekcije, gde se mutacijom, selekcijom, nasleđivanjem i ukrštanjem dolazi do najboljeg rešenja. Samom primenom genetskih algoritama mogu se rešiti složene interakcije između više faktora i pod višestrukim ograničenjima [8].

### 2.1. Algoritam za smanjenje osunčanosti partera

Predloženi algoritam za umanjenje osunčanosti partera može se podeliti u tri dela:

- generativni deo algoritma – predstavlja deo algoritma koji služi za formiranje geometrije,
- simulacioni deo algoritma – predstavlja deo algoritma koji služi za procenu osunčanosti,
- genetski deo algoritma – predstavlja deo algoritma za automatizaciju odabira optimalnog rešenja za date uslove.

i njime je omogućena i kvantitativna analiza uticaja promene urbanog dizajna na osunčanost partera.

#### 2.1.1. Generativni deo algoritma

U generativnom delu algoritma formira se predlog za izgradnju urbane strukture, odnosno trodimenzionalni model koji predstavlja aproksimiranu geometriju urbane sredine. Generativni deo algoritma obuhvata rad u Rhinoceros-u i Grasshopper-u.

Neophodni ulazni podaci za formiranje modela jesu polyline-ovi koji predstavljaju blok, parcele i objekte. Generisano ili uvezeno geometriju bloka, parcela i objekata potrebno je referencirati u Grasshopper-u. Radi lakšeg povezivanja parcela sa odgovarajućim objektima na njima koristi se Excel tabela u kojoj se nalazi redni broj parcele i objekta i njihova površina. Sa ovim podacima algoritam (1) formira geometriju postojećeg stanja i (2) pristupa formiranju nove geometrije.

Geometrija postojećeg stanja formira tako što se polyline-u koji predstavlja postojeći objekat daje visina iz ulaznih podataka za dati objekat a zatim formira krov.

Formiranje nove geometrije, slično, obuhvata proces sastavljen iz više delova, gde algoritam prvo pristupa formiranju baze objekta, zatim objektu daje treću dimenziju - visinu i na kraju formira krov objekta.

Međutim, pre nego što se pristupi formiranju modela, neophodno postaviti konstantne parametre koji određuju:

- maksimalnu visinu objekta,
- procenat zauzetosti parcele i
- indeks izgrađenosti parcele,

a koji predstavljaju ulazne podatke na osnovu kojih algoritam testira formiranu geometriju i sprovodi restrikcije ukoliko izlazi iz definisanih parametara. Prilikom istraživanja u ovom radu korišćeni su parametri propisani Generalnim urbanističkim planom Vršca. Na ovaj način istražuju se rešenja koja bi se mogla primeniti na istraživanom području.

Kao ulazni podaci u okviru ovog dela algoritma koriste se i parametri koje će genetski algoritam ispitivati u cilju pronalaženja optimalnog rešenja a koje ne definiše koristik i to su:

- položaj i orijentacija objekta na parceli,
- dimenzije gabarita objekta,
- da li objekat ima ili nema krilo/krila,
- položaj krila,
- širina i dužina krila,
- spratna visina objekta i
- tip i visina krova.

Ovi parametri predstavljaju informacije koje su neophodne za definisanje bilo kog objekta u fazi projektovanja, a takođe, i utiču na osunčanost partera. Svi ovi parametri definisani su kao numerički rasponi i na taj način je omogućeno da ih genetski algoritam koristi i ispita.

