SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

SEMINAR

Kulturni algoritmi

Luka Franov

Voditelj: Doc.dr.sc. Domagoj Jakobović

Zagreb, travanj, 2013.

**Sadržaj**

[1. Uvod 1](#_Toc159987575)

[2. Tehnika kulturnih algoritama 2](#_Toc159987576)

[3. Primjene kulturnih algoritama 5](#_Toc159987577)

[4. Zaključak 9](#_Toc159987578)

[5. Literatura 10](#_Toc159987579)

6. Sažetak 11

# 1. Uvod

Kulturni algoritmi (engl. *cultural algorithms*) jedna su od grana evolucijskog računarstva (engl. *evolutionary computation*), pod kojim se podrazumijevaju sve tehnike rješavanja računarskih problema koje se temelje na principima biološke evolucije, kao što su npr. prirodna selekcija i genetsko nasljeđivanje. Samo evolucijsko računanje područje je umjetne inteligencije ( engl. *artificial intelligence*), koja zadnjih desetljeća doživljava velik razvoj. Među brojnim tehnikama evolucijskog računanja s jedne strane imamo evolucijske algoritme, a s druge inteligenciju roja. U takvoj klasifikaciji kulturne algoritme zapravo možemo gledati kao nadogradnju genetskih algoritama (engl. *genetic algorithms*).

U ovom radu, točnije u drugom poglavlju, ukratko je predstavljena tehnika kulturnih algoritama u općenitom smislu. Prostor vjerovanja, koji je specifičnost ove tehnike, predstavlja se u kontekstu pet osnovnih kategorija zajedničkog znanja jedinki, a kasnije je predstavljena i komunikacija kroz mehanizam tzv. dvostrukog nasljeđivanja, genetskog materijala jedinki prethodne generacije ali i čitavog prostora vjerovanja sa svim znanjima koja obuhvaća.

U trećem poglavlju navedene su mogućnosti primjene kulturnih algoritama s posebnim naglaskom na jednu specifičnu primjenu ovog algoritma, kroz koju mogu doći do izražaja njegova svojstva i prednosti. Radi se o primjeni kulturnih algoritama na simulaciju razvoja kulture na području regije Mesa Verde u kojoj je od 9. do 14. stoljeća živjelo indijansko stanovništvo, koje je zbog različitih razloga, koji se i ovim putem nastoje utvrditi, nestalo (Kobti).

# 2. Tehnika kulturnih algoritama

Genetski algoritmi, koji se temelje na biološkoj evoluciji, nadograđeni su na temelju saznanja o kulturnoj evoluciji. Pojam kulture, koji je višeznačan, te su za njega Kroeber i Kluckhohn naveli čak 164 definicije još 1952.god., u kontekstu kulturnih algoritama shvaća se kao sustav simbolički kodiranih konceptualnih pojava koje se društveno i povijesno prenose između i unutar različitih populacija (Kroeber, 1952.). Praktično gledajući, iskustva i saznanja jedinki neke populacije sumiraju se, generaliziraju i specijaliziraju te se stvara zajedničko znanje koje usmjerava buduće ponašanje jedinki i čitave populacije. Kulurna evolucija, analogno biološkoj, odnosi se na razvoj kulture ili kultura od jednostavnijih prema složenijim oblicima.

Tvorac ideje kulturnih algoritama američki je znanstvenik Robert G. Reynolds, koji ih je predstavio 1994.god. u svom radu *„An introduction to Cultural Algorithms”*. Specifičnost kulturnih algoritama u odnosu na ostale evolucijske algoritme je uvođenje komponente prostora vjerovanja ( engl.*belief space*), koja je pojašnjena u daljnjem tekstu. Komponenta populacije, koja se javlja i kod ostalih evolucijskih algoritama, na razni je mikroevolucije, dok je prostor vjerovanja na razni makorevolucije, s obzirom na doseg. Dakle, osnova kulturnih algoritama je s jedne strane postojanje populacije jedinki, a s druge strane prostora vjerovanja, koji se mijenja nešto sporije. Ključan je dio funkcioniranja takvog sustava komunikacija između ta dva prostora.

**2.1. Prostor vjerovanja**

Prostor vjerovanja u sebi sadržava zajedničko znanje i dijeli se u pet osnovnih kategorija,ovisno o ulozi (Reynolds). To su:

1. Normativno znanje,
2. Situacijsko znanje,
3. Znanje o domeni,
4. Znanje o prošlosti,
5. Topografsko znanje.

Normativno znanje je skup obećavajućih raspona varijabli koje osiguravaju standarde ponašanja jedinki i smjernice unutar kojih se mogu izvršiti individualna podešavanja. Takvo znanje navodi jedinke da uđu u prihvatljiv raspon ponašanja ako već nisu u njemu.

