

Simuliranje pešačkog saobraćaja u situacijama evakuacije

U ovom radu predstavljen je model za simuliranje ponašanja ljudi u situacijama evakuacije. Razvijeni model je baziran na modelu socijalnih sila (Helbing D., Molnar P. 1995. Social force model for pedestrian dynamics, Physical review E, 51(5): 4282), uz predložen novi način za računanje preferiranog pravca kretanja ljudi. Takođe, predstavljen je i genetski algoritam za optimizaciju pešačkih zona. Nakon reprodukovanih fenomena uočenih iz već dostupnih podataka, korišćenjem genetskog algoritma rešavan je problem pronalaženja optimalnog oblika prepreke na izlazu za koju je vreme evakuacije minimalno. Prepreka na izlazu predstavljena je na dva načina - kao polarni n-tougao i kvadratna rešetka u kojoj su određena polja neprohodna. Obe reprezentacije prepreke daju približno isti rezultat, uz smanjenje vremena evakuacije od 23 do 34%.

Uvod

Metode koje se koriste u fizici se već duže vreme uspešno primenjuju u modeliranju motornog saobraćaja. S druge strane, pešački saobraćaj (a posebno ponašanje ljudi u situacijama prilikom kojih vlada panika), nije u većoj meri proučavan na ovaj način. Iako su određeni kompjuterski modeli već razvijeni, istraživanjem ponašanja ljudi u paničnim situacijama bave se većinom sociolozi i psiholozi i ta istraživanja su empirijske prirode. Kako se u današnje vreme organizuje sve više događaja kojima prisustvuje sve veći broj ljudi, takva istraživanja dobijaju na značaju. Međutim, kako je gotovo nemoguće izvesti ogled u kom se reprodukuju panične situacije, dostupni podaci za istraživanja se svode na video snimke koji su često lošeg kvaliteta i nema ih u velikom broju. Stoga bi razvijanje modela koji bi verodostojno simulirao ponašanje ljudi u paničnim situacijama, poput evakuacije, bilo od velikog značaja. Cilj ovog rada je razvijanje jednog takvog modela.

Razvijeni model baziran je na modelu socijalnih sila (Helbing i Molnar 1995), uz predložen novi metod za računanje preferiranog pravca i smera kretanja pešaka. Detaljan opis modela dat je u sekciji „Model socijalnih sila

Daniel Silađi (1995), Novi Sad, Fruškogorska 15, učenik 4. razreda Gimnazije „Jovan Jovanović Zmaj” u Novom Sadu

Ognjen Stanisavljević (1995), Požega, Učitelja Pavla Stojića 4, učenik 4. razreda Gimnazije „Sveti Sava” u Požegi

MENTOR: Miroslav Bogdanović, Max Planck Institute for Intelligent Systems, Tübingen

sa statičkim poljem”. Koristeći razvijeni model uočeni su mnogi kolektivni fenomeni karakteristični za ponašanje ljudi u paničnim situacijama poput stvaranja uskih grla ili gomilanja ljudi na proširenjima. U istoj sekciji, dat je i pregled uočenih kolektivnih fenomena.

Drugi deo našeg rada posvećen je korišćenju razvijenog modela za testiranje i optimizaciju pešačkih zona. Konkretno, pomoću razvijenog genetskog algoritma zasnovanog na opisanom modelu, dat je optimalan oblik prepreke na izlazu iz prostorije za koju je vreme evakuacije minimalno.

Model socijalnih sila sa statičkim poljem

Jedan od predloženih modela za ponašanje pešaka je model socijalnih sila (eng. social forces model), prvi put predstavljen u (Helbing 1994). Naš razvijeni model se oslanja upravo na model socijalnih sila i biće opisan u ovoj sekciji rada.

Socijalne sile

Tokom izučavanja ljudskog ponašanja u paničnim situacijama predloženo je da pojave koje utiču na kretanje ljudi imaju određenu analogiju sa poljima sila u fizici. Prema tome „sile” koje izazivaju kretanje pešaka nazvane su socijalnim silama. Socijalne sile ne predstavljaju uticaj okoline na telo pešaka, već motivaciju da se on kreće u određenom smeru, pa se pešak kreće kao da je pod uticajem neke spoljašnje sile. Na pešaka istovremeno može delovati više socijalnih sila. U tom slučaju, uticaji se sabiraju vektorski. Opis socijalnih sila koje mogu delovati na pešaka dat je ispod:

Odbojne sile između pešaka. Na ponašanje određenog pešaka utiču ostali pešaci. Svaki pešak ima svoju „privatnu sferu”, odnosno oseća se nelagodno kada mu drugi pešak priđe preblizu. Ovo rezultira odbojnom silom između pešaka. Ta sila opisana je izrazom:

$$\mathbf{f}_p = A\alpha e^{-B|r|^2} \mathbf{r}_{\text{norm}}$$

gde su A i B konstante odabrane tako da model najpribližnije opisuje već poznate situacije, $|r|$ rastojanje između pešaka, dok vektor \mathbf{r}_{norm} pokazuje da je pravac delovanja sile pravac koji spaja pešake. Koefficijent α je jednak 1 ukoliko je ugao između pravca kretanja i pravca koji spaja pešake manji od 100° . U protivnom je jednak 0.5.

Odbojne sile prepreka. Pešak teži da održava određeno rastojanje od prepreka ili zidova koji mu se nađu na putu, jer kada se nalazi preblizu prepreke više pažnje mora posvetiti tome da prepreku izbegne nego dostizanju cilja. Prema tome, prepreke odbojno deluju na pešake koji se nalaze u blizini njih silom koja je opisana jednačinom:

$$\mathbf{f}_z = C\alpha e^{-D|r|^2} \mathbf{r}_{\text{norm}}$$

gde su C i D konstante odabrane tako da model najbliže odgovara poznatim situacijama, $|r|$ rastojanje između pešaka, dok vektor \mathbf{r}_{norm} pokazuje da odbojna sila deluje duž pravca koji spaja zid sa pešakom.

Sile usled fizičkog kontakta. Kada dođe do fizičkog kontakta između pešaka, na njih deluju dve vrste sila. Prva sila deluje duž pravca koji spaja dva pešaka i opisana je jednačinom:

$$\mathbf{f}_k = k(d - |\mathbf{r}|)\mathbf{r}_{\text{norm}}$$

gde je k konstanta odabrana na način sličan kao za prethodno navedene sile, dok je d „poluprečnik pešaka”, odnosno maksimalno rastojanje za koje deluju sile fizičkog kontakta, a $|\mathbf{r}|$ rastojanje između pešaka.

Druga sila koja deluje prilikom fizičkog kontakta između pešaka opisana je jednačinom:

$$\mathbf{f}_t = K(d - |\mathbf{r}|\Delta\mathbf{v}$$

gde je K konstanta, d i $|\mathbf{r}|$ „poluprečnik pešaka”, odnosno rastojanje između pešaka, dok vektor $\Delta\mathbf{v}$ pokazuje pravac delovanja i jednak je $\Delta\mathbf{v} = \mathbf{v}_i - \mathbf{v}_j$, gde su \mathbf{v}_i i \mathbf{v}_j vektori brzina pešaka i i j .

Polje preferiranog pravca kretanja

Do sada je bilo reči samo o silama koje potiču iz međusobne interakcije pešaka sa drugim pešacima i preprekama. Međutim, kada bi to bile jedine sile koje deluju na pešake, jasno je da bi simulirani događaji bili daleko od realne situacije, jer pešaci nemaju nikakvo znanje o tome kuda bi trebalo da idu. Zato, umesto da za svakog pešaka u svakom koraku računamo gde mu je najbliži cilj, uveli smo vektorsko polje preferiranog pravca, koje u svakoj tački pokazuje kuda bi pešak trebao da se kreće da što pre stigne do najbližeg cilja. Nešto slično ovome se javljalo u radovima koji opisuju simuliranje pešaka pomoću dvodimenzionalnih celularnih automata (na primer, Burstedde *et al.* 2001), ali ovaj rad je prvi pokušaj kombinovanja takvog polja sa modelom socijalnih sila. Konkretno reč je zapravo o dva polja, statičkom i dinamičkom.

Statičko polje je konstantno tokom celog izvršavanja simulacije i u svakoj tački pokazuje u smeru najbližeg cilja.

Dinamičko polje predstavlja činjenicu da će se pešak kretati tamo kuda se kreću okolni pešaci. Pokazuje u smeru vektorskog zbira brzina okolnih pešaka (onih koji se nalaze unutar neke kružnice unapred definisanog poluprečnika).