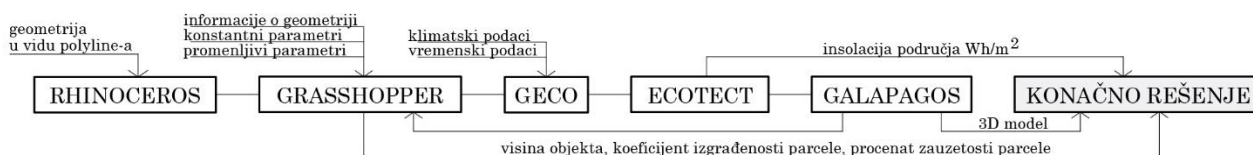
Na kraju, generativni deo algoritma kao izlazne podatke daje numeričke podatke za procenat zauzetosti parcele, koeficijent izgrađenosti i visinu objekta predloženog urbanističkog rešenja kao i aproksimiranu geometriju objekta, formiranu i spremnu za simulacije u okviru Ecotect-a.

#### 2.1.2. Simulacioni deo algoritma

Simulacioni deo algoritma za umanjenje osunčanosti partera vrši simulacije osunčanosti i podrazumeva rad u Grasshopper-u, Geco-u i Ecotect-u.

U okviru ovog dela algoritma neophodno je definisati klimatske podatke i period za koji se vrši simulacija. Klimatski podaci za određeno područje se uvoze u vidu Weather data file-a (\*.wea). Prilikom simulacija u ovom istraživanju korišćen je Weather data file za Beograd, pri čemu se klimatski podaci između Vršca i Beograda mogu poistovetiti zbog njihove male udaljenosti. Definisani period godine je od 28. jula do 18. avgusta od 8 do 17 sati. U ovom vremenskom okviru očekuju se najviše temperature i shodno tome najnepovoljniji uslovi za boravak ljudi na otvorenom prostoru, te je tad, ujedno, najbitnije umanjiti nepovoljne efekte prekomerne osunčanosti.

Nakon definisanja svih ulaznih parametara vrši se simulacija osunčanosti definisanog terena u Ecotect-u, a zatim se rezultati simulacije, koji obuhvataju numerički



Slika 1. Šematski prikaz veze softvera i ulazni podaci potrebni za funkcionisanje algoritma

rezultat i srednje vrednosti insolacije područja i grafički prikaz osunčanosti partera, šalju iz Ecotect-a u Grasshopper gde se dalje obrađuju.

### 2.1.3. Genetski deo algoritma

Genetskim delom algoritma omogućena je automatizacija celog procesa upotrebom dodatka Galapagos. Galapagos je sintetizovan u Grasshopper i radi po principima prirodne selekcije i evolutivnog razvoja jedinice.

Kao ulazni parametri u okviru genetskog algoritma koriste se ulazni podaci iz generativnog dela algoritma koji nisu inicijativno definisani i numerički rezultat iz simulacionog dela algoritma. Numerički rezultat osunčanosti se u okviru genetskog algoritma koristi kao fitness parametar, dok ostali parametri predstavljaju genome. To znači da će Galapagos, menjati genome u cilju pronalazjenja rešenja koje će minimizovati ili maksimizirati, u zavisnosti od zahteva korisnika, fitness parametar. Za potrebe ovog istraživanja, fitness je postavljen na minimize, što znači da će algoritam raditi sa ciljem da pronadje rešenje koje daje najnižu vrednost za osunčanje partera.

Nakon što su postavljeni svi neophodni parametri u okviru Galapagosa algoritam se pokreće i počinje da ispituje i menja genome. Zahvaljujući automatizovanom pristupu algoritam će nastaviti sa radom sve dok ne dobije optimalno rešenje ili dok korisnik ne prekine postupak.

Kao izlazni podatak u okviru ovog dela algoritma dobija se urbanističko rešenje za podešene ograničavajuće parametre. Ovo rešenje, praćeno sa odgovarajućim urbanističkim parametrima, koje obezbeđuje generativni deo algoritma i količinom insolacije partera koju obezbeđuje simulacioni deo algoritma predstavlja izlazne podatke u okviru celog algoritma za umanjene osunčanosti partera.

## 3. REZULTATI

Kao osnovni indikator za potvrdu boljeg rezultata predloženog rešenja u pogledu osunčanosti služi rezultat simulacije postojećeg urbanog dizajna.