Situacijsko znanje osigurava skup primjera slučajeva koji su korisni za tumačenje specifičnih individualnih iskustava u specifičnim kontekstima. Takvo znanje navodi jedinke da se kreću u smjeru danih primjera.

Topografsko znanje je zamišljeno da prosuđuje funkcionalne uzorke okoliša prema regijama. Funkcionalni okoliš je u početku podijeljen na ćelije u određenom stupnju granularnosti prema prostornim karakteristikama i svaka ćelija prati podatke o najboljoj jedinki koja se nalazi u regiji koju pokriva. Postoji mogućnost rekurzivne podjele ćelija na podćelije uslijed određenih okolnosti. Takvo znanje upućuje jedinke na ćelije s najboljim rezultatima unutar prostora pretraživanja.

Znanje o domeni vrlo je korisno jer se kasnije iskorištava u vođenju samog pretraživanja. Primjerice, u funkcionalnom okolišu sastavljenom od šiški, znanje o obliku šiški i srodnim parametrima korisno je u prosuđivanju o njima tijekom procesa pretraživanja.

Znanje o prošlosti nadgleda proces pretraživanja i bilježi važne događaje u pretraživanju. To može biti neki važan potez u procesu pretraživanja ili otkrivanje promjene okoliša. Jedinke mogu iskoristiti takvo znanje kao vodilju u odlučivanju smjera poteza.

Svako kulturno znanje može se izraziti unutar neke od navedenih pet kategorija, ali nije u rješavanju svakog problema potrebno koristiti sve navedene kategorije znanja, već je moguće neke izostaviti ukoliko nisu potrebne.

**2.2. Komunikacija**

Važno svojstvo kulturnih algoritama, koje je zapravo već navedeno samim postojanjem populacije jedinki i prostora vjerovanja je tzv. dvostruko nasljeđivanje. Dakle, nasljeđuje se s jedne strane genetski materijal jedinki prethodnih generacija, a s druge strane prostor vjerovanja. Na taj način znanje o samom problemu koji se rješava može se odvojiti od jedinki.

Populacija jedinki, koja se u svakoj generaciji mijenja pod utjecajem operatora križanja i mutacije, utječe na promjenu i dodavanje iskustava u prostor vjerovanja, dok znanja sadržana u prostoru vjerovanja utječu na selekciju jedinki u sljedećoj generaciji populacije (Reynolds).

Međusobna interakcija, te promjena jedinki populacije i prostora vjerovanja odvijaju se u sljedećim koracima:

1. evaluacija jedinki populacije koristeći funkciju izvođenja *obj()*;
2. korištenje funkcije prihvaćanja *accept()* kako bi se odredilo kojim će jedinkama biti dozvoljeno da ažuriraju prostor vjerovanja;
3. dodavanje iskustava tih odabranih jedinki sadržaju prostora vjerovanja koristeći funkciju *update()*;
4. znanje sadržano u prostoru vjerovanja utječe na odabir jedinki sljedeće generacije populacije preko funkcije *influence()*;



Slika 1: Međusobna interakcija jedinki i prostora vjerovanja (Reynolds)

Prethodna slika daje nam grafički prikaz navedenih koraka komunikacije.

Uzimajući u obzir navedene akcije, osnovni pseudokod nekog kulturnog algoritma naveden je na slici 2 (Reynolds).

**dok** (nije postignut uvjet završetka algoritma)

**{**

t = 0;

inicijaliziraj Bt, Pt;

ponavljaj

 evaluiraj Pt;

ažuriraj(Bt, prihvati(Pt));

generiraj(Pt, utječi(Bt));

t = t + 1;

odaberi Pt iz Pt-1;

**}**

Slika 2: Osnovni pseudokod kulturnog algoritma

U navedenom pseudokodu Pt predstavlja populacijsku komponentu u vremenu t, a Bt prostor vjerovanja u vremenu t.

# 3. Primjene kulturnih algoritama

Kulturni algoritmi, u odnosu na neke duge tehnike evolucijskog računarstva, još uvijek nisu u tolikoj mjeri korišteni za rješavanje praktičnih problema. Primjerice, genetski algoritmi, koji su dobra osnova za usporedbu budući da imaju mnogo zajedničkih elemenata, postali su vrlo uobičajen način rješavanja brojnih optimizacijskih problema. S druge strane, kulturni algoritmi, uz mogućnost rješavanja optimizacijskih problema, posebno su prikladni za rješavanje specifičnih problema kao što je primjerice modeliranje kulturnih promjena.

U kontekstu modeliranja kulturnih promjena posebno je zanimljiv rad grupe autora (Kobti) koji su željeli modelirati razvoj kulture u regiji Mesa Verde, koja se nalazi na teritoriju današnje američke savezne države Colorado, u razdoblju od 900. do 1300. godine. Naime, krajem tog perioda indijanska kultura koja je postojala na tom području počela je nestajati, a razlog njezinog nestanka još uvijek nije u potpunosti razjašnjen. Navedena grupa stručnjaka različitih područja modelirala je razvoj kulture tog područja pomoću agenata koji su predstavljali populaciju, dok su kulturni algoritmi iskorišteni kao način za što vjernije simuliranje promjena unutar te populacije vodeći računa o promjenjivim prirodnim uvjetima.

Prof. Kohler, antropolog, u svome prijašnjem radu već je istraživao navedeni problem i zajedno s grupom istraživača napravio simulaciju ranog naselja Anasazi i poljoprivrednih tehnika koje su se koristile. Cilj tog modela bio je pronalazak pristupa koji bi omogućio razumijevanje razloga koji su doveli do njihovog nestanka na području regije Mesa Verde, uzevši u obzir sva znanja koja su dostupna iz područja arheologije, kao i znanja o okolišu. Bitan faktor koji je zasigurno utjecao na nestajanje kulture koja je postojala jest količina padalina, budući da izravno utječe na poljoprivrednu proizvodnju koja je osnova postojanja svake kulture. Cilj je svakako otkriti koji su još faktori osim količine padalina bili važni za razvoj, tj. propadanje kulture. Kasnije je takav model proširen kulturnim algoritmima gdje se naglasak stavio na modeliranje društvene interakcije među agentima i usvajanje znanja o kulturi. Temeljni parametar koji je u radu korišten i u odnosu na koji su se modelirale sve promjene jest radijus pretraživanja i radijus kretanja. Dakle, tim parametrom smo odredili najveću udaljenost na koju se nova obitelj može odmaknuti u odnosu na početnu. Ovakav, načelno jednostavniji model, kasnije su autori proširili u svom slijedećem radu, no svakako je dobra polazna točka za istraživanje primjene kulturnih algoritama.

Prostor vjerovanja, koji se, kako je navedeno u prethodnom poglavlju, može podijeliti u pet osnovnih kategorija, u radu grupe autora zamišljen je tako da obuhvaća sve navedene kategorije. Tako primjerice pretpostavljamo da agenti mogu pristupiti znanju o raspodjeli plodne zemlje, što je topografsko znanje, zatim da imaju na raspolaganju podatke o padalinama u prošlosti (znanje o prošlosti), te informacije o sadnji i žetvi (znanje o domeni). No, za sam rad najbitnije su preostale dvije kategorije znanja; normativno i situacijsko. Situacijsko znanje možemo gledati kao pogled na stanje u svijetu koji okružuje agenta. Svijet je u ovom slučaju slijed situacija koje su povezane društvenim ponašanjem. S druge strane, normativno znanje opisuje prihvatljivo ponašanje agenta, odnosno ograničava njegove akcije. To su standardi koji se koriste za kvalifikaciju ponašanja nekog agenta kao poželjnog ili

nepoželjnog. Zanimljivo je da starije jedinke usvajaju više normativnog znanja, dok mlađe obično usvajaju više situacijskog znanja.

Agenti koje promatramo zapravo su kućanstva unutar područja Mesa Verde, pri čemu se svako kućanstvo sastoji od nekoliko jedinki različite dobi i spola. Varijabla dobi je bitna u određivanju prikladnosti jedinke za stvaranje novog kućanstva, kao i u određivanju ukupne potrošnje hrane te jedinke, dok je varijabla spola bitna kod stvaranja novog kućanstva, ali i općenito kod stvaranja novih rodbinskih veza među jedinkama. Svako kućanstvo u mreži akumulira svoje vlastito situacijsko znanje, koje kasnije komunikacijom preko čitave društvene mreže postaje zajednički prostor vjerovanja. Svaki agent raspolaže određenim znanjem koje se sastoji od polja različitih parametara, koji se prilagođavaju s obzirom na trenutni prostor vjerovanja čitave populacije. S druge strane, taj isti prostor vjerovanja mijenja se pod utjecajem iskustava agenata. Sljedeća slika prikazuje pseudokod ovakvog algoritma (Kobti).