Primitimo da je dovoljno izračunati polje u konačno mnogo (dovoljno gusto raspoređenih) tačaka i interpolirati njegovu vrednost u ostalim tačkama. Ukoliko su tačke – čvorovi raspoređeni u kvadratnu mrežu, vrednost polja u tački $\mathbf{p} = (x, y)$ možemo interpolirati na sledeći način:

$$\mathbf{f}_{\text{static}} = \sum_{\substack{\text{postoji čvor} \\ \text{na poziciji } \mathbf{q}}} e^{-|\mathbf{p}-\mathbf{q}|^2} \mathbf{f}_{\text{static}}(\mathbf{q})$$

Takođe primitimo da će sabirci $e^{-|\mathbf{p}-\mathbf{q}|^2} \mathbf{f}_{\text{static}}(\mathbf{q})$ biti zanemarljivo mali za sve osim za najbliže čvorove \mathbf{q} , tako da za potrebe simulacije aproksimiramo $f_{\text{static}}(\mathbf{r})$ sa 4 čvora – temena kvadrata najbliža tački \mathbf{p} . Ukoliko je

polje u računararu predstavljeno matricom, ta 4 čvora se mogu odrediti u konstantnom vremenu. Dakle, pojednostavljene formule za računanje polja izgledaju ovako:

$$\mathbf{f}_{\text{static}}(\mathbf{p}) = \sum_{\substack{\text{najbliža 4 čvora} \\ \text{na pozicijama } \mathbf{q}}} e^{-|\mathbf{p}-\mathbf{q}|^2} \mathbf{f}_{\text{static}}(\mathbf{q})$$

$$\mathbf{f}_{\text{dynamic}}(\mathbf{p}) = \sum_{\substack{\text{pesak na poziciji } \mathbf{q}, \\ |\mathbf{p}-\mathbf{q}| \leq R}} e^{-|\mathbf{p}-\mathbf{q}|^2} \mathbf{f}_{\mathbf{q}\text{norm}}$$

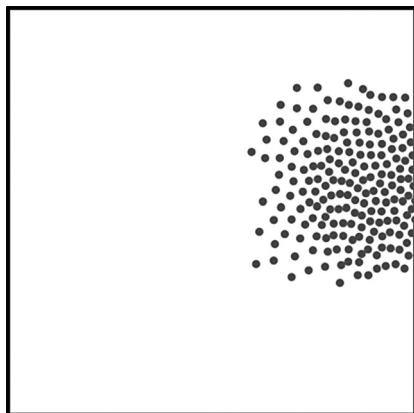
Sada možemo proširiti naš model sa ove dve sile, tako da je

$$\mathbf{f}_{\text{total}} + \mathbf{f}_{\text{social}} + \mathbf{f}_{\text{static}} + \mathbf{f}_{\text{dynamic}}$$

Uočeni fenomeni

Pri proučavanju ponašanja ljudi u procesu evakuacije uočeni su određeni kolektivni fenomeni. Kako bismo proverili verodostojnost našeg modela i uverili se da on daje rezultate koji su u skladu sa do sada uočenim oblicima ponašanja pešaka, reprodukovani su predviđeni kolektivni fenomeni:

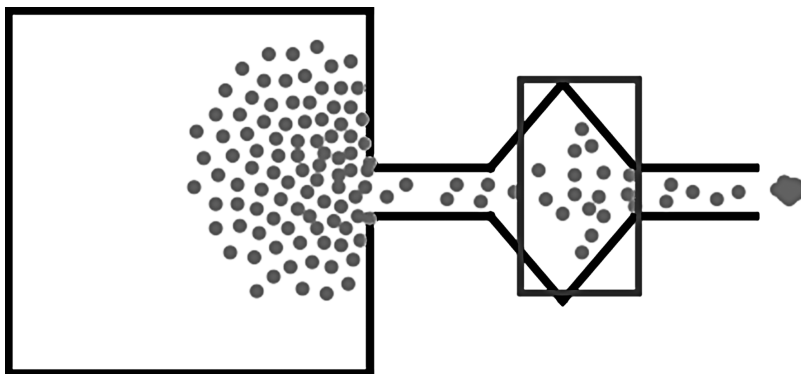
1. **Stvaranje uskih grla.** Najprimetniji fenomen koji se javlja u paničnim situacijama je stvaranje uskih grla, odnosno gomilanje velikog broja ljudi na izlazima (slika 1). Ovo je očekivano jer je osnovni cilj ljudi prilikom evakuacije da se sklone od opasnosti, odnosno napuste prostoriju.



