

Izgradnja platforme za raspodijeljene algoritme evolucijskog računanja

Mihej Komar

Mentor: prof. dr. sc. Marin Golub

Fakultet elektrotehnike i računarstva
Sveučilište u Zagrebu

4. srpnja 2011.



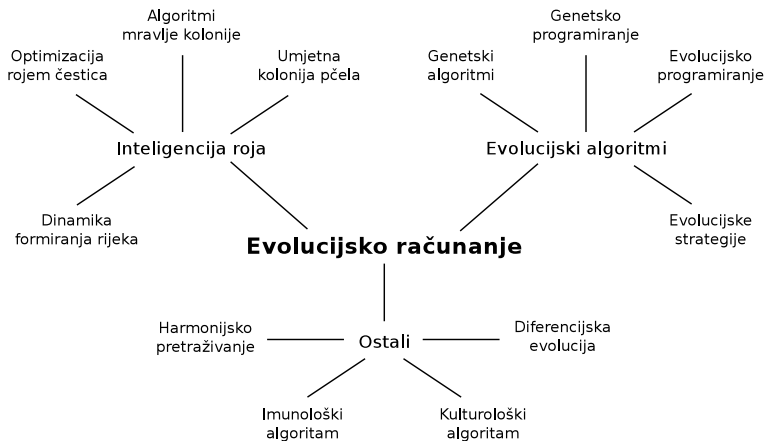
Rješavanje optimizacijskih problema

- Teorem *No free lunch* – ne postoji univerzalni algoritam koji se može uspješno primijeniti za sve optimizacijske probleme
- Algoritmi za rješavanje optimizacijskih problema
 - ▶ Deterministički algoritmi
 - ★ Primjeri: pretraživanje u širinu, pretraživanje u dubinu, A^* ...
 - ★ Često prevelika složenost za rješavanje $\mathcal{NP}$ -potpunih problema
 - ▶ Stohastički algoritmi
 - ★ Primjer: heuristički (metaheuristike, heuristike specifičnih problema)
 - ★ Obično pronalaze dovoljno dobro rješenje, često ne i optimalno

Algoritmi evolucijskog računanja

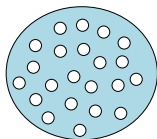
- Podskup metaheurističkih algoritama
- Vrlo često inspirirani prirodom
- Populacijski algoritmi
 - ▶ Šire pretraživanje prostora pretraživanja
 - ▶ Veća vjerojatnost za dobivanjem kvalitetnijih rješenja
 - ▶ Rješenja se postupno poboljšavaju pomoću evolucijskih operatora
- Imaju razne ulazne parametre
 - ▶ Prilagođavanje rješavanju različitih problema
 - ▶ Dodatni optimizacijski problem
 - ▶ Loše podešeni parametri – neefikasan rad algoritama

Podjela algoritama evolucijskog računanja

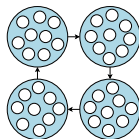


Paralelizacija evolucijskog računanja

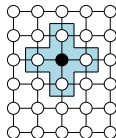
- Algoritmi evolucijskog računanja pogodni za paralelizaciju
- Potencijalne prednosti paralelizacije algoritama evolucijskog računanja
 - ▶ Ubrzavanje izvršavanja
 - ▶ Bolja kvaliteta dobivenih rješenja
 - ▶ Jednostavna integracija različitih algoritama
 - ▶ Dobivanje skupa različitih rješenja za isti problem
- Osnovni modeli paralelizacije
 - ▶ Jednopolulacijski model
 - ▶ Krupnozrnati model
 - ▶ Sitnozrnati model
 - ▶ Hibridni paralelni evolucijski algoritam
 - ▶ Trivijalni paralelni evolucijski algoritam



