

NetLogo – novo okruženje za podučavanje informatike

Goran Zaharija, Saša Mladenović, Divna Krpan

Prirodoslovno – matematički fakultet, Teslina 12, Split

E-mail: goran.zaharija @pmfst.hr, sasa.mladenovic@pmfst.hr, divna.krpan@pmfst.hr

Sažetak – Logo programski jezik se već niz godina koristi za podučavanje učenika osnovnim konceptima programiranja te se također koristi na natjecanjima iz informatike za izradu algoritama. Cilj ovoga rada je opisati NetLogo, programsko okruženje koje je temeljeno na Logo-u ali donosi niz poboljšanja i naprednih mogućnosti u odnosu na svog izvornika. Osnovna ideja je predstaviti prednosti NetLogo okruženja te vidjeti može li zamijeniti Logo kao osnovni alat za podučavanje informatike te može li se primijeniti za izvođenje nastave u srednjim školama i fakultetima.

Uvod

NetLogo [1] je programsko okruženje namijenjeno za izradu višeagentskih simulacija i koristi se za brzu i jednostavnu izradu modela koji simuliraju razne društvene [2, 3] ili prirodne [4, 5] pojave. Osnova NetLoga je grafičko-orientirani jezik Logo [6] koji se danas koristi u osnovnim školama za podučavanje informatike. NetLogo koristi arhitekturu temeljenu na događajima gdje agenti kroz naizgled jednostavno reaktivno ponašanje mogu prikazati složene obrasce ponašanja.

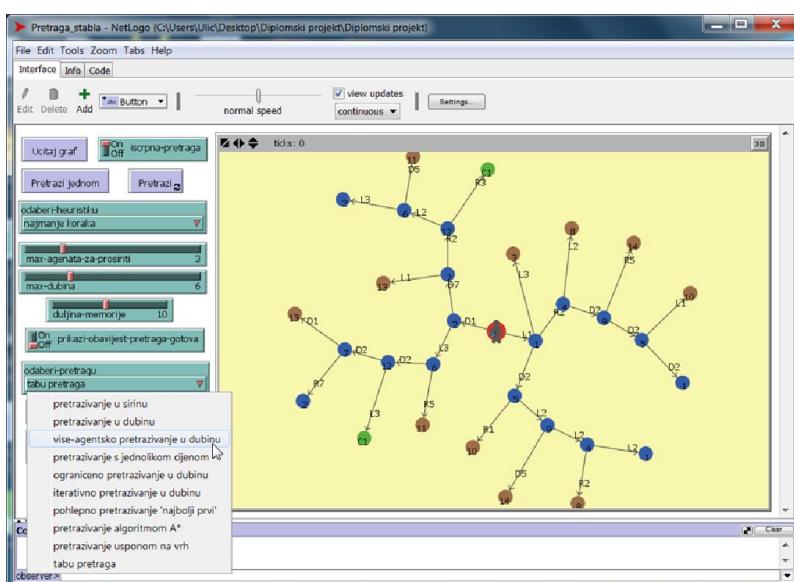
Glavna ideja ovoga rada je predstaviti osnovne karakteristike NetLogo programskog okruženja te usporediti njegove prednosti i nedostatke sa klasičnim Logo jezikom i analizirati mogućnost primjene NetLogo jezika u različitim fazama edukacije.

NetLogo programsko okruženje

Svaki NetLogo model se sastoji od dvije glavne cjeline – korisničkog sučelja i programskog koda. Korisničko sučelje služi za pokretanje modela i podešavanje parametara kao i za vizualni prikaz modela dok se sami kod nalazi odvojen u posebnom dijelu. Osim ova dva dijela, svaki model sadrži i informacijski okvir koji sadrži opis napravljenog modela i upute za njegovo korištenje.