Slika 1.
Stvaranje uskog grla
na izlazu

Figure 1.
A bottleneck at the exit

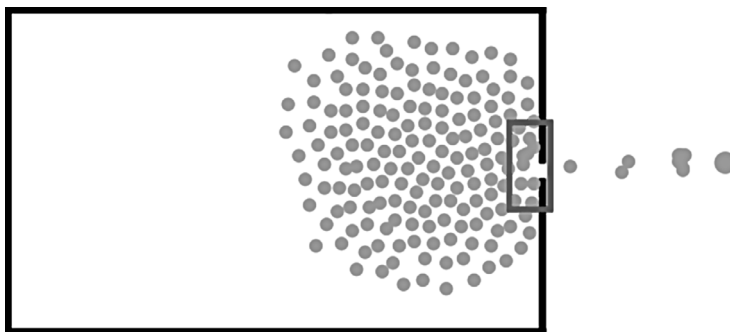
2. **Stvaranje uskog grla na proširenjima.** Ukoliko se u nekom hodniku nalazi proširenje, kao na slici 2 i preferirana brzina pešaka je dovoljno velika, umesto očekivanog rasterećenja i ubrzavanja izlaska pešaka iz prostorije dolazi do stvaranja uskog grla. Ovaj fenomen se može objasniti time što na početku proširenja pešaci pokušavaju da prestignu jedni druge i tako se udaljavaju od glavnog toka. Kada na kraju proširenja pešaci ponovo pokušavaju da uđu u glavni tok dolazi do stvaranja uskog grla.



Slika 2.
Primer proširenja na kom se stvorilo usko grlo

Figure 2.
A bottleneck formed at a widening

3. Evakuacija ljudi u malim grupama. Pri visokim preferiranim brzinama pešaka, njihov izlazak iz prostorije postaje neravnomeran, odnosno pešaci napuštaju prostoriju u izdvojenim malim grupama. Takođe, tada se na izlazu iz prostorije javlja začepljenje u obliku luka (takvo začepljenje je obeleženo na slici 3). Do formiranja začepljenja u obliku luka na izlazu dolazi usled međusobnog guranja pešaka i sile kojom deluju jedni na druge pri fizičkom kontaktu. Do izlaska male grupe pešaka iz prostorije dolazi pri „rušenju” luka na izlazu. Primećeno je da na stvaranje lučnih začepljenja znatno veći uticaj ima širina izlaza nego preferirana brzina pešaka.



Slika 3.
Začepljenje u obliku luka na izlazu i mala grupa pešaka koja je napustila prostoriju

Figure 3.
An arc-shaped jam at the exit, and a small group of pedestrians leaving the room

4. Zanemarivanje slobodnih izlaza. Kada je znanje pešaka o okolini u kojoj se nalaze malo (npr. kada je prostorija koju treba da napuste puna dima) uočeno je da se pešaci gomilaju na jednom izlazu, često zanemarujući druge, slobodne izlaze kroz koje bi napustili prostoriju za kraće vreme. Ovaj fenomen je u skladu sa zaključkom empirijskih istraživanja da su ljudima privlačnije one rute koji koristi veći broj drugih ljudi. Treba napomenuti da ni isključivo individualističko ponašanje u situacijama kada je znanje o okolini malo prema našem modelu ne daje rezultate, jer pešak tada izlaz može naći samo slučajno, već je najefikasniji oblik ponašanja kombinacija individualističkog i kolektivnog ponašanja.

Genetski algoritam

Pored navedenih fenomena, kako u simulaciji, tako i u životu, primjećeno je da se vreme evakuacije smanjuje ukoliko se na izlaz iz prostorije postavi nekakva prepreka, koja će da razbije i podeli bujicu pešaka. Ipak, nigde u literaturi nije specificirano koji je zapravo optimalan oblik te prepreke, već je korišćen oblik koji po autorovoj intuiciji daje najbolje rezultate. Ali, s obzirom na to da je sama ideja postavljanja prepreke donekle kontraintuitivna, glavni doprinos ovog rada je algoritamsko određivanje tog oblika.

S obzirom na to da ne možemo da ispitamo svaki mogući oblik (ima ih beskonačno mnogo), moramo se zadovoljiti približnim rešavanjem datog problema. Genetski algoritmi su jedna od klasa algoritama pogodnih baš za tu svrhu – optimizaciju neke fitnes funkcije (vremena izlaska) na nekom domenu, tzv. prostoru pretraživanja (u našem slučaju, skupu svih mogućih poligona u ravni).

