

TEHNOLOGIJA, INFORMATIKA I OBRAZOVANJE  
ZA DRUŠTVO UČENJA I ZNANJA

6. Međunarodni Simpozijum, Tehnički fakultet Čačak, 3–5. jun 2011.

TECHNOLOGY, INFORMATICS AND EDUCATION  
FOR LEARNING AND KNOWLEDGE SOCIETY

6<sup>th</sup> International Symposium, Technical Faculty Čačak, 3–5th June 2011.

UDK: 004.021:37.018.43

Stručni rad

## BRZA IZRADA PROTOTIPOVA ALGORITAMA ZA HEURISTIČKU OPTIMIZACIJU ZA PRIMENU KOD KOLABORATIVNIH SISTEMA ZA UČENJE\*

Dragan Stanković<sup>1</sup>, Vesna Nikolić<sup>2</sup>, Ana Stanković<sup>3</sup>

**Rezime:** Polazeći od potrebe i značaja razvoja socijalnih kompetencija i kolaborativnog učenja, u radu se promišljaju problemi i mogućnosti razvoja kolaborativnih okruženja za učenje. Mnogi od identifikovanih problema se mogu prevazići primenom algoritama za heurističku optimizaciju. U radu je dat primer grafičkog okruženja Heuristiclab koje se može koristiti za brzu izradu prototipova različitih algoritama. Okruženje je primenjeno na resavanje problema formiranja heterogenih grupa kod sistema za kolaborativno učenje.

**Ključne reči:** Kolaborativno učenje, heuristička optimizacija, izrada prototipova algoritama.

## RAPID PROTOTYPING OF HEURISTIC OPTIMIZATION ALGORITHMS FOR UTILIZATION IN COLLABORATIVE LEARNING SYSTEMS

**Summary:** Starting with the need and importance for improving social competences, in this paper we have addressed challenges and opportunities of collaborative learning environments development. Many identified problems can be superseded by utilizing heuristic optimization algorithms. In this paper we have given the example of graphical environment heuristiclab which can be utilized for rapid prototyping of various heuristic optimization algorithms. The environment was used for solving the heterogeneous group formation problem in collaborative learning systems.

**Key words:** collaborative learning, heuristic optimization, algorithm prototype development.

---

\* Rad je podržan od strane Ministarstva prosvete i nauke (projekat III44006)

<sup>1</sup> Dragan Stanković, Fakultet tehničkih nauka, Kneza Miloša 7, Kosovska Mitrovica, E-mail: [sfsgagi@gmail.com](mailto:sfsgagi@gmail.com)

<sup>2</sup> Prof. dr Vesna Nikolić, Fakultet zaštite na radu, Čarnojevića 10a, Niš, E-mail: [vesnik08@gmail.com](mailto:vesnik08@gmail.com)

<sup>3</sup> Ana Stanković, Fakultet informacionih tehnologija, Tadeuša Košćuška 63, Beograd, E-mail: [ana.stankovic@metropolitan.edu.rs](mailto:ana.stankovic@metropolitan.edu.rs)

## 1. UVOD

Razvoj informacionog društva uslovio je da standardi profesionalnih kompetencija budu širi nego što su bili. Više nije dovoljno da se savladaju samo specifične tehničke veštine i kompetencije. U današnjem dinamičnom svetu, potrebno je ovladati kompetencijama koje omogućavaju efikasnu kolaboraciju u timovima, učenje novih sadržaja i prilagođavanje na izmenjeno radno okruženje. Te kompetencije se nazivaju *socijalne* kompetencije dok se druge označavaju kao *profesionalne* kompetencije (tj. kompetencije koje se razvijaju u tradicionalnom obrazovanju).