(a) Jednopolulacijski



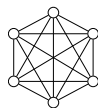
(b) Krupnozrnati



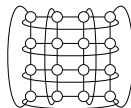
(c) Sitnozrnati

Krupnozrnata paralelizacija

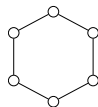
- Sva rješenja podijeljena u više populacija
- Nad svakom populacijom radi jedan algoritam
- Obično jedna procesorska jezga po algoritmu
- Populacije povremeno razmjenjuju rješenja
- Parametri migracije:
 - ▶ Topologija migracije (primjeri na slikama)
 - ▶ Učestalost migracije
 - ▶ Broj migrirajućih rješenja
 - ▶ Odabir rješenja za migraciju
 - ▶ Ugrađivanje primljenih rješenja



(a) Potpuna



(b) Toroidalna



(c) Ciklička



(d) Otočka

Platforma jGalapagos

- Platforma za distribuirano izvršavanje evolucijskog računanja
- Podrška za izradu različitih vrsta algoritama evolucijskog računanja
 - ▶ Omogućava jednostavno razvijanje novih modula za rješavanje različitih drugih problema
- Automatska razmjena rješenja između algoritama
 - ▶ Jedno računalo je voditelj, a ostala su radnici
 - ▶ Radnici izvršavaju po više algoritama
 - ▶ Komunikacija putem prijenosnog protokola TCP
- Podrška za različite migracijske parametre
 - ▶ Grafičko definiranje topologije i učestalosti migracije
- Automatsko prikupljanje statističkih podataka
 - ▶ Omogućava prikaz u realnom vremenu i pohranu u datoteke
- Razvijena u programskom jeziku Java

Problem izrade rasporeda ispita

- Jedan od organizacijskih problema prisutnih na svakom sveučilištu
- Potrebno rasporediti ispite predmeta u preddefinirani skup termina
- Spada pod $\mathcal{NP}$ -potpune probleme
- Kvaliteta rasporeda ocjenjuje se prema prekršenim ograničenjima:
 - ▶ Čvrsta ograničenja (moraju biti zadovoljena)
 - ★ Najveći broj studenata po terminima
 - ★ Prihvatljivost termina za pojedine predmete
 - ★ Niti jedan student ne smije istovremeno imati više ispita
 - ▶ Meka ograničenja (procijenjeno funkcijom kazne)
 - ★ Kazne između svih parova ispita – veća za subjektivno teže predmete, predmete s više studenata i predmete unutar istog modula/profila
 - ★ Kazna eksponencijalno pada s većim vremenskim razmakom
 - ★ Dodatno kažnjavanje ispita obaveznih predmeta modula/profila
 - ★ Pri izradi rasporeda ponovljenih ispita dodatno se kažnjava mala vremenska razlika između završnog i ponovljenog završnog ispita

Razvijeni moduli za platformu jGalapagos

- Modul za izradu rasporeda ispita
 - ▶ Algoritmi: generacijski i eliminacijski genetski algoritam, jednostavni imunološki algoritam, algoritam $MMAS$ i algoritam harmonijskog pretraživanja
 - ▶ Uvijek ispunjena sva čvrsta ograničenja
 - ★ Kompliciraniji operatori
 - ★ Sporija inicijalizacija početne populacije
 - ★ Ne radi dobro za velike popunjenosti termina
 - ★ Kvalitetniji rezultati
 - ▶ Pretraživanje poboljšano algoritmima lokalne pretrage
- Modul za izradu rasporeda ponovljenih ispita
 - ▶ Algoritmi: generacijski i eliminacijski genetski algoritam, jednostavni imunološki algoritam, algoritam $MMAS$
 - ▶ Populacije mogu sadržavati rješenja s prekršenim čvrstim ograničenjima
 - ▶ Ispunjavanje čvrstih ograničenja ubrzano specifičnim lokalnim pretragama

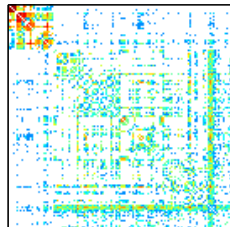
Primjeri problema izrade rasporeda ispita

Tablica 1: Podaci o zimskom i ljetnom semestru ak. god. 2010./2011.