Korisničko sučelje

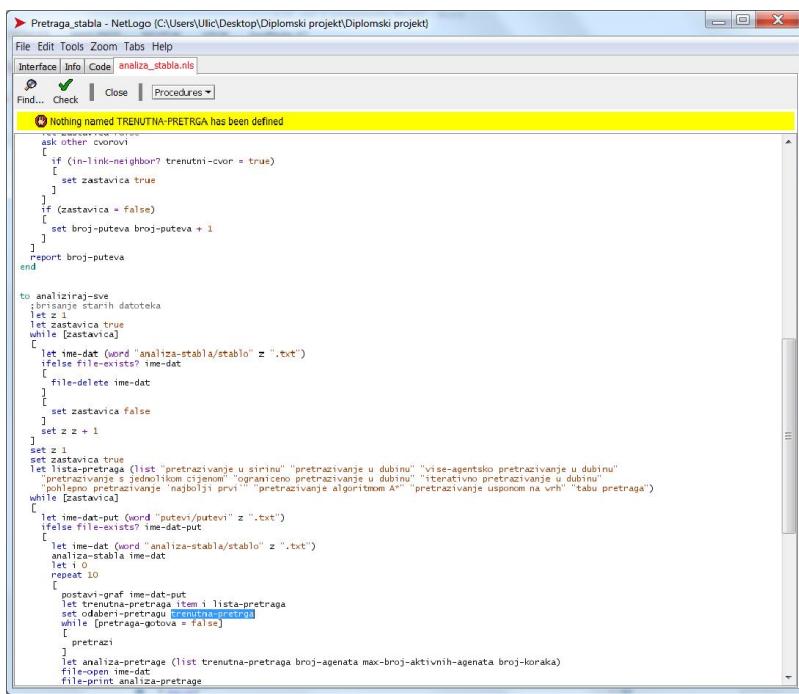
Korisničko sučelje je osnova svakog NetLogo modela. Na sučelju se nalazi okvir koji vizualno prikazuje izgled modela kojeg korisnik razvija. Uz vizualni okvir koji daje prikaz okruženja, na korisničko sučelje je također moguće dodavati nekoliko različitih tipova kontrola za upravljanje modela ili podešavanje različitih parametara modela. Takve kontrole mogu predstavljati dugme za pokretanje simulacije ili vrijednost određene varijable čija se vrijednost može podešavati putem klizača ili jednostavnog prekidača. Također je moguće ručno unositi vrijednost određenih varijabli ili jednostavno prikazati njihovu vrijednost na sučelju te ih po potrebi i iscrtati na grafu. Sve ovo dodatno pomaže učenicima veću interakciju sa razvijenim modelom te bolje uočavanje kako određeni parametri djeluju na izvođenje simulacije što bi trebalo rezultirati boljim shvaćanjem gradiva kojeg pokušavaju usvojiti. Slika 1. prikazuje model razvijen u NetLogo okruženju koji simulira pretraživanje otežanog grafa koristeći različite algoritme pretrage. Osim odabira određenog algoritma koji će se koristiti za pretraživanje, putem sučelja je moguće podešiti različite parametre pretrage koji utječu na konačni rezultat pretraživanja. Također je uz pomoć predefinirane varijable „ticks“ moguće prikazati broj izvršenih naredbi tokom izvođenja simulacije. Uz veliki broj implementiranih algoritama i podesivih parametara, ova simulacija također pruža mogućnost vizualizacije rezultata pretrage, te tako učenici mogu bolje usvojiti način na koji funkcioniра određeni algoritam pretrage. Osim klasičnog dvodimenzionalnog prikaza koji se vidi na slici, svaki model izrađen u NetLogo okruženju pruža mogućnost prikaza simulacije u 3D okruženju.



Slika 1. Prikaz modela razvijenog u NetLogo okruženju

Programski kod

Kod NetLogo modela se nalazi u odvojenom prozoru. Sve procedure koje se izvršavaju prilikom izvođenja modela su definirane u ovom dijelu. Prilikom pisanja koda moguće je provjeriti ispravnost sintakse napisanog koda pritiskom na dugme za provjeru. U slučaju pogreške, neispravni dio koda se označava te se korisniku ispisuje opis greške. Ovo omogućava jednostavnu provjeru napisanog programa. Dodatna mogućnost je pregled svih napisanih procedura i prikaz odabrane procedure što omogućava jednostavnije snalaženje u kodu. Slika 2. prikazuje primjer koda prethodno opisane simulacije te primjer označavanja greške u kodu. U ovom primjeru je namjerno promijenjeno ime jedne varijable te program detektira korištenje nepostojeće varijable i upozorava korisnika na pogrešku.



