

Examiner's report of doctoral thesis

Author: Ing. Lukáš Kouřil

Title: Evolutionary Synthesis of the Turing Machine's Rules

Examiner: doc. RNDr. PaedDr. Eva Volná, PhD.
University of Ostrava

Objectives of the thesis and their fulfilment

A given doctoral thesis is focussed on possibilities of artificial intelligence utilization for Turing machine programming. SOMA and differential evolution were used as selected methods for Turing machine transition function's rules synthesis. Chosen methods can be considered as fully competent and it is sufficient for purposes and objectives of the PhD thesis. The given thesis has fulfilled its main objectives and its topic is up to date.

Benefits in the field of knowledge

There is a multidisciplinary approach applied in the thesis, which is related to the three areas: automata theory, artificial intelligence, and bioinformatics. The main author's benefit represents his new proposal for artificial intelligence utilization in area of theoretical informatics, which was experimentally verified. Experimental results bring a new view into the field of Turing machine programming using evolutionary techniques.

The proposed procedures and methodologies are supported by copious publications of the doctoral student. In the years 2009-2012, he published 21 articles in journals and at international conferences and workshops.

Benefits in the field of social practice

The author created an application, which demonstrates that the proposed approach is suitable for protein processing by Turing machine. It is obvious that the proposal is based on good author's knowledge and experience with an implementation of similar problems in practice.

Formal arrangement

The doctoral thesis has 82 pages and two appendixes. The whole thesis is written in English. The thesis is written and structured in a logical and well arranged way. Its text is presented at an appropriate level of expertise and it is compact, only some of the images are not of adequate quality (e.g. Fig. 6.2 or 6.10).

Questions and comments

1. I totally miss state of art in the thesis. Could you briefly specify whether a given issue has been solved by other softcomputing methods too?

2. Have you verified the proposed method in the framework of other experimental studies? If so, what results have been achieved?

Conclusion

The submitted thesis fulfils the requirements for a doctoral thesis, both in terms of theoretical - methodological level, so the usefulness in practice. The thesis contains the original results.

I recommend the thesis to the defence before the relevant commission. Based on the thesis, I suggest the academic and scientific degree "Doctor Philosophiae" (Ph.D. abbreviation) to confer to Ing. Lukáš Kouřil after successfully defending of his thesis.

Ostrava, 21 September 2012


Doc. RNDr. PaedDr. Eva Volná, PhD.

Oponentský posudek disertační práce

Název práce: **Evolutionary Synthesis of the Turing Machine's Rules**

Autor práce: Ing. Lukáš Kouřil

Oponent: doc. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.

Oponentský posudek se vyjadřuje k práci v těchto bodech:

- *aktuálnost tématu*
- *splnění stanoveného cíle*
- *vhodnost zvolených metod zpracování*
- *dosažené výstupy a jejich přínosy pro praxi*
- *výsledky práce ve vztahu k rozvoji vědy a oboru*

Práce se zabývá možností využití umělé inteligence pro programování Turingova stroje. Je založena na využití Diferenciální evoluce a Samo-organizujícího se migrujícího algoritmu (jako vybraných metod umělé inteligence) pro syntézu pravidel přechodové funkce Turingova stroje.

Dizertační práce je složena ze čtyř částí.

První představuje úvod do konečných automatů, mezi které patří i Turingův stroj. Seznamuje také s vybranými algoritmy umělé inteligence, s Diferenciální evolucí a Samo-organizujícím se migrujícím algoritmem.

Druhá část představuje dva navržené přístupy k syntéze (nebo také optimalizaci) pravidel Turingova stroje. Těmito přístupy jsou „klasická optimalizace“ a „optimalizace po částech“. Oba tyto přístupy se zásadně liší jeden od druhého, přičemž každý z těchto přístupů má své výhody i záporny, které zároveň určují i jejich využití. Oba přístupy jsou v práci podrobně popsány.

Ve třetí části disertační práci autor představil tři vybrané elementární problémy: unární součet, problém dělitelnosti beze zbytku celým číslem a problematiku detekce prvočísla. Problémy jsou dle autora využity jako vzorové úlohy pro Turingův stroj, jehož pravidla chce zjistit pomocí navržených přístupů. Toho je následně využito pro analýzu závislosti procesu optimalizace pravidel na různém nastavení Diferenciální evoluce a Samo-organizujícího se migrujícího algoritmu. Tato analýza je vnímána jako zcela zásadní pro čtvrtou část, která představuje praktické využití navržených přístupů k programování Turingova stroje pomocí umělé inteligence.

Pro praktické ověření bylo zvoleno zpracování proteinů pomocí Turingova stroje. Proteiny jsou v tomto případě míněny primární proteinové struktury. Evoluční syntéza pravidel Turingova stroje je demonstrována na celkem dvanácti vybraných primárních proteinových strukturách, lišících se svou délkou. Tato problematika, jak je popsáno v textu je natolik komplexní, že ji lze považovat jako dostatečný způsob ověření správné činnosti přístupů k evoluční syntéze pravidel Turingova stroje, jimiž se tato dizertační práce zabývá.