Istraživanje je sprovedeno u urbanom tkivu Vršca. Predmet istraživanja jeste urbani blok u centralnoj zoni grada. Ukupna površina bloka iznosi 13889.1m<sup>2</sup>. U okviru

bloka nalaze se objekti koji su pod režimom zaštite kulturnih dobara i njih algoritam nije uzeo u proračun, već je zadržao njihovu originalnu formu.

Radi pojednostavljenja algoritma i povećanja brzine vršenja simulacije ulazni parametri u okviru algoritma pretrpeli su svojevrsnu vrstu optimizacije. Isto tako, i geometrija koja predstavlja objekte morala je biti pojednostavljena radi ubrzanja procesa u okviru algoritma. Ovakav pristup neretko se koristi u istraživanjima osunčanosti pri čemu se smatra da se geometrija može pojednostaviti jer uticaj volumetrijskog i relativnog izgleda zgrade u velikoj meri nadmašuje značaj ili relevantnost geometrijskih detalja na objektu [9]. Prilikom simulacija isključen je uticaj visokog rastinja i pomoćnih objekata na parceli.

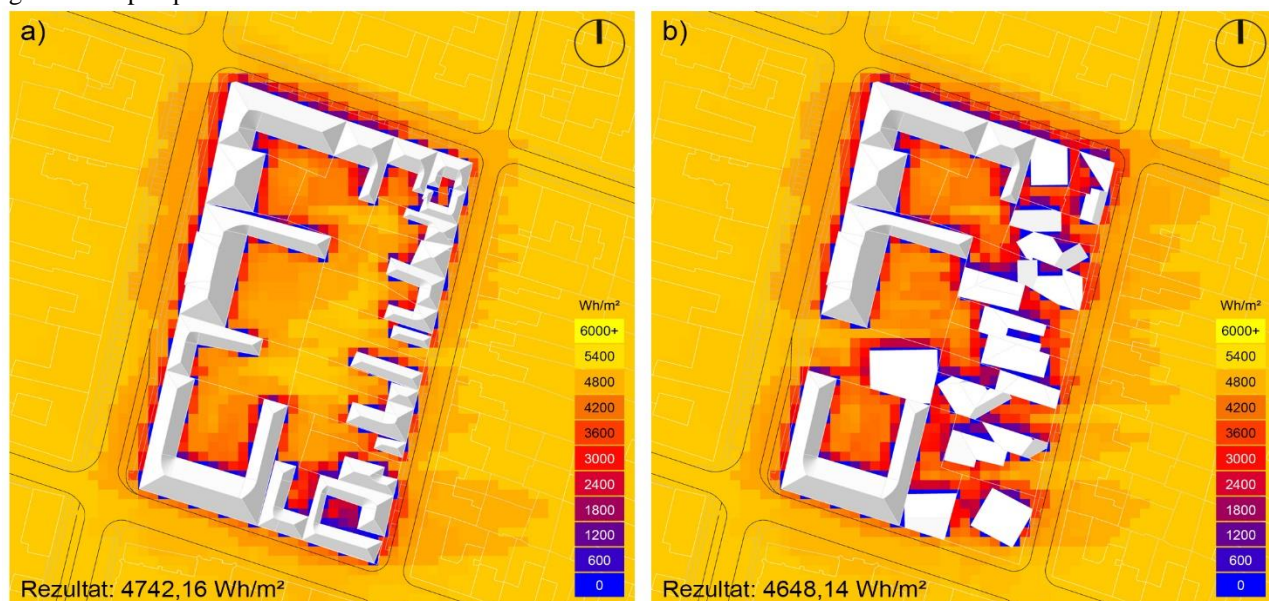
Rezultat simulacije insolacije dobijen za postojeće stanje predmetnog područja iznosi 4742,16 Wh/m<sup>2</sup>, dok je za novoprojektovano stanje predmetnog područja dobijeno 4648,14 Wh/m<sup>2</sup>, čime je postignuto umanjeno od 2,0% (Slika 1). Rezultati ukazuju da se upotrebom algoritma mogu postići umanjena osunčanosti partera promenom karakteristika geometrije izgrađene strukture.