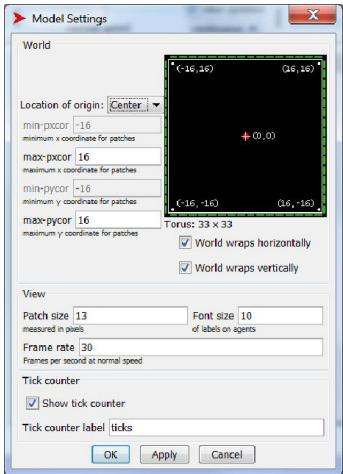
The screenshot shows the NetLogo code editor window titled "Pretraga_stabla - NetLogo (C:\Users\Ulic\Desktop\Diplomski projekt\Diplomski projekt)". The "Code" tab is selected. A yellow warning bar at the top says "Nothing named TRENUTNA-PRETRAGA has been defined". The main code area contains two procedures:

```
to analiziraj-sve
  ;brisanje starih datoteka
  let z 1
  let zastavica true
  while [zastavica]
    [
      let ime-dat (word "analiza-stabla/stablo" z ".txt")
      ifelse file-exists? ime-dat
      [
        file-delete ime-dat
      ]
      [
        set zastavica false
      ]
      set z z + 1
    ]
  set zastavica true
  let lista-pretraga (list "pretrazivanje_u_sirinu" "pretrazivanje_u_dubinu" "vise-agentsko_pretrazivanje_u_dubinu"
    "pretrazivanje_s_jednolikom_cijenom" "ograniceno_pretrazivanje_u_dubini" "iterativno_pretrazivanje_u_dubinu"
    "pretrazivanje_u_dubinu_najbolji_pervi" "pretrazivanje_agnitivnim_k" "pretrazivanje_usponom_na_vrh" "tabu_pretraga")
  while [zastavica]
  [
    let ime-dat-put (word "putevi/putevi" z ".txt")
    ifelse file-exists? ime-dat-put
    [
      let ime-dat (word "analiza-stabla/stablo" z ".txt")
      analiza-stabla ime-dat
      let i 0
      repeat 10
      [
        postavi-graf ime-dat-put
        let trenutna-pretraga item 1 lista-pretraga
        let pretraga-pretragu (trenutna-pretraga)
        while [pretraga-pretraga = false]
        [
          pretrazi
        ]
        let analiza-pretrage (list trenutna-pretraga broj-agenata max-broj-aktivnih-agenata broj-koraka)
        file-open! ime-dat
        file-print analiza-pretrage
      ]
    ]
  ]
end
```

Slika 2. Programski kod modela sa prikazom greške

Simulacijsko okruženje

NetLogo predstavlja simulirano okruženje nekog zadalog svijeta u kojem se nalaze agenti koji izvode različite aktivnosti ovisno o naredbama koje su im zadane kroz kod. Veličina simulacijskog okruženja nije unaprijed zadana već je moguće podešavati dimenzije svijeta te njegove karakteristike kao što su odredište, veličina svakog polja te da li agent može prolaziti kroz rubove svijeta ili ne. Podešavanje ovih parametara je također vrlo jednostavno te se ne izvodi kroz kod nego se podešava u određenom prozoru do kojeg se dolazi preko glavnog sučelja. Slika 3. prikazuje prozor za podešavanje parametara simulacijskog okruženja.



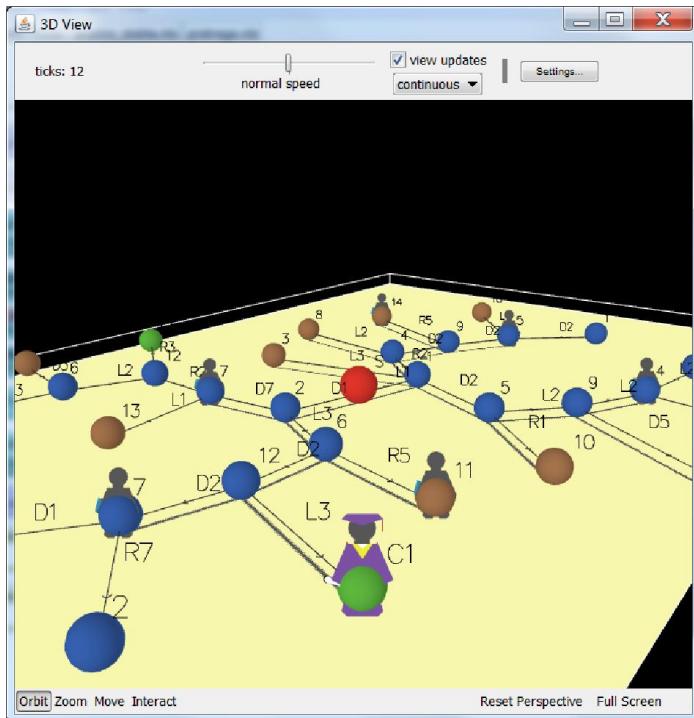
Slika 3. Podešavanje parametara simulacijskog okruženja modela

