



SIMULACIJA PEŠAČKOG SAOBRAĆAJA U SITUACIJAMA EVAKUACIJE

autori: Daniel Siladi i Ognjen Stanisljević

mentor: Miroslav Bogdanović

IS Petnica, 2014

APSTRAKT

U ovom radu je predstavljen model za simuliranje ponašanja ljudi u situacijama evakuacije. Razvijeni model je baziran na modelu socijalnih sila, 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 pronaalaženja optimalnog oblika prepreke na izlazu za koju je vreme evakuacije minimalno. Prepreka na izlazu predstavljena je na dva načina - kao polarni n-touga 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

Pešački saobraćaj (a posebno ponašanje ljudi u situacijama u kojima vlada panika) do sada nije u većoj meri proučavano koristeći metode prisutne u fizici. Istraživanjima ove oblasti bave se većinom psiholozi i sociolozi. Iako su određeni kompjuterski modeli razvijeni, ova istraživanja su uglavnom empirijske prirode. Kako se dostupni podaci za istraživanja svode na video snimke koji su često lošeg kvaliteta i ima ih u malom broju, razvijanje modela koji verodostojno opisuje ponašanje pešaka prilikom evakuacije bilo bi od velikog značaja. Cilj rada je razvijanje jednog takvog modela.

Razvijeni model baziran je na modelu socijalnih sila, uz predložen novi način za računanje preferiranog pravca i smera kretanja pešaka. Koristeći model razvijen u radu uočeni su kolektivni fenomeni karakteristični za ponašanje ljudi u paničnim situacijama poput stvaranja uskih grla ili zanemarivnaja slobodnih izlaza.

U drugom delu rada, razvijeni model korišćen je za testiranje i optimizaciju pešačkih zona. Konkretno, pomoću genetskog algoritma dat je optimalan oblik prepreke na izlazu iz prostorije za koju je vreme evakuacije minimalno.

U zaključku je dat pregled najvažnijih zapažanja, kao i smernice za dalja istraživanja.

MODEL SOCIJALNIH SILA SA POLJEM PREFERIRANOG PRAVCA KRETANJA

Tokom proučavanja ponašanja ljudi u paničnim situacijama primećeno je da pojave koje utiču na kretanje ljudi imaju određenu analogiju sa poljima sila u fizici. Te "sile" koje izazivaju kretanje pešaka nazvane su socijalnim silama. Na pešaka istovremeno može delovati više socijalnih sila i one su opisane ispod.

1) Odbojne sile među pešacima

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

pri čemu su A i B konstante, r rastojanje među pešacima, a α zavisi od toga da li jedan pešak "vidi" drugog

2) Odbojne sile prepreka

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

3) Sile usled fizičkog kontakta sa zidovima i drugim pešacima

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

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

Polje preferiranog pravca kretanja

Pešaci moraju nekako da "znači" kuda da idu, i zato uvodimo statičko i dinamičko vektorsko polje, koja pokazuju u smeru najbližeg cilja (konstantno u toku simulacije) i u smeru kretanja okolnih pešaka (promenljivo sa vremenom), redom. Pošto su polja predstavljena diskretizovana, njihova vrednost u proizvoljnoj tački se interpolira iz najbližih čvorova. Ova dva polja su naš originalan doprinos modelu socijalnih sila.

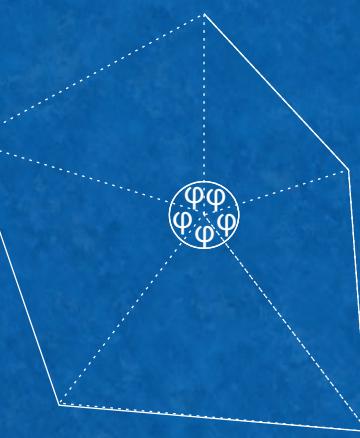
GENETSKI ALGORITAM

Razvijen je genetski algoritam za nalaženje optimalnog oblika prepreke na izlazu iz prostorije, za koju je vreme izlaska minimalno. Prepreka je predstavljena na dva načina: kao n-touga i kvadratna rešetka $n \times n$, čija su neka polja neprohodna:

Genetski operatori - n-touga

Da bi se pojednostavili operatori, n-touga predstavljen polarnim koordinatama, sa fiksiranim uglovima ravnomerno raspoređenim od 0 do 360° . Tako, naš n-touga je jedinstveno određen sa n realnih brojeva, udaljenosti temena od koordinatnog početka