Tok algoritma je sledeći:

1. Na slučajan način se generiše početni skup rešenja (jedinki, u terminologiji genetskih algoritama) – poligona u ravni.
2. Za svaku jedinku se pokrene simulacija sa tim poligonom kao preprekom na izlazu. Fitnes te jedinke je recipročna vrednost ukupnog simuliranog vremena potrebnog za evakuaciju svih pešaka.
3. Sve jedinke (populacija) se sortiraju prema fitnesu i „loše” jedinke sa malim fitnesom (prevelikim ukupnim vremenom izlaska) se izbacuju iz populacije. Ovaj korak se u literaturi naziva selekcija.
4. Jedinke koje su opstale, učestvuju u procesu ukrštanja: iz populacije se biraju parovi jedinki koje će se ukrstiti i dati novu jedinku – potomak, nastalu kombinovanjem poligona svoja dva roditelja. Verovatnoća da neka jedinka bude odabrana je srazmerna njenom fitnesu.
5. Konačno, jedan deo novih jedinki u populaciji se dobija mutacijom slučajno odabrane jedinke iz prethodne generacije. Tako se u populaciju unosi mala količina raznovrsnosti, koja pomaže algoritmu da se ne zaustavi u nekom lokalnom optimumu.
6. Koraci 2–5 se ponavljaju dok populacija ne konvergira ili se izračuna određeni unapred zadati broj generacija.

Gore opisani postupak je zajednički za sve genetske algoritme, i potrebno je definisati konkretnu reprezentaciju jedinki, kao i specificirati korišćene genetske operatore (selekcije, ukrštanja i mutacije) – to je urađeno narednom delu. U radu su korišćena dva različita načina za predstavljanje prepreka: polarni n -tougao i kvadratna rešetka.

Genetski operatori – n -tougao

Svaka jedinka – mnogougao ima fiksiran broj ivica, n , i parametrizovan je sa n realnih brojeva, $(r_0, r_1, \dots, r_{n-1})$. Temena tog mnogougla su tačke:

$$\left(r_i \cos\left(\frac{2\pi i}{n}\right), r_i \sin\left(\frac{2\pi i}{n}\right) \right), \quad i = 0, 1, \dots, n-1$$

translirane na odgovarajuće mesto, ispred izlaza iz prostorije. S jedne strane, uz dovoljno veliko n , na ovaj način se može aproksimirati većina nama „interesantnih” poligona, a sa druge, na ovakvoj reprezentaciji se mogu koristiti mnogi „klasični” genetski operatori iz literature, koji pretpostavljaju međusobnu nezavisnost pojedinačnih komponenti vektora koji predstavlja jednu jedinku.

Selekcija je primitivna, i prosto izbacuje sve jedinke sa fitness-om koji je više od 5 puta manji od najbolje jedinke. Konstanta 5 je odabrana proizvoljno i služi za odbacivanje onih prepreka koje u potpunosti blokiraju izlaz, i čije odgovarajuće jedinke imaju fitness 0.

Ukrštanje dve jedinke $r^a = (r_0^a, r_1^a, \dots, r_{n-1}^a)$ i $r^b = (r_0^b, r_1^b, \dots, r_{n-1}^b)$ je sekvencijalno: Bira se proizvoljna početna pozicija p , $0 \leq p < n$ i dužina l , $0 < l < n$. Nova jedinka je definisana na sledeći način:

$$r_i = \begin{cases} r_i^a & \text{za } i = p, p+1, \dots, p+l-1 \\ r_i^b & \text{inače} \end{cases}$$

Pri tome je $r_i^a = r_{i-n}^a$, za $i \geq n$.

Mutacija sa malom verovatnoćom na proizvoljan način bira jednu od komponenta vektora jedinke i množi je sa slučajnom promenljivom x , koja ima Gausovu raspodelu sa centrom u 1.

Genetski operatori – rešetka

Za slučaj da se optimalno rešenje ne može predstaviti u gore navedenom obliku, implementirali smo i alternativnu reprezentaciju prepreke, kao kvadratne rešetke $n \times n$ fiksiranih dimenzija (u smislu dužine i širine u simuliranom svetu), koja ima neka prohodna i neka neprohodna polja. Ovaj pristup omogućava predstavljanje nekih prepreka koje se nisu mogle predstaviti sa jednim prostim poligonom, npr. dva odvojena stuba. Jedinka je predstavljena kvadratnom matricom (b_{ij}) , gde je:

$$b_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{ako je polje prohodno} \\ 1 & \text{ako nije} \end{cases}$$

Genetski operatori su sledeći:

Selekcija je ista kao u prethodnom slučaju, jer je nezavisna od reprezentacije jedinke.