Kvalita práce je podtržena implementací připomínek vzniklých při interní obhajobě, která celkově zvýšila výstupní úroveň.

Aktuálnost tématu:

Práce patří do zájmové oblasti Ústavu informatiky a umělé inteligence FAI UTB. Je tématem aktuálním, řeší teoretické vědecké i praktické – aplikační oblasti využití umělé inteligence (část 3. a 4.)

Splnění stanoveného cíle:

Práce svůj cíl z mého pohledu splnila plně. Autor prokázal schopnost vědecky pracovat a přinesl vědecky hodnotné výsledky, které jsou (mohou být) využitelné i prakticky.

Vhodnost zvolených metod zpracování:

Uvedený způsob řešení problému je pro daný úkol vhodný a jeví se mi jako optimální. Metody uvedené v kapitole 8 odpovídají požadovanému cíli.

Dosažené výstupy a jejich přínos pro praxi

Výstupy práce potvrzují perspektivnost využívání metod umělé inteligence pro řešení složitých problémů a otevírají další praktické možnosti (kap. 9)

Výsledky práce ve vztahu k rozvoji vědy a oboru

Práce jednoznačně rozvíjí zkoumanou oblast a její závěry – výstupy představené v kapitole 10 jednoznačně definují přínosy práce.

Kladené otázky:

Kde je možné, vedle v práci uvedeného praktického příkladu, využít získané poznatky?

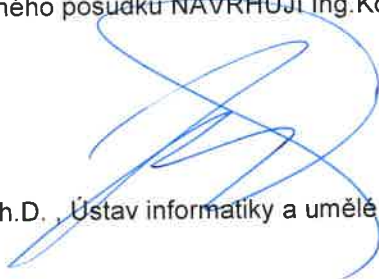
Je možno zvýšit přesnost dílčích výsledků? Je počet iterací pro uvedené výstupy dostatečný, nebo je limitní?

Nalezl jste hranice použitelnosti zvolených algoritmů?

Na základě zde vypracovaného posudku NAVRHUJI Ing. Kouřilovi udělit akademický titul „PhD.“

Ve Zlíně dne 20.9.2012

doc. Mgr. Roman Jašek, Ph.D., Ústav informatiky a umělé inteligence, Fakulta aplikované informatiky, UTB ve Zlíně



Posudek dizertační práce
"Evolutionary Synthesis of the Turing Machine's Rules",
kterou na Fakultě aplikované informatiky UTB ve Zlíně předložil
Ing. Lukáš Kouřil

Autor posudku: prof. RNDr. Petr Jančar, CSc.
(katedra informatiky FEI, VŠB-TU Ostrava)

Předložená dizertační práce má zhruba devadesát stran a je psána anglicky. Jak jsem pochopil, cílem bylo prozkoumat možnost automatizované syntézy Turingových strojů (tedy příslušných programů ve formě jednoduchých prepisovacích pravidel) pomocí vybraných evolučních algoritmů, a pak aplikovat tuto syntézu ve vybrané oblasti, v níž může mít takový přístup rozumný smysl.

Autor začíná práci krátkým úvodem, pojednáním o několika souvisejících pracích v literatuře a stručným stanovením cílů práce. Kapitoly 4 a 5 pak mají připomenout základní definice a principy Turingových strojů a dvou vybraných evolučních algoritmů, konkrétně diferenciální evoluce (DE) a samoorganizujícího se migračního algoritmu (SOMA).

Kapitola 6 popisuje dva přístupy, které autor zvolil při procesu transformace Turingových strojů a aplikace evolučních algoritmů. Jeden přístup nazval klasickou optimalizací (jedinec v populaci je celý Turingův stroj, tedy soubor všech pravidel), druhý přístup pak optimalizací po částech (per-partes; zde jsou jedinci jednotlivá pravidla).

Kapitola 7 uvádí několik jednoduchých výpočetních úkolů, na kterých autor uvedené optimalizace zkoušel. Experimentoval přitom s nastavením parametrů příslušných algoritmů (DE a SOMA) a příslušné grafy pak uvedl v kapitole 8. Výsledkem zřejmě mělo být doporučené nastavení těchto parametrů u zamýšlených praktičtějších aplikací.

Kapitola 9 pak má demonstrovat vybranou praktickou aplikaci, konkrétně syntézu Turingových strojů pro zpracování proteinů. Kapitola začíná krátkým úvodem do problematiky z chemického a biologického hlediska, a pak uvádí zhruba dvanáct konkrétních řetězců aminokyselin z literatury, na něž autor navržený postup použil.

Práce končí krátkým závěrem, pak následuje seznam literatury a několik příloh.