Timsko ili kolaborativno učenje predstavlja jednu od mnogih tehnika za organizaciju procesa učenja koja pozitivno utiče na performanse studenata i o kojoj je dosta pisano u akademskoj literaturi [5][9]. Kao primer problema koji treba rešiti prilikom implementacije nekog računarski podržanog sistema za timsko učenje navešćemo problem formiranja timova za koji se u literaturi navodi da ima veliki uticaj na uspešnost timskog učenja. Utvrđeno je da je radi povećanja uspešnosti timskog učenja potrebno formirati heterogene timove (grupe) pri čemu se heterogenost odnosi i na ličnost i na performanse studenata. Za maksimizovanje heterogenosti koristi se neki od heurističkih algoritama za optimizaciju zbog velikog broja atributa čiju je raspodelu potrebno optimizovati. Ovakvi i slični problemi su česti prilikom izrade sistema za kolaborativno učenje a obzirom da ne postoji univerzalni heuristički algoritam za sve tipove problema [6] u ovom radu biće razmatrano i jedno open-source rešenje za brzu izradu prototipova za heurističku optimizaciju – *Heuristiclab* [7]. Ovo rešenje omogućava brzu izradu novih i modifikaciju postojećih algoritama radi selekcije najboljeg rešenja za dati problem čak i korisnicima koji nisu eksperti za programiranje.

## 2. KOLABORATIVNO UČENJE

Kolaboracija u grupi predstavlja skup nameranih akcija koje jedan član grupe čini da bi pomogao drugom članu grupe da završi zadatak ili aktivnost koja je od interesa za grupu. Prilikom razmatranja kolaboracionog okruženja mi uzimamo stav da je postojanje interaktivnih alata kao što su emailovi, diskusione liste, forumi ili IRC (*Internet Relay Chat*) kanali nedovoljno da bi se konfigurisala kooperativna sredina za rad ili učenje. Ovaj pristup je baziran na radovima u okviru socijalne teorije učenja [1],[2]. Takav teoretski model u osnovi ima pretpostavku da ljudi neprestano moraju da grade identitete kako bi bili motivisani da učestvuju u socijalnim aktivnostima. U tom kontekstu, svaka akcija koju neko načini je značajna jer doprinosi da se oceni šta taj čovek misli o sebi, a šta o njemu misle drugi. Samim tim, kolaborativna okruženja za učenje moraju da sadrže i nešto više od tehnoloških okvira namenjenih komunikaciji i interakciji između članova zajednice.

Neke karakteristike jednog takvog okruženja mogu da obuhvate:

- ❑ mogućnosti da studenti slušaju različite stavove, mišljenja i poglede na problem, ali i iskazuju i brane svoja mišljenja;
- ❑ pedagoški pristup koji bi služio da ohrabri studenta da bude kreativan u procesima učenja i otkrivanja novih stvari;
- ❑ proces evaluacije koji pored evaluacije poznavanja materije uzima u obzir i društveno socijalne sposobnosti, individualne procese učenja i njihove rezultate i kolektivne procese

učenja i njihove rezultate

□ korišćenje portofolia za vizuelizaciju procesa učenja i pojedinačnih doprinosa studenata

Koordinacija, pored komunikacije, predstavlja, glavnu komponentu kolaboracije. U radu [3] autori su opisali teoriju o koordinaciji kao oblast istraživanja koja je fokusirana na to kako se koordinacija obavlja u različitim vrstama sistema.

Kada su u pitanju distribuirani sistemi učenja, problemi koordinacije su bili intenzivno istraživani [4]. Istraživanja su identifikovala sledeće probleme:

□ „Free rider“ efekat (efekat „slobodnog jahača“): Jedan član tima ostavlja drugima da urade posao

□ „Sucker“ efekat (efekat ujarmljenosti): Član tima koji je aktivniji ili sposobniji od drugih otkriva da je „uzjahan“ od strane ostalih članova tima

□ Efekat povlašćenog statusa – Član tima koji je aktivniji ili sposobniji od drugih uzima kontrolu i samim tim ima veliki uticaj na aktivnosti tima i ono što tim proizvodi

□ Efekat zločinačkog udruživanja – Članovi tima se udružuju da bi zadatak uradili što pre i na što lakši način

Ako se ovi problemi ne reše na odgovarajući način, efekat kolaborativnog učenja izostaje.