Ukrštanje jedinki (b_{ij}^a) i (b_{ij}^b) :

$$b_{ij} = \begin{cases} b_{ij}^a & \text{sa verovatnoćom } \frac{f_a}{f_a + f_b} \\ b_{ij}^b & \text{sa verovatnoćom } \frac{f_b}{f_a + f_b} \end{cases}$$

pri čemu su f_a i f_b fitness funkcije prve i druge jedinice, redom. Primetimo da ako je $b_{ij}^a = b_{ij}^b$, tada će biti i $b_{ij} = b_{ij}^a = b_{ij}^b$.

Mutacija sa malom verovatnoćom, neko od neprohodnih polja na ivici prepreke postaje prohodno. Razlog za baš ovakav izbor operatora mutacije je to što je početna populacija sastavljena od relativno gustih matrica (u proseku je 70% polja neprohodno), i što izbacivanje unutrašnjeg polja nema nikakav efekat na efektivni oblik prepreke (jer pešaci ne mogu ni da dođu do takvih polja).

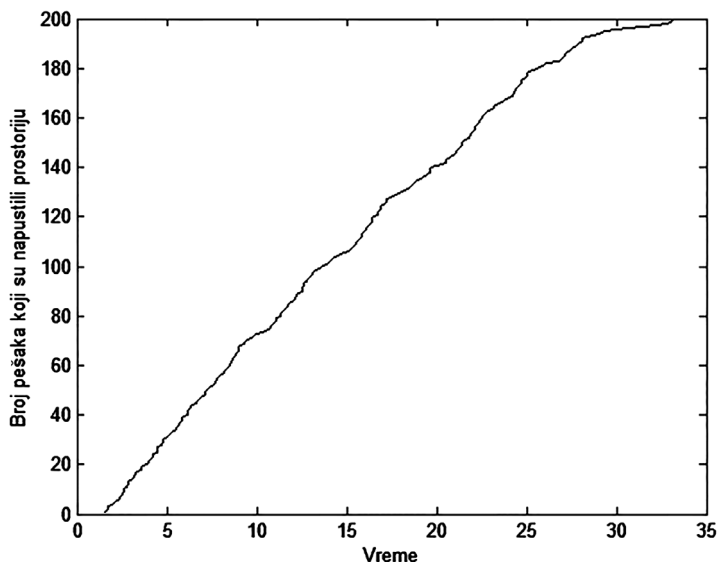
Rezultati i diskusija

Dobijeni rezultati se mogu podeliti u dve kategorije, na kvalitativne i kvantitativne. Sa kvalitativne strane, replicirani su fenomeni uočeni u drugim modelima, kao što je zanemarivanje slobodnih izlaza i stvaranje uskog grla na proširenjima. Više o svim reprodukovanim fenomenima je već bilo reči u ranijim odeljcima, i na tome se više nećemo zadržavati.

Sa kvalitativne strane, rezultati se opet dele na dve grupe: one dobijene iz pojedinačne simulacije pokrenute za neke parametre interesantne po mišljenju autora, kao i one dobijene pokretanjem genetskog algoritam za optimizaciju pešačkih zona.

Rezultati dobijeni pojedinačnim pokretanjem simulacije

Iz ove grupe rezultata su reprezentativni grafici zavisnosti evakuisanih pešaka od vremena (slika 4), sa kojih se mogu uočiti fenomeni poput napuštanja prostorije u malim grupama. Takođe pokretanjem pojedinačne simulacije potvrđena je i hipoteza da prisustvo prepreke na izlazu smanjuje vreme izlaska iz prostorije.



Slika 4.
Zavisnost broja pešaka koji su napustili prostoriju od proteklog vremena

Figure 4.
Plot of the number of evacuated pedestrians versus time

Rezultati dobijeni pokretanjem genetskog algoritma

Daleko su interesantniji rezultati dobijeni genetskim algoritmom, iz kojih smo videli da genetski algoritam konvergira i da može da se primeni na dati problem. Predstavljamo rezultate genetskog algoritma za obe reprezentacije jedinki. Ukoliko drugačije nije naglašeno, genetski algoritam se izvršavao kroz 50 generacija, sa 20 jedinki.



Za scenario sa slike 5, pešacima je bez prepreke potrebno 650 simuliranih vremenskih jedinica da se u potpunosti evakušu.