Na úvod hodnocení oceňuji, že autor psal anglicky. Práci by ovšem velmi prospěla korekce např. rodilým mluvčím, kromě drobných gramatických chyb (chybějící členy, pořádek slov, apod.) jsou některé "šroubované" věty téměř nesrozumitelné. Nicméně tento nedostatek nevidím jako podstatný.

Obecně lze říci, že téma práce spadá do výzkumné oblasti bioinspirovaných výpočtů, která je celosvětově živá a jistě nalézá i efektivní a jednoduchá řešení problémů, se kterými se standardní metody potýkají. Mezi úspěšné aplikace patří i mnohé problémy týkající se optimalizace, tedy hledání "řešení" v zadaném "prostoru", která jsou optimální či blízka optimálním (vzhledem k nějaké funkci ohodnocující kvalitu řešení).

Rozmach zmíněné oblasti a některé aplikační úspěchy ovšem neznamenají, že každý specifický pokus o použití bioinspirované metody (např. evolučního algoritmu) má sám o sobě dostatečnou výzkumnou hodnotu. Jedním ze standardních předpokladů vzniku kvalitní vědecké práce je přesná specifikace zkoumaného problému a fundovaný přehled standardních (dosavadních) postupů řešení a osvětlení jejich případných nedostatků. Pokud je v

daném případě použití nové metody rozumně motivováno, pak je nutné pečlivé zpracování a vyhodnocení. Z vědeckého hlediska má velmi malou cenu pouhý popis "rozhodl jsem se udělat to a to a vyšlo mi to a to".

V předložené dizertační práci bohužel vidím zásadní nedodržení zmíněných vědeckých standardů. Lze začít u definice Turingova stroje, jednoho ze základních objektů v práci. Jeho definice se objevuje na několika místech, počínaje kapitolou 2 o dřívějším výzkumu. Autor zřejmě vytahuje varianty definice z předchozích prací a uvádí tuto nepodstatnou informaci namísto jasného popisu problémů, které byly řešeny, a výsledků, kterých bylo dosaženo. Definice jsou navíc nekonzistentní (např. v základní definici (4.4.) jsou uvedeny pohyby hlavy L,R, později, např. v 6.2., se pracuje s $-1,0,1$), neúplné (např. ani u konečných automatů není uvedeno, že množina stavů Q je konečná), popis výpočtu Turingova stroje je uveden pouze neformálně a rozvlekle. Totéž je možné říci o konečných automatech, autor pak mj. používá nesrozumitelné (či zavádějící) formulace typu "Turing machines ... belong among representatives of finite automata" (s.22 dole). (Dále např. na s. 25 autor definuje stroj, kde $Q = \{q1, q2\}$, ale níže do pravidel míchá také $p1, p2$, atd. atd.)

Od úvodu (doplněného závěrem) bych standardně očekával solidní přehled o práci, její motivaci, hlavních myšlenkách, dosažených výsledcích; místo toho autor používá rozmáchlé obecné fráze o umělé inteligenci apod. (Také zde se objeví podivná věta "Turing machines ... are a minor of finite automata".)

Spoustu prostoru věnuje autor jednoduchým technickým problémům jako je např. kódování (pravidel) Turingových strojů pomocí číselných vektorů, ale pomíjí exaktní prezentaci toho, co vlastně řeší. Např. v kapitole 7 čtenář může snadno získat dojem, že zadáním několika prvočísel a spuštěním evolučního algoritmu dospějeme rychle k programu (Turingovu stroji), který řeší problém prvočíselnosti (tedy rozhodne o každém zadaném kladném celém čísle, zda je prvočíslem). To by jistě bylo skvělé, zvláště kdybychom měli (téměř stoprocentní) jistotu, že výsledný stroj tento problém opravdu řeší. (Na začátku části 9 se mj. dočteme "Fundamental advantage of using approaches described in chapter 6 is to simply and reliably ensure programming Turing machine for processing even the most complex tasks.") Autor ovšem měl zřejmě na mysli něco jiného, z jeho popisu jsem však nevyrozuměl, co přesně; možná jde pouze o Turingův stroj rozpoznávající (a upravující) jeden konkrétní zadaný řetězec symbolů ?

Pokud šlo např. o sestavení "rozpoznávače" vybraných řetězců (např. aminokyselin), jistě je nejdříve potřeba zmapovat, co je známo např. v oblasti (deterministické) konstrukce konečných automatů pro takový úkol, apod.

Celkově je dle mého názoru práce zpracována na nedostačující úrovni rigorozity, což mně mj. zabraňuje přesně posoudit případný vědecký přínos autorovy výzkumné práce. I kdyby ovšem práce byla rigorózně přepsána, musela by být nutně doplněna o věcný fundovaný přehled jiných možných přístupů a o řádné srovnání výsledků.

V souvislosti s výše uvedeným předloženou dizertační práci **nedoporučuji k obhajobě.**

V Ostravě, 30.9.2012