Iz predloga rešenja koje pruža algoritam jasno se vidi da ustaljeni tip ivične gradnje u okviru bloka ne predstavlja optimalno rešenje za umanjeno osunčanosti i da se razuđenom strukturom u okviru bloka može postići manja osunčanost partera.

Pretežna orijentacija objekata u novonastalom rešenju jeste istok-zapad. Međutim, egzaktna orijentacija objekta zavisi od geografske širine i dužine lokacije, što znači da se dobijena orijentacija objekata za područje Vršca ne mora nužno poklapati i sa orijentacijom na nekom drugom delu Zemlje.

Analizom rezultata, jasno uočljivo da je algoritam težio da postigne maksimalnu visinu objekta (prosečna spratnost rešenja dobijenog algoritmom P+2, dok je u postojećem stanju u okviru bloka pretežna spratnost objekata P+0)

Forma novonastalih objekata je raznolika, pri čemu kubični i približno kubični objekti čija je forma delom zasečena čine 56%, dok objekti sa trapezastom osnovom, objekti sa jednim krilom, i objekti sa dva krila



Slika 1. Šematski prikaz veze softvera i ulazni podaci potrebni za funkcionisanje algoritma

predstavljaju po 12,5% od ukupnog broja objekata nastalih algoritmom. Kao neobično rešenje javlja se i jedan objekat trougaone osnove, koji kao takav predstavlja 6,5% ukupnog broja objekata nastalih algoritmom.

Sa druge strane, kada je tip krova u pitanju, kao češće varijantno rešenje javljaju se jednovodni krovi, gde je 63% krovova dobijenih primenom algoritma jednovodno, a 37% dvovodno (ne računajući zaštićene objekte). Prosečna spratna visina iznosi 3.1m a prosečna visina krova 2.6m.

Urbanistički parametri novog rešenja ostali su u zadatim okvirima. U tabeli 1. prikazani su uporedni urbanistički parametri u okviru bloka za postojeće stanje, stanje planirano Generalnim urbanističkim planom i prosečne vrednosti za koeficijente ostvarene upotrebom algoritma.

Tabela 1. *Uporedni prikaz urbanističkih parametara*

	Postojeće	Planirano	Ostvareno
Površina bloka	1,39ha	1,39ha	1,39ha
Indeks zauzet.	55,7%	60%	49%
Indeks izgrađ.	0,96	1,80	1,42
Spratnost	P do P+2	P do P+2+T	P+1 do P+2

#### 4. ZAKLJUČAK

Tema rada bila je implementacija genetskog algoritma u proces urbanističkog projektovanja u svrhu umanjavanja osunčanosti partera unutar urbanističkih celina - blokova. Primenom algoritma na konkretnom primeru dobijeno je umanjavanje osunčanosti za 2% u odnosu na postojeće stanje što odgovara razlici od 94,2Wh/m<sup>2</sup>. Na osnovu postignutog umanjavanja osunčanosti može se zaključiti da algoritam predstavlja primereno rešenje za ovakvu vrstu problema i da je njime moguće postići promene u nivou osunčanosti. Međutim, da bi se ispitao pun potencijal algoritma neophodno je uraditi i dodatne analize za različita područja i različite urbane blokove, ne bi li se, na osnovu njih, mogao izvesti zaključak o rasponu mogućih umanjavanja osunčanosti partera.

Urbanističko rešenje predloženo algoritmom predstavlja moguću prostornu intervenciju koja bi podstakla češću upotrebu prostora u letnjem periodu a samim tim i vitalnost poručja. Osim toga, prednost algoritma jeste i mogućnost automatizovane upotrebe, gde se od projektanta traži da podesi početne parametre a algoritam sam dolazi do rešenja uz procenu uticaja velikog broja parametara i varijacija.

Sa druge strane, upravo mogućnost promene velikog broja parametara predstavlja najveće ograničenje algoritma koje se ogleda u vremenskom periodu neophodnom za pronalaženje optimalnog rešenja, gde je za jednu parcelu potrebno vreme za simulacije različitih varijacija bilo i do 10 dana, što, kad se pomnoži sa brojem parcela u bloku, predstavlja značajan vremenski period. Osim toga, algoritam ne može simultano raditi promenu parametara različitih parcela.

Ograničenje algoritma se ogleda i u pojednostavljenju geometrije objekata i okruženja, na ovaj način su iz proračuna isključeni detalji na fasadi, kao i erkeri, balkoni i terase, ali i vegetacija (visoko rastinje) i pomoćni objekti

koji se nalaze u neposrednom okruženju, a koji u većoj ili manjoj meri mogu uticati na konačni rezultat.

Navedena ograničenja nedvosmisleno pokazuju da se algoritam može dodatno doraditi i unaprediti. Shodno tome, pravci daljih istraživanja biće usmereni na umanjavanje i eliminisanje ovih ograničenja sa ciljem da se algoritam poboljša i dobiju precizniji i/ili brži rezultati. Takođe, na osnovu principa predloženih algoritmom iz ovog rada mogli bi se razviti algoritmi i analize koje podrazumevaju simulacije uticaja vetra i termalnog komfora.

#### 5. LITERATURA

- [1] Akbari H. (2005), "Potentials of urban heat island mitigation", International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment", May 2005, Santorini, Greece, str. 11-22
- [2] Gartland, L. (2010) "Heat Islands: Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas", ISBN: 978-1-84971-298-9
- [3] Golden, J., (2004) "The Built Environment Induced Urban Heat Island Effect in Rapidly Urbanizing Arid Regions-A Sustainable Urban Engineering Complexity", Environmental Sciences, 00(4):0-0
- [4] Vučković, M., Maleki, A., Mahdavi, A. (2018) "Strategies for Development and Improvement of the Urban Fabric: A Vienna Case Study", Climate 2018, 6(1), 7
- [5] Cui, Y.Y. and De Foy, B., (2012) "Seasonal variations of the urban heat island at the surface and the near-surface and reductions due to urban vegetation in Mexico City", Journal of Applied Meteorology and Climatology, 51(5), str. 855-868.
- [6] Schiano-Phan R., Weber F., Santamouris M. (2015) "The Mitigative Potential of Urban Environments and Their Microclimates", Buildings, 5, str. 783-801
- [7] Bajšanski, I. (2016), "Algoritam za poboljšanje termalnog komfora u urbanoj sredini", Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad.
- [8] Narahara, T., Terzidis, K., (2006), "Multiple-constraint Genetic Algorithm in Housing Design", Proceedings of the 25th Conference of the Association for Computer-Aided Design in Architecture World, str. 418-425
- [9] Dogan, T., Reinhart, C., Michalatos, P. (2012), "Urban daylight simulation calculating the daylight area of urban design", Fifth National Conference of IBPSA-USA, Madison, Wisconsin, SimBuild, str. 613-620
- [10] Generalni plan Vršca (2007) Republika Srbija, AP Vojvodina, Opština Vršac

#### Kratka biografija:



**Milica Ivković** rođena je u Vršcu 1993. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Digitalnih tehnika, dizajna i produkcije u arhitekturi i urbanizmu odbranila je 2019.god. kontakt: ivkovic.milica@hotmail.com



**Ivana Bajšanski** rođena je u Vrbasu 1986. godine. Doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka 2016. god., a od 2017. je u zvanju docenta. Oblast interesovanja joj je digitalni dizajn u arhitekturi i urbanizmu.