Predstavljanje prepreke polarnim mnogougлом

Oblik koji je dobijen genetskim algoritmom najviše liči na nepravilnu petokraku zvezdu (slika 6), i vreme evakuacije je 23% manje nego u slučaju bez prepreke. Interesantno je da se ni jedna osa simetrije zvezde ne poklapa sa horizontalnom osom simetrije prostorije, što sprečava stvaranje statičnih simetričnih konfiguracija (u kojima na svakog pešaka deluje rezultantna sila jednaka nuli). Na grafiku (slika 7) se vidi da posle naglih skokova oko 10. i 35. generacije, algoritam ulazi u lokalni optimum, i ne uspeva da nađe rešenje za koje bi se pešaci evakuisali za manje od 503 vremenske jedinice. Slično ponašanje je uočeno pri ponovljenim pokretanjima napisanog programa.

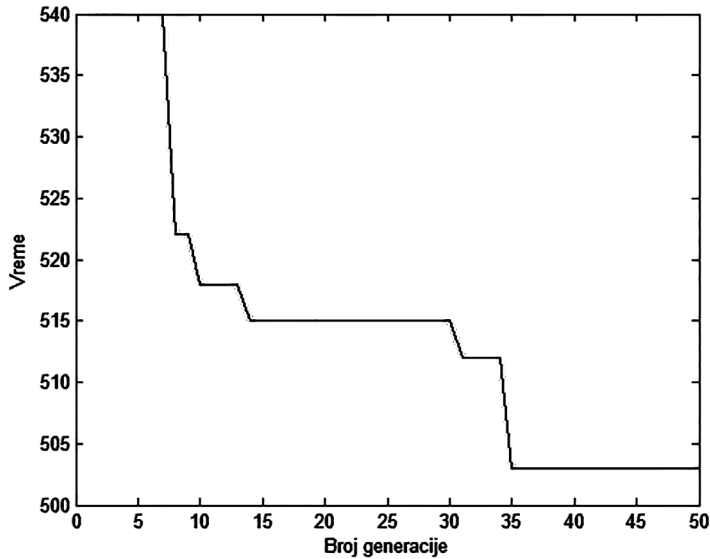


Slika 5.
Prostorija odakle se evakušu pešaci. Njihove početne pozicije su unutar velike osenčene regije sa leve strane, a tačka na izlazu predstavlja njihov cilj, ka kome se kreću. Mala osenčena regija pred izlazom predstavlja prostor gde će se nalaziti prepreka

Figure 5.
The room from which the pedestrians are evacuated. Their initial positions are inside the big shaded region on the left, and the dot at the exit represents their goal, towards which they move. The small region in front of the exit is where the obstacle is placed.

Slika 6.
Oblik dobijen genetskim algoritmom, za prepreku u obliku poligona

Figure 6.
The output of the genetic algorithm for the polygon-shaped obstacle

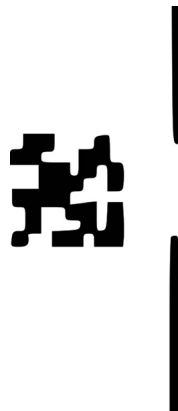


Slika 7.
Evolucija vremena izlaska iz prostorije kroz generacije za prepreku u obliku poligona

Figure 7.
Evolution of evacuation time through the generations, for the polygon-shaped obstacle

Predstavljenje prepreke kvadratnom rešetkom

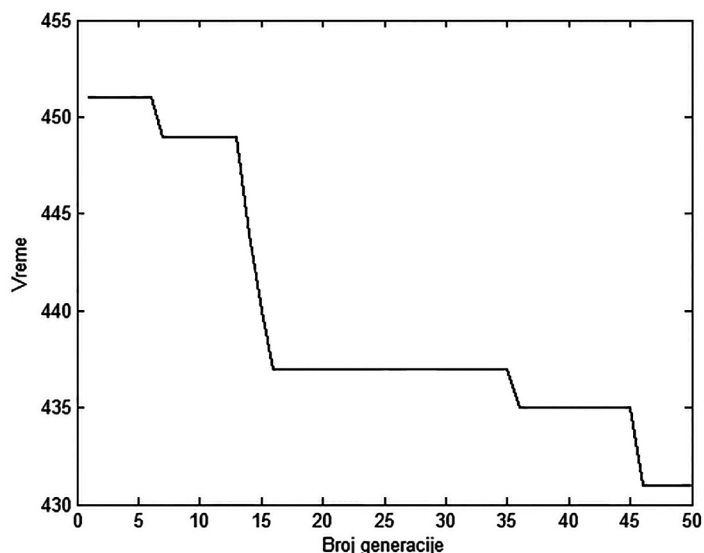
U slučaju kvadratne rešetke (slika 8) dobijamo još bolje rešenje nego u slučaju polarnog poligona (431 naspram 503 jedinice za kompletnu evakuaciju), sa ukupnim poboljšanjem od 34%. Na grafiku (slika 9) se vidi da posle naglog pada vremena evakuacije između 10. i 15. generacije, algoritam ulazi u optimum. Ipak, dobijeni oblik ukazuje na to da je genetski algoritam konvergirao ka lokalnom minimumu, što bi se možda moglo prevazići pokretanjem genetskog algoritma sa većom populacijom, i simuliranjem većeg broja generacija.



Slika 8.
Oblik dobijen genetskim algoritmom, za prepreku u obliku rešetke

Figure 8.
The output of the genetic algorithm, for the grid-shaped obstacle

Genetski algoritam je pokretan sa različitim početnim parametrima generatora slučajnih brojeva, ali te izmene nisu dale značajne promene (svega par vremenskih jedinica) u konačnom rezultatu.



Slika 9.
Evolucija vremena izlaska iz prostorije kroz generacije za prepreku u obliku rešetke

Figure 9.
Evolution of evacuation time through generations, for the grid-shaped obstacle

Zaključak

U radu je predstavljen proširen model socijalnih sila, i genetski algoritam za optimizaciju pešačkih zona. Nakon proveravanja verodostojnosti simulacije ispitivanjem javljanja nekih uočenih socioloških fenomena, genetskim algoritmom je utvrđen optimalan izgled prepreke koju je potrebno postaviti na izlaz iz neke prostorije, da bi se minimizovalo vreme evakuacije svih pešaka.

Iako razlike u vremenima evakuacije za obe reprezentacije prepreke prilikom korišćenja genetskog algoritma (poligon i rešetka) nisu prevelike, u kritičnim situacijama (požar, npr.) su i najmanja ubrzanja procesa evakuacije uvek dobrodošla, pa je stoga opravdano postavljati ovakvu prepreku na izlazu iz neke prostorije.

Autori nemaju objašnjenje zašto rešenja dobijena algoritmom izgledaju baš tako, ali je moguće da oni ukazuju na neophodnost ispitivanja ponašanja algoritma pri variranju nekih njegovih drugih komponenti (na primer, generacija početnih rešenja u slučaju rešetke).

Još jedna mogućnost jeste implementacija dvoslojnog genetskog algoritma, u kojoj se rezultati iz različitih pokretanja genetskog algoritma koriste kao početna populacija za još jedno izvršavanje algoritma. Na taj način bi moglo da dođe do ukrštanja lokalnih optimuma, i eventualnog pronalaska globalnog.

Zahvalnost. Autori žele da izraze zahvalnost mentoru Miroslavu Bogdanoviću na pomoći i usmeravanju ovog projekta u smislenu celinu predstavljenu u ovom radu. Takođe, hvala i saradnicima Aleksandru Bukvi i Mariu Cekiću na korisnim idejama i savetima, kao i rukovodiocu seminara fizike Jeleni Pajović na podršci tokom celog vremena izrade ovog projekta.

Literatura

- Burstedde C., Klauck K., Schadschneider A., Zittartz J. 2001. Simulation of pedestrian dynamics using a 2-dimensional cellular automaton. *Physica A*, **295**: 507.
- Helbing D. 1994. A mathematical model for the behavior of individuals in a social field. *Journal of Mathematical Sociology*, **19** (3): 189.
- Helbing D. Farkas I. J., Molnar P., Vicsek T. 2002, Simulation of pedestrian crowds in normal and evacuation situations. *Pedestrian and evacuation dynamics*, **21**: 21.
- Helbing D., Molnar P. 1995. Social force model for pedestrian dynamics. *Physical review E*, **51** (5): 4282.

Daniel Silađi and Ognjen Stanisavljević

Simulation of Pedestrian Traffic in Evacuation Situations

In this paper, we propose a model for pedestrian simulation in evacuation situations. The developed model is based on the well-known social forces model, with the addition of a new method for determining the preferred direction of movement for an individual pedestrian. Also, a genetic algorithm for the optimization of pedestrian facilities. After reproducing the phenomena observed in real-life data, the genetic algorithm was used to determine the optimal shape of an obstacle placed at the room exit, for which the evacuation time is minimal. The obstacle was represented in two ways: as a polar n-fon, and as a square grid with obstacles on some of its fields. Both representations give approximately the same result, with an up to 34% decrease of the evacuation time, when compared to the same setting without an obstacle.