**Započni**

 godina = prva\_godina;

 inicijaliziraj POP(godina);

 inicijaliziraj BLF(godna);

 ponavljaj

 {

 evaluiraj POP(godina);

 glasaj(BLF(godina), prihvati(POP(godina));

 prilagodi(BLF(godina));

 unaprijedi(POP(godina), utječi(BLF(godina)));

 godina = godina + 1;

 odaberi POP(godina) iz POP(godina - 1);

 }

 dok(godina == zadnja\_godina);

**Kraj**

Slika 2: Pseudokod korištenog kulturnog algoritma

Najvažniji parametri algoritma su radijus kretanja, koji određuje najveću udaljenost moguće nove lokacije agenta, zatim frekvencija preseljenja, koja određuje koliko često se agent treba seliti (standardno svake godine), te okidač preseljenja koji određuje treba li se agent preseliti ili ne (vjerojatnost).

Normativno znanje, kao što je prethodno več rečeno, može se prikazati kao skup dozvoljenih vrijednosti pojedinih parametara. Do graničnih vrijednosti dolazimo tako da uzimamo u obzir sve prihvatljive jedinke i poredamo ih prema veličini parametra kojeg analiziramo. Najmanja vrijednost parametra biti će tada postavljena kao donja, a najveća vrijednost kao gornja granica. Ako u slijedećim koracima nova granica bude izvan prethodnog intervala on se proširuje (generalizacija), a ako bude unutar njega on se sužava (specijalizacija). Takve prilagodbe prihvatljivih intervala događaju se samo ako su rezultati novih intervala bolji od rezultata starih, inače se granice ne mijenjaju.

Kako bi se što jednostavnije i jednoznačnije definirala srodstva jedinki ali i veze između agenata (kućanstava), definirana su određena pravila za sklapanje braka, kao i za formiranje novih kućanstava. Kod ovih radnji poštuju se sljedeća pravila:

1. postoji globalna baza "slobodnih partnera", dakle jedinki koje nisu u braku, a mogu ući u njega, kako bi ostale slobodne jedinke to mogle vidjeti,

2. novorođenim jedinkama dodijeljen je spol,

3. jedinka traži partnera s određenom vjerojatnošću kada uđe u definiranu dobnu skupinu prema određenim ograničenjima, a to je da ne može sklopiti brak s jedinkama iz istog kućanstva, kao ni onima iz kućanstava daljih od predefiniranog radijusa, a kada jedinke uđu u brak njihova oznaka se povuče iz navedene liste,

4. početna lokacija novog kućanstva neka bude ona produktivnijeg roditelja,

5. treba provjeriti zadovoljavanje ograničenja o broju članova kućanstva, te u slučaju da je ono premašeno zanemariti prethodni kriterij.

U stvaranju društvene mreže između agenata, pri čemu se svakog agenta čine roditelji i djeca, bitno je da se očuvaju poveznice između kućanstva roditelja i novonastalih kućanstava njihove djece kada se ona odsele, ali i poveznice između kućanstava koje povezuju dalje rodbinske veze(braća i sestre). Takva društvena mreža pomaže u stvaranju povezane zajednice, tj. čitave kulture na jednom ograničenom prostoru. Najbolji način za ostvarivanje mreže su oznake (engl. *tag*) koje su jedinstvene za svako kućanstvo, pri čemu ih možemo zamisliti kao prezime. Te oznake omogućavaju povezivanje kućanstva prema prethodnim načelima. U Tablici 1 navedene su osnovne oznake koje se koriste za povezivanje kućanstava.

|  |  |
| --- | --- |
| ParentHHTagA | veza s kućanstvom roditelja s majčine strane |
| ParentHHTagB | veza s kućanstvom roditelja s očeve strane |
| ChildHHTag | veza s kućanstvom djeteta koje se odseli  |
| RelativeHHTag | veza s kućanstvom člana proširene obitelji |

Tablica 1: Opisnici pohranjenih veza

Društvena mreža koju dobivamo stvaranjem ovakvih veza je dinamička i konstantno se mijenja i unaprjeđuje novim vezama između agenata. Također je prilagodljiva i omoguće dodavanje novih veza po potrebi, primjerice susjedskih.

Za analizu dobivene mreže najbolje je prikazati veze grafom na način da je lokacija agenta predstavljena točkom, a veza između agenata bridom koji povezuje dvije točke. Ovakav prikaz omogućava jednostavno uočavanje prostorne raspodijeljenosti agenata, kao i gustoće njihovih međusobnih veza.