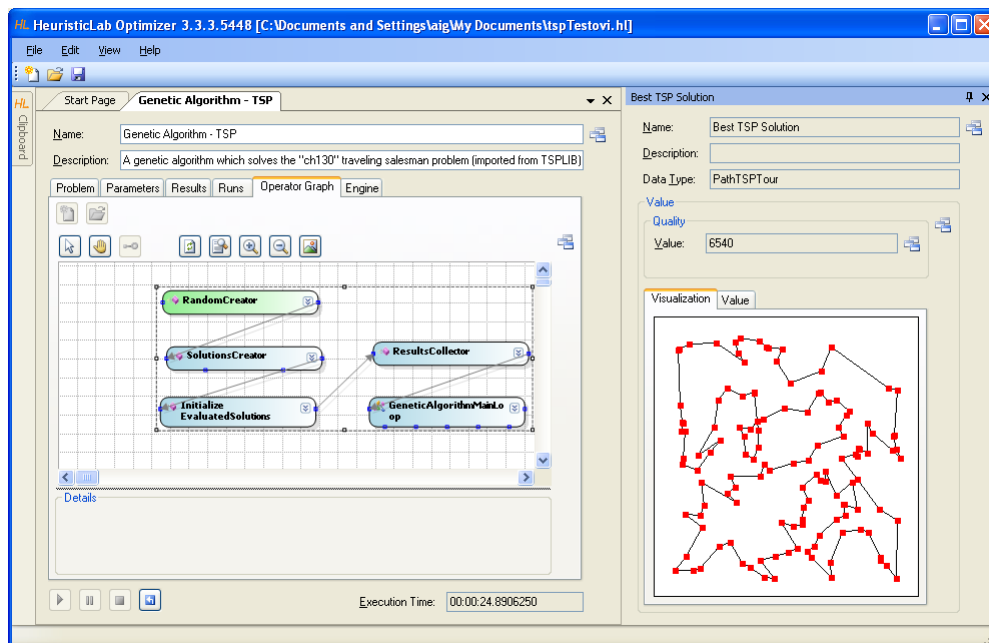
Možemo izdvojiti tri pristupa kolaborativnom učenju: *učenje bazirano na projektu* (project-based learning), *učenje bazirano na problemu* (problem-based learning) i *učenje bazirano na zahtevu* (inquiry-based learning). Učenje bazirano na projektu je pristup učenju koji se bazira na tome da se prilikom učenja razvije neki proizvod. Učenje bazirano na problemu je pristup učenju koji se fokusira na proces rešavanja problema. Učenje bazirano na zahtevu je pristup učenju koji se fokusira na aktivnom učenju, postavljanju pitanja, razvoju kritičkog mišljenja i rešavanju problema. Sva tri pristupa su usko vezani za proces obrade informacija i pogodni su kod okruženja koja su zasnovana na savremenoj tehnologiji gde fokus nije na hardveru ili softveru već na samom doživljaju učenja.

### 3. HEURISTIČKA OPTIMIZACIJA

Heuristička optimizacija je veoma aktivno polje istraživanja još od 1990 [6]. Do danas je razvijeno mnogo različitih algoritama koji su primenjeni za optimizaciju problema u brojnim domenima. Na osnovu teoreme „No Free Lunch“ [8] ne postoji jedinstveni heuristički algoritam koji bi imao bolje performanse u odnosu na sve ostale za sve moguće probleme. Zbog te činjenice razvijene su različite optimizacione paradigme koje često inspiraciju nalaze u prirodnim pojavama poput genetičkih algoritama, simuliranog očvršćavanja, optimizacije bazirane na mravljim kolonijama i optimizacija bazirana na delovima jata (*particle swarm optimization*). Da bismo selektovali odgovarajući algoritam i odabrali početne parametre za neki optimizacioni problem potrebno je izvršiti niz empirijskih testiranja i poređenja algoritama za različite vrednosti početnih parametara. Ovo ume da bude zahtevan posao naročito ako je potrebno iz početka implementirati svaki algoritam pa tek onda vršiti testiranje za različite početne parametre.

#### 4. HEURISTIC LAB I OPERATORI

Da bi se olakšao i ubrzao proces selekcije algoritma za optimizaciju autori su se odlučili da primene gotovo rešenje pod imenom *HeuristicLab* [7]. *HeuristicLab* predstavlja okruženje u kome je moguće predstaviti algoritme pomoću grafova operatera a same grafove je moguće formirati korišćenjem grafičkog interfejsa bez potrebe za programiranjem (*sl.1*). Naravno, moguće je i proširiti okruženje na nivou koda i u njega integrisati nove algoritme, prikaze rešenja ili nove optimizacione paradigme.



*Slika 1: Izgled okruženja HeuristiLab sa prikazom grafa operatera (levo) i dobijenog rešenja problema putujućeg trgovca (TSP- Travelling Salesman Problem) primenom genetičkog algoritma (desno)*

#### 5. PRIMER OPTIMIZACIJE FORMIRANJA GRUPA

Jedna mogućnost primene Heuristicalab-a je za optimizaciju procesa formiranje heterogenih grupa studenata koji timski uče. Da bi to bilo moguće, za taj proces je potrebno formirati matematički model. Mi smo formirali model po uzoru na [5] uz par modifikacija. U ovom modelu heterogenost se odnosi na karakteristike studenata i mi smo u obzir uzeli sledeće karakteristike koje je lako utvrditi na osnovu anketa ili prethodnih rezultata studenata: interesovanje za predmet, performanse na studijama (prosek), motivacija, stav prema radu u grupi, performanse na studijama na predmetima koji su u vezi sa predmetom učenja. Radi pojednostavljenja za svaku od ovih karakteristika je definisan opseg vrednosti od 1 do 5 pri čemu 1 znači nisku ocenu a 5 visoku. Na ovaj način svaki student je predstavljen vektorom karakteristika čije su vrednosti ocene od 1 do 5. Npr. student  $S_1$  može da se predstavi kao  $S_1(1, 3, 5, 3, 2)$ . Ukupan rezultat studenta na osnovu kojeg će se težiti heterogenosti predstavlja prostu sumu elemenata vektora karakteristika. Uvodimo meru kvaliteta

heterogenosti grupe po sledećem principu: ako u grupi od  $N$  studenata uklonimo najboljeg i najgoreg studenta na osnovu vektora karakteristika, rezultati ostalih studenata bi trebalo da budu negde na sredini u odnosu na ta 2 „granična“ studenta. Može da se pokaže da sledeća formula za kvalitet heterogenosti grupe  $i$  ili  $GH_i$  daje veće vrednosti što je grupa više heterogena:

$$GH_i = \frac{\max rezultat(S_1, S_2, \dots, S_n) - \min rezultat(S_1, S_2, \dots, S_n)}{1 + \sum_j |AD_i - rezultat(S_{j(i)})|}$$

pri čemu  $S_1, S_2, \dots, S_n$  predstavljaju studente koji pripadaju grupi  $i$ ,  $AD_i$  predstavlja aritmetičku sredinu rezultata najboljeg i najgoreg studenta grupe  $i$  a suma po  $j$  predstavlja indeks studenata grupe  $i$  pri čemu taj indeks ne uzima vrednost najboljeg i najgoreg studenta.

Ako bi se težilo samo što većim vrednostima  $GH$  to bi dovelo da toga da se formiraju grupe sa izrazito visokim koeficijentom heterogenosti i grupe sa izrazito niskim koeficijentom pa se u konačnu formulu uključuje i koeficijent varijanse  $CV$  i onda se pogodnim algoritmom vrši optimizacija te formule. Konačna formula izgleda ovako:

$$F = w_{GH} GH + w_{CV} CV,$$

pri čemu je  $GH$  suma  $GH_i$  za sve grupe, a  $CV$  je koeficijent varijanse koji predstavlja količnik standardne devijacije i aritmetičke sredine rezultata svih studenata, a  $w$  predstavljaju težine.

Postupak optimizacije ove formule uz pomoć *Heuristiclab*-a se svodi na definisanje eksterne funkcije za evaluaciju rešenja koja se u stvari zasniva na prethodno definisanoj konačnoj formuli. Obzirom da je proces nalaženja rešenja iterativan, ova funkcija se poziva prilikom svake iteracije. Dalje je potrebno odabrati pogodan algoritam za optimizaciju i podesiti njegove parametre (neki od ponuđenih algoritama koje je moguće izabrati u verziji 3.3.4 su dati na *sl.2*). Na kraju je potrebno vršiti simulacije uz modifikacije parametara (ulaznih, samog algoritma i težina u formuli) kako bi se dobilo što bolje rešenje pri čemu je tu operaciju moguće obaviti korišćenjem pogodnog grafičkog interfejsa ovog okruženja.

Algorithms		
🚀 Evolution Strategy	3.3.4.6099	An evolution strategy.
🚀 Genetic Algorithm	3.3.4.6099	A genetic algorithm.
🚀 Island Genetic Algorithm	3.3.4.6099	An island genetic algorithm.
🚀 Island Offspring Selection Genetic Algorithm	3.3.4.6099	An island offspring selection genetic algorithm.
🚀 Local Search	3.3.4.6099	A local search algorithm.
🚀 NSGA-II	3.3.4.6099	The Nondominated Sorting Genetic Algorithm II was in
🚀 Offspring Selection Genetic Algorithm	3.3.4.6099	An offspring selection genetic algorithm [Affenzeller, M
🚀 Particle Swarm Optimization	3.3.4.6099	A particle swarm optimization algorithm based on the d
🚀 SASEGASA	3.3.4.6099	The self-adaptive segregative genetic algorithm with si
🚀 Simulated Annealing	3.3.4.6099	A simulated annealing algorithm.
🚀 Tabu Search	3.3.4.6099	A tabu search algorithm.
🚀 User-Defined Algorithm	3.3.4.6114	An algorithm which can be defined by the user.
🚀 Variable Neighborhood Search	3.3.4.6099	A variable neighborhood search algorithm based on th

*Slika 2: Lista algoritama za optimizaciju koji su dostupni u Heuristiclab okruženja (ova lista se stalno produžava pošto se okruženje razvija a moguće ju je pomoću plugin-ova proširiti)*

## 6. ZAKLJUČAK

Poslednjih godina, rezultati brojnih istraživanja potvrđuju efikasnost i produktivnost kolaborativnog učenja (posebno kod kompleksnih i teških zadataka). Sa razvojem novih tehnologija omogućena je i podržana socijalna komponenta kod okruženja za kolaborativno učenje. Prilikom razvoja takvih okruženja javljaju se problemi koje je pogodno rešavati primenom metoda heurističke optimizacije. Grafička okruženja poput Heuristiclab-a omogućavaju primenu ovih metoda na rešavanje konkretnih problema širem krugu profesionalaca iz oblasti elektronskog učenja.

## 7. LITERATURA

- [1] Engström, Y., Activity theory and individual and social transformation in Engström et al. (Eds.), Perspectives on activity theory. London; New York: Cambridge University Press, 1999
- [2] Wenger, E., Communities of practice: Learning, meaning and identity, London; New York: Cambridge University Press, 1998
- [3] Malone, T., Crowston, K., The interdisciplinary study of coordination, ACM Computing Surveys, 26(3), 1994, pp. 87–119
- [4] Chen, W., Wasson, B., Intelligent Agents Supporting Distributed Collaborative Learning in Lin F., Ally M., Designing Distributed Environments with Intelligent Software Agents, Idea Group Publishing,
- [5] Graf S., Bekele R., Forming Heterogeneous Groups for Intelligent Collaborative Learning Systems with Ant Colony Optimization. Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS 06), Jhongli, Taiwan, June 2006, pp. 217-226.
- [6] Wagner, S., G. Kronberger, A. Beham, S. Winkler, and M. Affenzeller. 2009. Model Driven Rapid Prototyping of Heuristic Optimization Algorithms. Computer Aided Systems Theory - EUROCAST 2009. vol. 5717: Springer Berlin / Heidelberg. pp. 729–736.
- [7] <http://dev.heuristiclab.com>
- [8] Wolpert, D.H., Macready, W.G.: No free lunch theorems for optimization, IEEE Transactions on Evolutionary Computation 1(1), 1997, pp. 67–82
- [9] Stanković D., Nikolić V., Anđelković I., Kolaborativno učenje u adaptivnom distribuiranom okruženju, Dependability and Quality Management ICDQM-2010, Beograd, 29-30.06.2010, UDK 658.56, ISSN 1451-4966, стр. 737-743