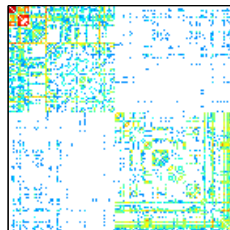
Broj	Zimski semestar	Ljetni semestar
Studenta	3.455	3.003
Predmeta	135	140
Kombinacija	1.249	1.504
Jedinstvenih kombinacija	915	1.197
Parova predmeta modula	117	159
Polaganja	17.241	14.086

Tablica 2: Statistički podaci po ispitima ak. god. 2010./2011.

Semestar	Ispit	Termina	Kapacitet	Popunjenost
Zimski	1. međuispit	40	800/1.000	53,88%
	2. međuispit	40	800/1.000	53,88%
	Završni	40	800/1.000	53,88%
	Ponovljeni	20	1.400/2.000	61,58%
Ljetni	1. međuispit	40	800/1.000	44,02%
	2. međuispit	40	800/1.000	44,02%
	Završni	38	700/1.000	52,96%
	Ponovljeni	20	1.400/2.000	50,31%



(a) Zimski semestar

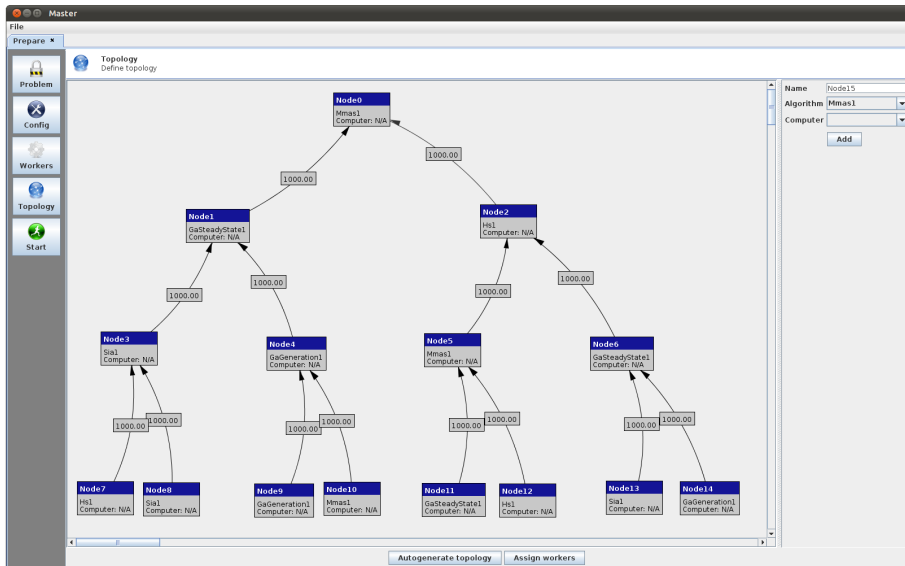


(b) Ljetni semestar

- Utjecaj različitih migracijskih parametara
 - ▶ Topologije: potpuna, toroidalna, ciklička i otočna
 - ▶ Učestalosti migracija: svakih 1, 5 i 30 sekundi
 - ▶ Isproban i trivijalni paralelni evolucijski algoritam
 - ▶ Problemi: rasporedi ispita i ponovljenih ispita
- Utjecaj različitih kombinacija algoritama
 - ▶ Isprobano s i bez lokalne pretrage
 - ▶ Problem: raspored ispita
- Svojstva eksperimenata
 - ▶ Trajali po 30 minuta
 - ▶ Ponovljeni po 30 puta
 - ▶ Svaki koristio 12 algoritama na 4 računala (1 voditelj i 3 radnika)
 - ▶ Isprobano ukupno 134 različitih kombinacija problema i parametara

- Utjecaj različitih migracijskih parametara
 - ▶ Nema posebno dobrih migracijskih parametara za sve probleme
 - ▶ Često se i trivijalni paralelni evolucijski algoritam pokazao najboljim
 - ▶ S poboljšanim parametrima algoritama za jedan problem, ciklička topologija s migracijom svakih 30 sekundi pokazao posebno dobre rezultate na tom problemu
- Utjecaj različitih kombinacija algoritama
 - ▶ Bez uporabe lokalnog pretraživanja – najbolji genetski algoritam bez drugih algoritama
 - ▶ S uporabom lokalnog pretraživanja – bolji rezultati za sve algoritme, najbolji algoritam harmonijskog pretraživanja bez drugih algoritama