Testiranje simulacije osmišljene prema navedenim idejama izvršeno je u više navrata i s različitim vrijednostima radijusa kretanja agenata. Pokrenuta je za razdoblje od 900. do 1300. godine budući da su u tom razdoblju postojala naselja na području regije Mesa Verde. Radijus kretanja agenata bio je postavljen na različite vrijednosti od 10 do 30 piksela, ovisno o simulaciji. Za usporedbu se, među ostalim vrijednostima, koristio opseg mreže, koji je definiran kao suma svih veza povezanih sa svakim prisutnim agentom. Rezultati simulacija pokazuju da je u mrežama s manjim radijusom kretanja agenata očekivano došlo do veće gustoće agenata, ali i većeg broja njihovih međusobnih veza, kao i nešto veće populacije. S druge strane, u mrežama s većim radijusom njihova gustoća je manja i raspoređeni su po nešto većem području. Kada uslijed promjene prirodnih uvjeta (smanjenja količine padalina) dođe do pada populacije, taj pad je znatno veći kod populacije s manjim radijusom kretanja. Naime, u tim uvjetima populacija za vrijeme veće količine padalina znatnije raste na ograničenom području, a kada ta količina padne velika koncentracija agenata zapravo je nedostatak i tada je prednost njihova veća raspršenost koja se postiže povećamo li radijus kretanja.

# Zaključak

Kulturni algoritmi su u odnosu na ostale tehnike evolucijskog računarstva, a posebno genetske algoritme s kojima ih je najlakše usporediti, puno manje zastupljeni i prepoznati kao način rješavanja problema. Ova tehnika je u odnosu na genetske algoritme kompleksnija i samim time pruža dodatne mogućnosti, ali istovremeno može nepotrebno komplicirati rješavanje jednostavnijih problema. Uz optimizacijske probleme najčešće se koristi za rješavanje specifičnijih problema kao što je modeliranje kulturnog razvoja.

Na obrađenom primjeru, koristeći kulturne algoritme, identificirani su mogući razlozi nestanka indijanske populacije u regiji Mesa Verde. Autori su pokazali kako povećan radijus kretanja agenata uzrokuje manju veličinu ukupne populacije agenata, te rjeđu društvenu mrežu među njima. S druge strane, manji radijus kretanja uzrokuje zbijeniju prostornu distribuciju agenata i njihovu gušću društvenu mrežu. Jedan od zaključaka je također i da je utjecaj suše posebno opasan za najpovezanije agente koji služe kao čvorovi društvene mreže i o kojima ona ovisi. Razdoblja suše tako utječu na smanjenje složenosti i povezanosti mreže Dakle, nije sama suša uzrok tolikog smanjenja populacije, već to što se ona dogodila u vrijeme dok je sustav bio u prijelaznom razdoblju i nije se mogao nositi s njom.

# Literatura

[1] Kroeber, A. L. and Kluckhohn, C. *Culture: A Critical Review of Concepts and Definitions.* 1952.

[2] Kobti, Z., Reynolds, R. G., Kohler, T. *Agent-Based Modeling of Cultural Change in Swarm Using Cultural Algorithms*.

[3] Kobti, Z., Reynolds, R. G., Kohler, T. *A Multi-Agent Simulation Using Cultural Algorithms: The Effect of Culture on the Resilience of Social Systems*. IEEE Congress on Evolutionary Computation December 5-12, 2003, Canberra, Australia.

[4] Reynolds, R.G. *An Introduction to Cultural Algorithms*. 1998.

[5] Franklin, B., Bergerman, M. *Cultural Algorithms: Concepts and Experiments*. Proceedings of the 2000 Congress on Evolutionary Computation, USA, vol. 2, pp. 1245—1251, 2000.

[6] Reynolds, R.G., Peng, B. *Cultural Algorithms: Computational Modeling Of How Cultures Learn To Solve Problems: An Engineering Example*. Cybernetics and Systems 01/2005.

# Sažetak

U ovom seminarskom radu dan je pregled kulturnih algoritama kao jedne od tehnika evolucijskog računarstva koju možemo gledati i kao nadogradnju genetskih algoritama. Ukratko je opisana sama tehnika, a naglasak je u opisu stavljen na prostor vjerovanja (eng. belief space), što je specifičnost kulturnih algoritama i ono po čemu se najviše razlikuju od ostalih tehnika evolucijskog računarstva. Uz prostor vjerovanja osnova kulturnih algoritama je i populacija jedinki, koju pak susrećemo i kod ostalih tehnika evolucijskog računarstva. Komunikacija među jedinkama, čija je specifičnost dvostruko nasljeđivanje(genetskog materijala jedinki prethodne generacije i zajedničkog prostora vjerovanja) posebno je pojašnjena. U drugom dijelu rada navedena je i opisana primjena kulturnih algoritama na rješavanje stvarnih problema, primjerice na modeliranje promjena u kulturi simulirajući indijansko selo na području jugozapada današnje države Colorado u SAD-u.