Svaki NegLogo model sadrži četiri osnovne vrste agenata: pokretni agenti ili kornjače (*turtles*), polja po kojima se agenti kreću (*patches*), veze (*links*) i promatrač (*observer*). Pokretni agenti su oni na kojima je najveći naglasak unutar nekog modela. Oni imaju mogućnost kretanja po svijetu i interakcije sa drugim agentima te se prilikom razvoja neke simulacije najveći naglasak stavlja na njihovo ponašanje. Polja služe za prikaz okruženja u kojem se agenti nalaze. Svako polje je prikazano kao dvodimenzionalni kvadrat koji je jedinstveno definiran svojim koordinatama. Osim koordinata polja sadrže nekoliko predefiniranih svojstava kao što su boja i oznaka ali im se mogu dodavati i po želji definirana svojstva, ovisno o potrebama programera. Veze su posebna vrsta agenata koja predstavlja poveznicu između dva ili više pokretna agenta. Veze mogu biti vidljive ili nevidljive u prikazu simulacije te im se također mogu podešavati određena svojstva kao što su deblijina, boja i tip usmjerenja (jednosmjerna ili dvosmjerna veza). Promatrač je posebna vrsta agenta koja nema točno određenu poziciju niti se prikazuje unutra simulacije već predstavlja agenta koji upravlja simuliranim okruženjem i zadaje naredbe ostalim agentima.

Osim ove četiri navedene vrste agenata, unutar određenog modela moguće je definirati nove vrste pokretnih agenata te im po potrebi definirati dodatna svojstva i zasebno ponašanje koje se razlikuje od ostalih vrsta pokretnih agenata. Ova karakteristika donosi mogućnost razvoja složenijih modela te izradu simulacija koje prikazuju interakciju različitih tipova agenata. To otvara dodatne mogućnosti za primjenu u nastavi gdje se na primjer može zadati učenicima da svatko napravi svoju vrstu agenta sa određenim ponašanjem te se svi agenti postave u isto okruženje i promatraju se dobiveni rezultati.

Osim klasične vizualizacije modela u dvodimenzionalnom prostoru, NetLogo također podržava prikaz modela u 3D pogledu ali i posebno okruženje za razvoj modela u

trodimenzionalnom prostoru čime se može postići još veća kompleksnost razvijenih modela. Slika 4. predstavlja vizualizaciju prethodno opisanog modela za pretragu stabla u 3D okruženju.



Slika 4. Vizualizacija modela u 3D okruženju

Prednosti Netlogo-a

Glavna prednost Netlogo-a je njegova jednostavnost. Sintaksa je vrlo jednostavna i prirodna. Kao što je već spomenuto Netlogo je temeljen na Logo jeziku, što je također velika prednost jer omogućava učenicima koji su upoznati sa Logo jezikom relativno lagan prijelaz u novo razvojno okruženje. Netlogo je vrlo dobro dokumentiran, sa detaljnim sustavom pomoći koji doprinosi jednostavnosti učenja jezika. Osim toga, dostupan je sve veći broj knjiga i tečajeva vezanih uz Netlogo (nažalost, još uvijek ne i na hrvatskom jeziku). Također postoji i posebna grupa za edukatore čija je namjera pružiti podršku za korištenje Netlogo-a u nastavi i u kojoj se vode rasprave o dizajnu i implementaciji nastavnog plana korištenjem Netlogo-a.

Netlogo sadrži mnoštvo ugrađenih mogućnosti koje dozvoljavaju jednostavno i brzo programiranje, bez velikih zahtjeva za prethodnim znanjem programiranja. Dodatne prednosti su što nije potrebno dizajnirati vlastito korisničko sučelje kroz kod već se elementi sučelja jednostavno i intuitivno dodaju u simulaciju, podešavanje simulacijskog okruženja je vrlo jednostavno i korištenje većeg broja agenata je već ugrađena mogućnost te ne zahtijeva nikakve dodatne napore od strane programera.