Primjer grafičkog definiranja topologije



Primjer rada raspodijeljenih algoritama

Master

File

Prepare * Running

Table

Show current results in tables

Node	Name	Algorithm	Computer	Best seen	Best	Worst	Average	Deviation	Time	Iteration	Finished	Final solution
Node0	Mmas1		192.168.1.130:44863	(9225.59)	[000.00]	[000.00]	[000.00]	[000.00]	0:03:17.409	27	Sun Jul 03 19:52:59 CEST 2011	(8407.52)
Node1	GaSteadyState1		192.168.1.130:44863	(9188.23)	[9140.59]	[9535.26]	[9374.89]	[102.50]	0:03:20.916	3344	Sun Jul 03 19:58:48 CEST 2011	(8716.36)
Node2	Hs1		192.168.1.131:42442	(9140.59)	[9140.59]	[22256.56]	[14545.30]	[5706.37]	0:03:20.478	6367		
Node3	Ss1		192.168.1.131:42442	(9140.59)	[9140.59]	[18890.23]	[9419.30]	[954.91]	0:03:21.027	12		
Node4	GaGeneration1		192.168.1.130:44863	(9140.59)	[9140.59]	[12094.57]	[10594.57]	[880.18]	0:03:15.401	374		
Node5	Mmas1		192.168.1.130:44863	(9466.66)	[000.00]	[000.00]	[000.00]	[000.00]	0:03:23.827	27		
Node6	GaSteadyState1		192.168.1.131:42442	(9827.96)	[9308.16]	[10900.23]	[10784.44]	[296.30]	0:03:20.581	9894		
Node7	Hs1		192.168.1.131:42442	(9308.16)	[9308.16]	[14079.04]	[12956.58]	[2377.36]	0:03:20.700	6890		
Node8	Ss1		192.168.1.130:44863	(9308.16)	[9308.16]	[31092.30]	[12056.64]	[2353.90]	0:02:52.103	3		
Node9	GaGeneration1		192.168.1.130:44863	(9193.43)	[9193.43]	[11341.72]	[10060.54]	[688.10]	0:03:15.096	381		
Node10	Mmas1		192.168.1.131:42442	(9193.43)	[000.00]	[000.00]	[000.00]	[000.00]	0:03:27.346	83		
Node11	GaSteadyState1		192.168.1.131:42442	(9258.60)	[9258.60]	[9266.67]	[9262.43]	[002.47]	0:03:20.650	11431		
Node12	Hs1		192.168.1.130:44863	(9289.96)	[9289.96]	[21966.99]	[17089.44]	[5606.60]	0:03:20.895	2214		
Node13	Ss1		192.168.1.130:44863	(9289.96)	[9289.96]	[28912.76]	[12974.95]	[3333.72]	0:02:46.956	3		
Node14	GaGeneration1		192.168.1.131:42442	(9211.62)	[9241.62]	[11877.92]	[9587.44]	[809.46]	0:03:21.479	1338		
Node15	Mmas1		192.168.1.131:42442	(9673.53)	[000.00]	[000.00]	[000.00]	[000.00]	0:03:28.626	89		
Node16	GaSteadyState1		192.168.1.130:44863	(11266.23)	[9864.47]	[11319.07]	[11278.91]	[204.52]	0:03:20.668	3504		
Node17	Hs1		192.168.1.130:44863	(9797.24)	[9864.47]	[23822.31]	[18029.57]	[6773.47]	0:03:21.160	2173		
Node18	Ss1		192.168.1.131:42442	(9994.88)	[9994.88]	[14269.25]	[10100.60]	[421.80]	0:03:00.235	12		
Node19	GaGeneration1		192.168.1.131:42442	(9658.13)	[9784.31]	[12231.10]	[10632.39]	[751.15]	0:03:21.168	1188		
Node20	Mmas1		192.168.1.130:44863	(9850.15)	[000.00]	[000.00]	[000.00]	[000.00]	0:03:16.356	27		
Node21	GaSteadyState1		192.168.1.130:44863	(9850.15)	[9545.69]	[10151.70]	[10050.38]	[110.59]	0:03:20.587	3429		
Node22	Hs1		192.168.1.131:42442	(9545.69)	[9545.69]	[17487.00]	[12319.77]	[3453.09]	0:03:20.564	6657		
Node23	Ss1		192.168.1.131:42442	(9545.69)	[9545.69]	[12364.11]	[9921.31]	[253.04]	0:03:16.417	12		
Node24	GaGeneration1		192.168.1.130:44863	(9303.41)	[9303.41]	[9936.64]	[9538.42]	[231.74]	0:03:24.567	401		
Node25	Mmas1		192.168.1.130:44863	(9783.59)	[000.00]	[000.00]	[000.00]	[000.00]	0:03:18.458	27		
Node26	GaSteadyState1		192.168.1.131:42442	(11107.21)	[9840.88]	[11111.17]	[11064.92]	[222.65]	0:03:20.753	10451		
Node27	Hs1		192.168.1.131:42442	(9840.88)	[9840.88]	[18706.29]	[15286.34]	[3826.28]	0:03:20.599	6939		
Node28	Ss1		192.168.1.130:44863	(9840.88)	[9840.88]	[29871.05]	[12468.66]	[2288.85]	0:03:49.646	3		
Node29	GaGeneration1		192.168.1.130:44863	(9176.03)	[9176.03]	[12043.39]	[10006.36]	[780.02]	0:03:14.218	376		

Restart Disconnect

Primjer analize rasporeda ispita

Running		Timetable										
Show by:	students	2 in day	21.03.2011.	22.03.2011.	23.03.2011.	24.03.2011.	25.03.2011.	28.03.2011.	29.03.2011.	30.03.2011.	31.03.2011.	01.04.2011.
JMBAG	Penalty		09:00 (184)	09:00 (229)	09:00 (617)	09:00 (237)	09:00 (313)	09:00 (764)	09:00 (273)	09:00 (153)	09:00 (166)	09:00 (124)
003639...	009.4523	2	Umjetna intelig...	Obработка informac...	Baze podataka	Multimedijске teh...	Uvod u mjentelstvo	Uvod u teoriju rač...	Osnove virtualnih ...	Teorija informacije	Tehnička normiza...	Mjerenje i analiza...
003641...	009.1159	3	Javna pokretna...	Mjerne metode	Osnove elektroniki...	Praktikum upravlj...	Tehnika visoko...	Računalno upravl...	Prijelazne pojave i...	Projektiranje ugra...	Višemedijske kom...	Praktikum autom...
003641...	008.3526	3	Osnove mehatr...	Tehnologija optič...	Radiofrekvencijsk...	Sustavi za rad u s...	Operacijski susta...	Oblikovni obrasci...	Teorija mjerenja	Teorija prometa	Obnovljivi izvor...	Formalne metode...
003642...	007.5894	2	Računalom pod...	Numerička mate...	Elektreane	Metode proračun...	Zvuk i računalna	Zvuk i računalna	Brze komunikacijs...	Nadzemni vodovi l...	Napajanje elektr...	Formalne metode...
0165028...	007.5596	2	Adaptivno i rob...	Projekiranje u ...	Diferencijalne jed...	Pokretni program...	Gospodarenje an...	Gospodarenje an...	Digitalni radiof...	Kabelske mreže z...	Visokofrekvencijs...	Formalne metode...
0036437...	007.5217	1	Projekiranje u ...	Radjske pristu...	Teorija grafova			Financijska mate...	Pouzdanost raču...			
0036437...	007.5217	1	Nuklearna sigu...	Spejčalni sust...					Mikroelektroničke...	Vodjenje elektroo...		
0036438...	007.5217	1	Elektronička in...	Analiza i obrad...								
0036440...	007.1964	1	Planiranje pog...	Geoprostorne ...								
0036441...	006.7756	2	12:00 (1766)	12:00 (128)	12:00 (666)	12:00 (0)	12:00 (174)	12:00 (0)	12:00 (790)	12:00 (83)	12:00 (788)	12:00 (761)
0036442...	006.6817	1	Matematika 2	Ergonomija u rač...	Arhitektura račun...		Interaktivna raču...	Fizika i	Automatsko upra...	Projektiranje elek...	Signal i sustavi	Algoritmi i struktu...
0036436...	006.1967	1	Razvoj telekomu...	Mrežno programir...	Praktikum robotike		Upravljanje podac...	Automatsko upra...	konkurentno pro...	Posrednici umrež...		Informacija, logik...
0036437...	006.1116	2	Napredni operaci...						Razvoj informac...			
0023056...	006.0041	1										
0036423...	005.8767	1										
0036440...	005.8370	1										
0036436...	005.7219	1										
0036433...	005.6391	1										
0036437...	005.5937	1										
0036388...	005.5020	2										
0036436...	005.5113	1										
0036437...	005.4152	1										
0036426...	005.3698	2										
0036435...	005.2859	2										
0036435...	005.2201	1										
0036430...	005.2072	2	15:00 (1594)	15:00 (471)	15:00 (265)	15:00 (655)	15:00 (157)	15:00 (423)	15:00 (102)	15:00 (357)	15:00 (288)	15:00 (551)
0036428...	005.2030	1	Vjerojatnost i stat...	Audiotehnika	Laboratorij elek...	Matematika 3E	Višemedijske uslu...	Energijske tehnol...	Digitalna obrada l...	Digitalni video	Konstrukcija elekt...	Razvoj primijenjen...
0036436...	005.1534	1	Matematičko mod...	Fourierova analiza	Otvoreno računar...	Matematika 3R	Telekomunikacijs...	Prijenos i razdjela...	Sustavi s diskretn...	Osnove inteligent...	Ugrađeni račun...	Mobilne komunika...
0036427...	004.8078	1	Linearna algebra	Upravljanje mreže...	Teorija estimacije	Programska pod...	Komunikacijski su...	Lokalne mreže	Prijenos topline i ...	Praktikum učinsk...	Mjerenja u tehnol...	Alarmni sustavi
0036440...	004.7962	2										Prijenos zvuka
0255003...	004.7556	2										Uvod u raspisnava...
0035147...	004.7220	1										Nelinearni sustavi...
0036426...	004.6882	1										Dinamika industrij...
0036415...	004.6958	2										Obrada signala u ...
0036417...	004.6348	2										Ekonomija u ener...
0036433...	004.6012	1										Pouzdanost telek...
0036411...	004.5958	1										Antene i propaga...
0036444...	004.5934	2										Projektiranje digt...
0036429...	004.5617	1										Elektromotorni ps...
0036402...	004.4622	2										
0036438...	004.3678	1										
0036439...	004.3678	1										
0036440...	004.3330	1										
0036429...	004.3297	1										
0036442...	004.2295	1										
0036435...	004.1818	1										
0036441...	004.1576	1										
0036443...	004.1576	1										

- Platforma jGalapagos
 - ▶ U potpunosti zadovoljava sve zahtjeve
 - ▶ Značajno pomaže u rješavanju različitih optimizacijskih problema
 - ▶ Jednostavno izvođenje velikog broja eksperimenata i prikupljanje statističkih podataka
- Zaključak eksperimenata
 - ▶ Nisu pronađeni najbolji migracijski parametri za različite probleme
 - ▶ Optimizacijom parametara algoritma za jedan problem, ciklička topologija s migracijom svakih 30 s pokazuje vrlo dobre rezultate
 - ▶ Lokalno pretraživanje poboljšava kvalitetu rješenja
- Daljnje istraživanje
 - ▶ Zbog čega trivijalni paralelni evolucijski algoritam ponekad pokazuje bolja svojstva od krupnozrnate paralelizacije
 - ▶ Daljnji rad na platformi jGalapagos – razvoj modula za druge probleme i proširivanje mogućnosti

Hvala na pažnji!

Pitanja?