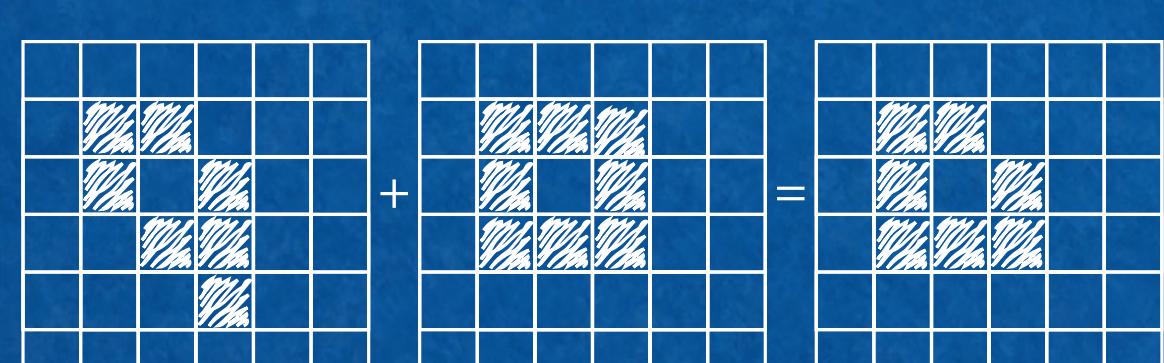
- Selekcija je primitivna i izbacuje sve čiji je fitnes (vreme potrebno da svi pešaci napuste prostoriju) više od 5 puta veći od onog najbolje jedinke.
- Ukrštanje dve jedinke je sekvencijalno, odnosno bira se slučajno određen broj temena iz prve jedinke, dok se ostatak temena uzima iz druge jedinke.
- Mutacija sa malom verovatnoćom in a proizvoljan način bira jednu od komponenti vektora jedinke i množi je slučajnom promenljivom x koja ima Gausovu raspodelu sa centrom u 1.



Genetski operatori - rešetka

Ovaj pristup nam omogućava da prepreku predstavimo ne samo kao prost poligon, već i kao npr. dva odvojena stuba.

- Selekcija je ista kao u prethodnom pristupu
- Ukrštanje dve jedinke se vrši odvojeno za svaku polje, pri čemu prohodnost nekog polja direktno zavisi od prohodnosti odgovarajućih polja jedinki - roditelja, i njihovih fitness-funkcija.
- Mutacija se vrši uklanjanjem prepreke sa nekog od neprohodnih polja na ivici prepreke.



REFERENCE

- Burstedde, C., Klauck, K., Schadschneider, a., and Zittartz, J. (2001). Simulation of pedestrian dynamics using a 2-dimensional cellular automaton. (February):22.
- Helbing, D. (1994). A mathematical model for the behavior of individuals in a social field. Journal of Mathematical Sociology.
- Helbing, D., Farkas, I. J., Molnar, P., and Vicsek, T. (2002). Simulation of pedestrian crowds in normal and evacuation situations. Pedestrian and evacuation dynamics, 21:21–58.
- Helbing, D. and Molnar, P. (1998). Social Force Model for Pedestrian Dynamics. pages 4282–4286.

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-touga, 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.

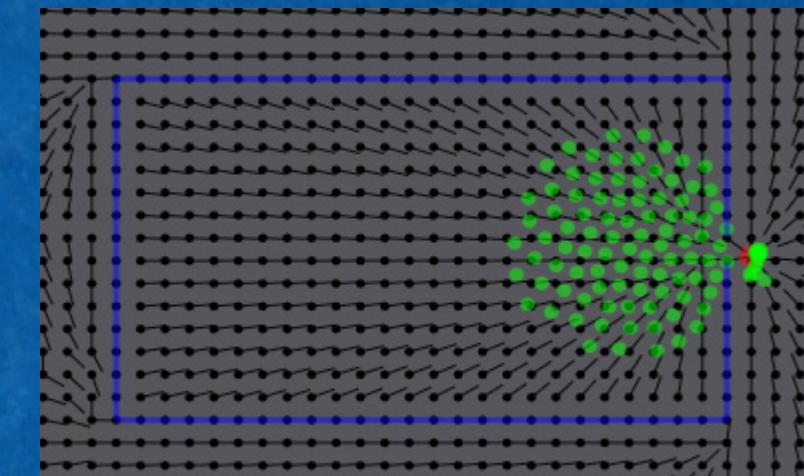
UOČENI FENOMENI

Kako bismo proverili verodostojnost našeg modela i uverili se da on daje rezultate koji su u skladu sa do sada uočenim oblicima ponašanja pešaka, reproducovani su kolektivni fenomeni ranije uočeni u proučavanju ponašanja ljudi tokom procesa evakuacije.

