

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 6296

Primjena sustava LCS na klasifikacijske probleme

Matija Bertović

Zagreb, svibanj 2019.

Umjesto ove stranice umetnite izvornik Vašeg rada.
Kako biste uklonili ovu stranicu, obrišite naredbu \izvornik.

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Pregled područja	2
2.1. Hollandov LCS	3
2.2. Wilsonov ZCS	3
2.3. Wilsonov XCS	3
3. Opis problema	4
4. Opis algoritama	5
5. Rezultati	8
6. Zaključak	9
Literatura	10

1. Uvod

Ljudi često prilikom zaključivanja i rješavanja problema koriste znanje već stečeno susrećući se sa jednostavnijim problemima unutar sličnog područja.

2. Pregled područja

LCS sustavi su sustavi temeljeni na pravilima. Sustav se sastoji od skupa određenog broja pravila koja zajedno rješavaju neki problem. Pravila su najčešće u obliku "**AKO** uvjet **ONDA** akcija". Problemi su najčešće takvi da je prostor pretraživanja jako velik i nije moguće doslovno naučiti svaki primjer, nego je potrebna sposobnost generaliziranja. Prilikom istraživanja novih pravila koriste se tehnike evolucijskog računarstva.

Evolucijsko računarstvo bavi se algoritmima pretraživanja temeljenima na prirodnoj selekciji. Ideja ovog pristupa je da se od početne proizvoljno generirane populacije jedinki, postupcima prirodne selekcije, križanja i mutacije, postupno generiraju bolje i prilagođenije jedinke. Detaljna razrada evolucijskog računarstva ne ulazi u opseg ovog rada, stoga on neće ovdje biti opisan. Više informacija čitatelj može pronaći u (Eiben i Smith, 2015).

Prilikom rada LCS sustava, pravila djeluju zajedno, ali neka su bolja i imaju veću sposobnost generalizacije od drugih. Prilikom određivanja koliko je koje pravilo *dobro* koristimo potporno učenje.

Potporno učenje je učenje temeljeno na pokušajima, nakon kojih sustav dobije određenu brojčanu nagradu. U ovisnosti o nagradi, sustav podešava svoje parametre s ciljem povećavanja buduće nagrade te se na taj način prilagođava problemu kojeg rješava. Detaljan opis postupaka potpornog učenja također izlazi iz opsega ovog rada, stoga čitatelj više informacija može pronaći u (Sutton i Barto, 1998).

Dva glavna pristupa u implementaciji LCS sustava su *Michigan-Style* LCS i *Pittsburgh-Style* LCS. Glavna razlika je u tome što *Pittsburgh-Style* LCS sustav koristi više skupova pravila, od kojih je svaki od tih skupova moguće konačno rješenje, a genetski algoritam djeluje na jednom cijelom skupu pravila. S obzirom da *Pittsburgh-Style* LCS nije tema ovog rada, u nastavku je dan detaljniji opis *Michigan-Style* LCS sustava.

Michigan-Style LCS (u nastavku samo LCS) sustav prvi je formalizirao John Holland i u suradnji sa Judith Reitman dao njegovu implementaciju. S obzirom na složenost originalnog LCS sustava, malo jednostavniju i razumljiviju verziju dao je Stewart W. Wilson pod nazivom ZCS ("*zeroth-level*" classifier system). Nakon toga, Wilson je uveo još jednu verziju LCS sustava pod nazivom XCS, u kojemu je promijenio način na koji se računa *fitness* pojedinih pravila. U nastavku slijedi opis navedenih verzija LCS sustava, koji se detaljnije može

pročitati u (Bull, 2004).

2.1. Hollandov LCS

2.2. Wilsonov ZCS

2.3. Wilsonov XCS

3. Opis problema

4. Opis algoritama

Prilikom razrade ovog sustava, bilo je potrebno ostvariti iskorištavanje znanja već naučenog na jednostavnijim problemima. Klasični bitovi uvjeta u ranije opisanim pravilima nam to onemogućavaju. Iz tog razloga, svaki bit uvjeta zamijenjen je programskim isječkom, koji ovisno o ulazu, vraća 0 ili 1. Takav XCS sustav, koji koristi programske isječke umjesto uvjetnih bitova, naziva se XCSCFC¹. Na taj način, prilikom stvaranja novih pravila, ona mogu sadržavati programske isječke izvučene iz pravila koja su rješavala jednostavniji problem u istoj domeni. Prilikom preuzimanja programskih isječaka, u obzir dolaze samo precizna i iskusna pravila čiji *fitness* je veći od prosječnog unutar te populacije pravila. (Iqbal et al., 2014)

U ovom radu, isječci koda su modelirani binarnim stablima duljine do najviše 2, što znači da možemo imati najviše 7 čvorova. Set funkcija koje čvorovi mogu obavljati je $\{AND, OR, NAND, NOR, NOT\}$. U primjerima, te će se funkcije redom označavati sa $\&, |, d, r, \sim$. Skup mogućih završnih čvorova pojedinog binarnog stabla je $\{D_0, D_1, \dots, D_{n-1}\}$, gdje n predstavlja duljinu ulaza dobivenog od okoline. Svaki završni čvor predstavlja točno jedan bit ulaza. Svaki isječak koda na ulaz dobije cijeli ulaz dobiven od okoline, a na izlaz vraća rezultat operacija koje se nalaze u čvorovima stabla. Na slici 4.1 prikazan je primjer jednog takvog binarnog stabla koje vraća rezultat operacije $D_3D_1dD_0D_1|\&$. Operacija je zbog jednostavnosti prikazana u *postfix* obliku. Iz slike također vidimo da se u binarnom stablu ne moraju pojavljivati svi bitovi ulaza, a također i da se pojedini bitovi mogu pojavljivati više puta.

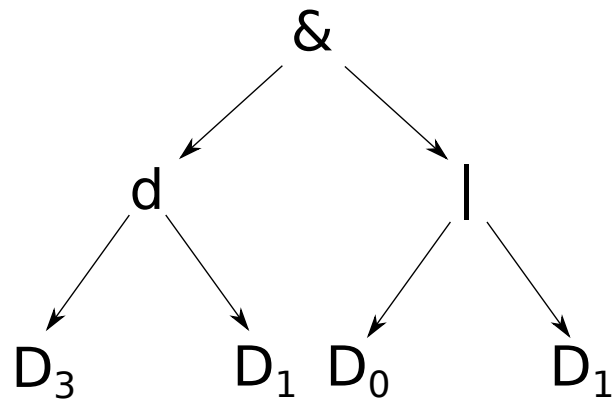
Potreban je i isječak koda koji označava *don't care* simbol, a koji će za svaki niz bitova koje dobije na ulazu vratiti 1. On je prikazan na slici 4.2 i označava operaciju $D_0D_0 \sim |$, a preuzet je iz (Iqbal et al., 2014).

U *Explore* načinu rada, na početku od okoline dobijemo ulazni podatak s . U ovisnosti o s , formira se *match set* $[M]$. $[M]$ se sastoji od svih pravila iz populacije $[P]$ koja odgovaraju ulazu s .

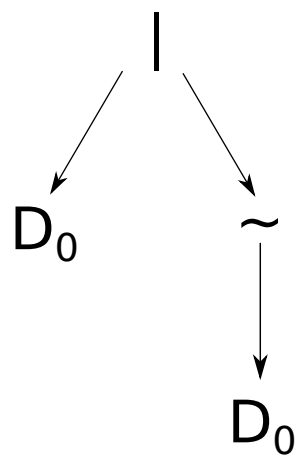
Za pravilo cl^2 kažemo da odgovara ulazu s , ako svaki isječak koda za zadani ulaz s na

¹Kratice dolazi od engleskog "XCS with code-fragment conditions".

²Od engleskog "Classifier"



Slika 4.1: Primjer programskog isječka prikazanog binarnim stablom.



Slika 4.2: Isječak koda korišten kao *don't care* simbol.

izlazu daje 1.

5. Rezultati

6. Zaključak

LITERATURA

- Larry Bull. *Learning Classifier Systems: A Brief Introduction*, stranice 1–12. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2004. ISBN 978-3-540-39925-4. doi: 10.1007/978-3-540-39925-4_1. URL https://doi.org/10.1007/978-3-540-39925-4_1.
- A. E. Eiben i James E. Smith. *Introduction to Evolutionary Computing*. Springer Publishing Company, Incorporated, 2nd izdanju, 2015. ISBN 3662448734, 9783662448731.
- M. Iqbal, W. N. Browne, i M. Zhang. Reusing building blocks of extracted knowledge to solve complex, large-scale boolean problems. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 18(4):465–480, Aug 2014. ISSN 1089-778X. doi: 10.1109/TEVC.2013.2281537.
- Richard S. Sutton i Andrew G. Barto. *Introduction to Reinforcement Learning*. MIT Press, Cambridge, MA, USA, 1st izdanju, 1998. ISBN 0262193981.

Primjena sustava LCS na klasifikacijske probleme

Sažetak

Sažetak na hrvatskom jeziku.

Ključne riječi: Ključne riječi, odvojene zarezima.

Application of LCS on Classification Problems

Abstract

Abstract.

Keywords: Keywords.