NetLogo je kao programsko okruženje vrlo pristupačna platforma za razvoj simulacija. Primjena NetLogo okruženja je raznolika što se može vidjeti u mnoštvu objavljenih znanstvenih radova iz različitih područja te se često koristi u nastavi. [7, 8] Tome doprinosi veliki broj proširenja [9] koja donose nove mogućnosti NetLogo-u, koje variraju od jednostavne podrške za rad sa matricama, dodavanja zvukova i grafike pa do složenijih kao što su dodaci koji omogućuju spajanje na SQL bazu, interpretiranje Prolog naredbi ili izvršavanje Matlab skripti i naredbi, pa čak i povezivanje sa drugim alatima za modeliranje kao što je Repast [10]. Zbog svega navedenog, NetLogo predstavlja vrlo zahvalno okruženje koje je jednostavno za početnike i lagano je za naučiti osnove ali istovremeno pruža dovoljnu količinu raznovrsnosti i naprednijih opcija za iskusnije i zahtjevnije korisnike. Time je omogućen rad unutar NetLogo okruženja kroz više godina tokom školovanja jer se može koristiti za podučavanje samih osnova ali i za izradu složenih modela.

Jednostavno dijeljenje

NetLogo aplikacija ne zahtijeva posebno sistemsko okruženje već funkcioniра kao samostalna aplikacija (temeljena je na Javi). Ovo omogućava jednostavno dijeljenje razvijenih modela, neovisno o platformi na kojoj se izvodi. Dovoljno je instalirati (ili samo pokrenuti) NetLogo aplikaciju i nakon toga se može otvoriti bilo koja napravljena simulacija. NetLogo aplikacija unutar sebe sadrži veliki broj već gotovih modela sa primjerima iz različitih znanstvenih područja (matematika, biologija, fizika, umjetna inteligencija...). Svi navedeni modeli su vrlo detaljno opisani i mogu se koristiti kao podloga za izradu vlastitih modela. Zbog svega navedenoga, NetLogo ne mora nužno biti ograničen za podučavanje nastave informatike nego se istovremeno može koristiti kao dodatni alat i za podučavanje ostalih predmeta. Dodatna prednost je to što se gotovi NetLogo modeli (simulacije) mogu sačuvati kao samostalni Java appleti što omogućava još jednostavnije pokretanje modela (bez osnovne aplikacije), kao i postavljanje modela na web stranice.

Korištenje NetLogo-a u nastavi

NetLogo se već nekoliko godina koristi na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Splitu u sklopu kolegija „Uvod u umjetnu inteligenciju“ te su reakcije studenata na njega većinom pozitivne pri čemu se kao glave prednosti upravo ističe ono što je do sada spomenuto a to je jednostavnost izrade modela i vizualizacija rezultata. Tijekom protekle dvije godine provedeno je nekoliko radionica u sklopu Festivala znanosti te smo također u nekoliko prigoda gostovali u raznim osnovnim školama te učenicima od 5. do 8. razreda predstavili

NetLogo programsko okruženje. Reakcije učenika su bile pozitivne i pokazalo se da nemaju većih problema sa korištenjem okruženja te da uspješno rješavaju zadatke koji su im zadani. Već je spomenuto kako NetLogo sadrži mogućnosti proširenja i uključivanja dodatnih opcija. Jedno od proširenja koje smo sami razvili je mogućnost povezivanja NetLogo simulacija sa Lego Mindstorms robotima koji mogu kopirati ponašanje agenta unutar simulacije tj. dodana je mogućnost da se fizičkim robotom upravlja pomoću simulacije izrađene u NetLogo-u. Komunikacija se odvija putem Bluetooth protokola i posebno razvijene aplikacije koja nakon što se agent unutar simulacije pomakne šalje odgovarajuću naredbu fizičkom robotu. Ovaj dio je posebno zanimljiv za korištenje u nastavi jer otvara mnoštvo novih mogućnosti za različite metode podučavanja i pozitivno djeluje na motivaciju i zainteresiranost učenika.

NetLogo se koristio u nastavi za podučavanje različitih algoritama pretrage (po dubini, po širini, A*, Dijkstra itd.). Studenti su uz pomoć okvira napravljenog u NetLogo implementirali navedene algoritme za rješavanje problema pronađaska puta kroz labirint. Nakon implementacije algoritma studenti su mogli provjeriti ispravnost svog rješenja unutar simulacije ali i koristeći fizičkog robota koji je pratilo pokrete agenta unutar simulacije. Na ovaj način, studenti su se bolje upoznali sa razlikama između fizičkih i simuliranih okruženja, kao i sa samim svojstvima inteligentnih agenata. Navedeni okvir se također koristio i prilikom podučavanja agentskih arhitektura, pretraga prostora stanja, predstavljanja znanja, umjetnih neuronskih mreža i ostalog gradiva iz područja umjetne inteligencije.