Stvaranje uskih grla

Najprijetniji fenomen koji se javlja u paničnim situacijama je stvaranje uskih grla, odnosno gomilanje velikog broja ljudi na izlazima. Ovo je očekivano jer je osnovni cilj ljudi prilikom evakuacije da se sklene od opasnosti, dnosno napuste prostoriju.

Stvaranje uskih grla na proširenjima



Ukoliko se u nekom hodniku nalazi proširenje 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.

Evakuacija u malim grupama

Pri visokim preferiranim brzinama pešaka, njihov izlazak iz prostorije postaje neravnomeren, odnosno pešaci napuštaju prostoriju u izdvojenim malim grupama. Takođe, tada se na izlazu iz prostorije javlja začepljenje u obliku luka.

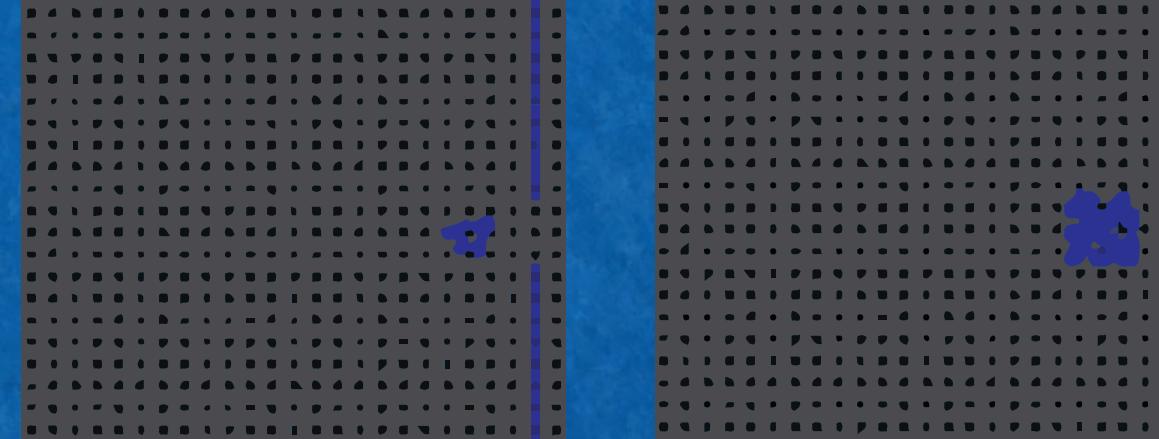
Zanemarivanje slobodnih izlaza

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 zanemarivajući 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.

REZULTATI

Rezultati su dobiveni na dva načina: pojedinačnim pokretanjem simulacije za neke interesantne parametre i opise prostorija, i genetskim algoritmom za određivanje optimalnog oblika prepreke. Rezultati dobiveni pojedinačnim pokretanjem su većinom kvalitativnog tipa, i odnose se na reprodukovanje fenomena uočenih u stvarnom životu i opisanih u literaturi. Neki od njih su dobiveni posmatranjem grafičkog prikaza simulacije, a neki analiziranjem zavisnosti broja pešaka koji su stigli na cilj od vremena.

Daleko su interesantniji rezultati dobiveni genetskim algoritmom. Iako je početna hipoteza bila da će optimalan oblik biti neki pravilni geometrijski oblik, dve varijante genetskog algoritma su pokazale suprotno:



No, u svakom slučaju, i ovake prepreke daju 23% odnosno 34% kraće vreme izlaska u odnosu na prostoriju bez prepreke. Da ove prepreke nisu rezultat slučajne generacije populacije genetskog algoritma, pokazuju grafici evolucije najbolje jedinke kroz 50 simuliranih generacija:

