

# Oponentský posudok diplomovej práce

Univerzita Karlova v Prahe, Matematicko-fyzikálna fakulta

Názov diplomovej práce: Testování učení restartovacích automatů genetickými algoritmy  
Autor(ka): Bc. Lenka Kovářová  
Vedúci diplomovej práce: RNDr. František Mráz, CSc.  
Študijný program / obor: Informatika / Teoretická informatika

Témou diplomovej práce (ďalej len DP) bolo *vylepšiť evolučný algoritmus* (ďalej len EA) učenia reštartovacích automatov (ďalej len RA) pridaním podpory pre *nové špeciálne pravidlá*, ktorých cieľom je napomáhať samotnému procesu učenia daného formálneho jazyka. Jednalo sa výhradne o gramatickú inferenciu RA na základe pozitívnych a negatívnych príkladov z cieľového jazyka. Samotný EA a použité modely RA boli prevzaté z diplomovej práce Stanislava Basovníka: "Learning Restricted Restarting Automata using Genetic Algorithms." Hlavným prínosom DP bolo rozšírenie pôvodného EA o tzv. *generátor nových pravidiel*, ktorý umožňuje užívateľovi špecifikovať štruktúru nových pravidiel, ktoré potom napomáhajú procesu učenia. Okrem toho je tiež možné nastaviť široké spektrum parametrov učenia. Súčasťou práce je tiež *testovací framework*, ktorý do značnej miery zjednodušuje samotný proces testovania úspešnosti učenia RA pre rôzne nastavenia parametrov a rôzne formálne jazyky.

## Štruktúra práce

V prvej polovici DP autorka oboznamuje čitateľa s problematikou evolučných algoritmov nasledovanou stručným úvodom do teórie formálnych jazykov, kde zároveň definuje všetky použité (tzv. lokálne obmedzené) modely RA. Následne autorka podrobne popisuje fungovanie pôvodného EA použitého na učenie RA na základe pozitívnych a negatívnych príkladov. V samostatnej kapitole je uvedené samotné jadro práce, tj. *generátor nových pravidiel*, syntax týchto pravidiel (pripomínajúca tak trochu regulárne výrazy), a spôsob, akým je tento generátor zasadený do kontextu pôvodného EA.

V druhej polovici DP je podrobne popísaný *testovací framework*, pričom sú detailne rozpísané všetky parametre systému, zoznam všetkých dostupných formálnych jazykov, a všetky preddefinované sady pravidiel, ktoré je možné použiť pri testovaní. Následne je tento framework použitý na porovnanie a vyhodnotenie učenia na všetkých dostupných formálnych jazykoch, pričom autorka vhodne zvolila 6 rôznych nastavení parametrov systému. Bolo skúmaných niekoľko *kritérií* (rozdelenie fitness funkcie, úspešnosť rozpoznávania pozitívnych / negatívnych príkladov, doba evolúcie) a to ako na tréningovej, tak aj na testovacej vzorke slov z jazyka. Výsledky sú prehľadne zobrazené v rozsiahlej sade asi 40 grafov, znázorňujúcich prevažne boxploty z jednotlivých kritérií pre jednotlivé jazyky. Autorka následne zvolila jeden konkrétny jazyk a podrobne na ňom otestovala učenie RA, na ktorom (okrem iného) demonštrovala aj

úspešnosť svojho generátora nových pravidiel v porovnaní s pôvodným EA.

V závere DP autorka vyhodnocuje výsledky získané z experimentov a na základe grafov formuluje príslušné závery.

V prílohe DP je stručná užívateľská dokumentácia, ktorá umožňuje čitateľovi zreprodukovať vyššie uvedené experimenty. Taktiež je tu stručne popísane, ako modifikovať, resp. rozšíriť zdrojový kód systému o podporu nových jazykov, nové sady pravidiel atď. a zhotoviť tak vlastné experimenty.

## Pozitíva

- Práca je napísaná stručne a zrozumiteľne.
- Práca je rozumne štruktúrovaná a systematická.
- Hlavný prínos práce je generátor nových pravidiel, ktorý zlepšuje učenie RA, a testovací framework, ktorý zjednodušuje proces testovania.

## Negatíva

- Drobná výhrada k typografickému spracovaniu práce: pravdepodobne nebol použitý LaTeX, mnohé matematické vzorce nevyzerajú opticky príliš dobre.
- Strana 9: Nebolo nutné odvodzovať vzťah pre súčet geometrického radu. Jedná sa o elementárnu záležitosť z matematickej analýzy.
- Strana 10: Nebolo nutné dokazovať, že  $\lim (1-p)^n = 0$ , pre  $0 < p < 1$ . Je to triviálne.
- Strana 11, riadok 13 a 17: Symbol  $p$  nie je definovaný, treba použiť  $p_i$ .
- Strana 14, prvý odstavec: Preformulovať. Sú to použité nedefinované pojmy (redukčná analýza, reštartovací automat), ktoré nemusia byť čitateľovi zrejmé pri prvom čítaní.
- Strana 14, riadok 8: Prepísať "motivaci" na "motivace".
- Strana 18, riadok 6: Je tu (tak ako vo zvyšku DP) použitý neštandardný symbol na označenie prázdnej množiny:  $\{\}$ .
- Strana 19, riadok 12 a 16: Takto definovaná gramatika sa nazýva "length-increasing context sensitive grammar" a generuje triedu jazykov GACSL (growing acyclic context sensitive languages), tj. nie GCSL (growing context sensitive languages). Rastúce kontextové jazyky GCSL sú generované tzv. rastúcimi kontextovými gramatikami (growing context sensitive grammars), ktoré však majú mierne obcenejšiu definíciu (umožňujú všetky produkcie tvaru  $u \Rightarrow v$ , kde  $|u| < |v|$ ). Obecne platí, že GACSL je podmnožinou GCSL, avšak rovnosť je otvoreným problémom.
- Strana 19, riadok -3: V definícii chýba významný predpoklad: meta-inštrukcie musia byť skracujúce (length-reducing).
- Strana 21, riadok 4: Je zvolená nešťastná formulácia: predpoklady o jednotlivých slovách by mali byť umiestnené až za pravidlá (meta-inštrukcie). Inak vzniká dojem, že sú tieto slová fixované pre všetky pravidlá.
- Strana 21, riadok 4: Opäť chýba významný predpoklad, že pravidlá (meta-inštrukcie)

musia byť skracujúce (length-reducing). Bez tohto predpokladu by neboli pravdivé všetky tvrdenia uvedené nižšie, týkajúce sa jednotlivých tried jazykov.

- Strana 22: V úvode kapitoly 3 nie je uvedená významná referencia na prácu Stanislava Basovníka: “Learning Restricted Restarting Automata using Genetic Algorithms,” z ktorej je prakticky komplet prevzaté učenie reštartovacích automatov pomocou evolučných algoritmov.
- Strana 22, riadok 2: Prepísať “uveden” na “je uveden”.
- Strana 33, riadok 5: Prepísať “Parametru” na “Parametry”.
- Strana 37, riadok -10: Prepísať “požadované” na “požadovanému”.
- Strana 37, riadok -3: Prepísať “ďalších” na “ďalší”.
- Strana 46, riadok -6: Prepísať “délka” na “délku”.
- Strana 46, riadok -5: Prepísať “existovala” na “existovalo”.
- Strana 50, riadok -1: Prepísať “fintessfunkce” na “fitness funkce”.
- Autorka vyhodnocuje výsledky experimentov na základe (pre tento účel špeciálne navrhnutých) grafov: na ose x sú vedľa seba vyznačené jazyky (presnejšie ich číselné označenie), na ose y je ku každému jazyku znázornený boxplot z vopred zvoleného kritéria. Všetky výsledky a závery v DP sú sformulované na základe týchto grafov. Moja osobná výhrada voči takémuto prístupu je tá, že hodnotenie grafov môže byť do značnej miery subjektívne. Štandardne sa v takýchto situáciách postupuje tak, že sa najskôr sformulujú nulové (a k nim alternatívne hypotézy), ktoré sa potom buď zamietnu, alebo nezamietnu v závislosti na výsledkoch vhodne zvolených štatistických testov.
- Pri zostavovaní experimentov mi tak trochu chýbalo porovnanie rôznych modelov RA, ich deterministické, resp. nedeterministické verzie, a použitie pomocných symbolov. Použitý bol iba najobecnejší deterministický model bez pomocných symbolov (viď strana 47).
- Výhrada k implementácii testovacieho systému: Spôsob rozšírenia sady pravidiel (viď strana 50) je *dopísanie kódu do novej vetvy vo switch príkaze* (podľa názvu novej sady pravidiel). Takýto prístup je nemodulárny, núti užívateľa meniť zdrojový kód, a navyše je proti zásadám objektového programovania. To isté sa týka aj doplnenia nového jazyka. Sady pravidiel by mohli byť umiestnené vo zvláštnom adresári ako textové súbory a taktiež jazyky by mohli byť takto uložené. Jazyky sú síce obecné nekonečné, ale v celom programe sa aj tak pracuje iba s ich konečnými podmnožinami.

## Záver

Autorka preukázala schopnosť aplikovať poznatky z oblasti evolučných algoritmov pri návrhu uceleného testovacieho systému, určeného na experimentálne porovnanie rôznych nastavení parametrov. Pozitívne pôsobí systematický prístup pri návrhu a vyhodnotení pomerne rozsiahlej sady experimentov. Práca pôsobí ucelene a je dotiahnutá do konca. Podľa môjho úsudku **predložená práca vyhovuje zadaniu a odporúčam jej uznanie ako diplomovej práce.**

V Prahe dňa 18.01.2012  
Peter Černo