Zaključak

NetLogo se nameće kao logičan nasljednik Logo jezika koji se koristi u nastavi informatike. Vrlo slična sintaksa omogućava lagani prelazak na novo okruženje učenicima koji su upoznati sa Logom, a istovremeno je zadržana jednostavnost upoznavanja osnova za nove korisnike. Osim toga NetLogo ima mnoštvo prednosti u odnosu na Logo, od jednostavne i intuitivne izrade korisničkog sučelja, boljih mogućnosti vizualizacije pa sve do naprednijih mogućnosti za zahtjevnije korisnike. Postoje određena ograničenja vezana uz NetLogo ali ako se uzme u obzir da pruža brzu i jednostavnu izradu modela uz mnoštvo dodatnih mogućnosti i proširenja, NetLogo bi se svakako trebao uzeti u obzir kao idealno programsko okruženje za uvođenje učenika u svijet programiranja ali i za podučavanje naprednjeg gradiva.

Popis literature

1. Wilensky, U. 1999. NetLogo. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University. Evanston, IL.
2. Ghorbani, A., Bots, P., Dignum, V. and Dijkema, G. (2013). MAIA: a Framework for Developing Agent-Based Social Simulations. Journal of Artificial Societies and Social Simulation (JASSS), 16 (2): 9.
3. Marquez, B. Y., Espinoza-Hernandez, I., Castanon-Puga, M., Castro, J.R., & Suarez, E. D. (2011) "Distributed Agencies Applied to Complex Social Systems, a Multi-Dimensional approach." Proceedings of 2011 The 2nd International Conference on Next Generation Information Technology (ICNIT), 21-23 June 2011, pp. 213-219.
4. Pinacho, P., Pau, I., Chacón, M., Sánchez, S. (2013). An ecological approach to anomaly detection: The EIA model. Artifical Immune Systems: Lecture Notes in Computer Science, Vol. 7597, 2012.
5. Hassani-Mahmooei, B. & Parris, B.W. (2012) Climate change and internal migration patterns in Bangladesh: an agent-based model. Environment and Development Economics, DOI: 10.1017/S1355770X12000290, Published online: 27 July 2012
6. Tempel, M. *Logo: A Language for All Ages, Logo Foundation [online]*.[citirano 1.6.2014.]. Dostupno na <<http://el.media.mit.edu/logo-foundation/pubs/papers/csta.pdf>>
7. Gkiolmas, A., Karamanos, K., Chalkidis, A., Skordoulis, C., Papaconstantinou, M., & Stavrou, D. (2013). Using Simulations of NetLogo as a Tool for Introducing Greek High-School Students to Eco-Systemic Thinking. Advances In Systems' Science and Applications 13(3) : 275-297.
8. Wiens, J., & Monett, D. (2013). Using BDI-extended NetLogo Agents in Undergraduate CS Research and Teaching. In H.R. Arabnia, A. Bahrami, V.A. Clincy, L. Deligiannidis, and G. Jandieri (eds.), Proceedings of The 9th International Conference on Frontiers in Education: Computer Science and Computer Engineering, FECS 2013. CSREA Press U.S.A., pp. 396-402, Las Vegas, NV. (ISBN: 1-60132-243-7).
9. Stonedahl, F., Kornhauser, D., Russell, E., Brozefsky, C., Verreau, E., Tisue, S., & Wilensky, U. (2008, May). Tinkering with turtles: An overview of NetLogo's Extensions API. Annual meeting of the Swarm Development Group, Chicago, IL. Dostupno na <http://ccl.northwestern.edu/papers/2008/Stonedahl,etAl_TinkeringTurtles.pdf>
10. Lytinen, S. L. and S. F. Railsback. (2012) "The Evolution of Agent-based Simulation Platforms: A Review of NetLogo 5.0 and ReLogo." To appear in Proceedings of the Fourth International Symposium on Agent-Based Modeling and Simulation, at the 21st European Meeting on Cybernetics and Systems Research (EMCSR 2012), Vienna, Austria, April 2012