

# VŠB – Technická univerzita Ostrava Fakulta elektrotechniky a informatiky

Fakulta elektrotechniky a informatiky  
17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika  
ID datové schránky d3kj88v, tel.: 597 325 898  
spojovatelka:+420 597 321 111  
e-mail: pavel.kromer@vsb.cz, www.vsb.cz, IČ: 61989100, DIČ: CZ 61989100



## Oponentský posudek disertační práce

Předložená disertační práce s názvem „**Modern Methods of Development and Modification of Evolutionary Computational Techniques**“, autora Ing. Michala Pluháčka, je souhrnným představením originálního výzkumu věnovaného použití moderních metod generování stochasticity pomocí metod založených na formálních konceptech deterministického chaosu v rámci široké rodiny bio-inspirovaných (evolučních) algoritmů. Vzhledem ke značnému rozsahu jak třídy evolučních algoritmů, tak možností využití deterministického chaosu autor na začátku výzkumu logicky vymezuje zaměření disertační práce na konkrétní algoritmus z oblasti rojové inteligence, optimalizaci rojem částic (PSO), a využití deterministického chaosu omezuje výhradně na aktualizaci rychlosti částice. Předmětná problematika je v disertační práci, která se skládá z teoretické a experimentální části, komplexně popsána.

Práce je logicky strukturována do dvanácti kapitol, které lze neformálně rozdělit na úvod a teoretickou část, návrh nových algoritmů, experimentální ověření navržených postupů, diskuzi a zhodnocení výsledků. Experimentální ověření je provedeno formou výpočetních experimentů nad v oboru uznávanou sadou testovacích funkcí (CEC Benchmark 2013) a praktickým problémem optimalizace PID kontroléru. Také experimenty jsou logicky strukturované a logicky na sebe navazují. Počáteční experimenty jsou použity pro identifikaci potenciálně efektivních algoritmů (chaotických map) a následuje extenzivní průzkum vhodných parametrů. Autor také experimentálně ověřuje využití více různých (komplementárních) generátorů stochasticity založených na deterministickém chaosu v jediném PSO algoritmu.

Ve druhé části experimentálního oddílu práce je pak načrtnuta generalizace navržených modifikací, založených na deterministickém chaosu, pro algoritmus diferenciální evoluce (DE) a autor navrhuje další modifikaci PSO pojmenovanou Gathering Algoritmus. Experimentální ověření opět demonstruje, že navržené koncepty jsou v konkrétních situacích přínosné a zlepšují výsledky optimalizace. Experimenty, stejně jako jejich výsledky, jsou podrobně popsány a analýza výsledků nevykazuje větších problémů. Jak dokládá publikační portfolio autora, většina navržených konceptů již byla představena mezinárodní vědecké komunitě a úspěšně prezentována na konferencích a v recenzovaných časopisech.

Předložená práce představuje ucelený soubor z výzkumné činnosti autora a jednoznačně přináší nové poznatky oboru evolučních výpočtů. Přes tyto nesporné klady lze však autorovi některé nešvary (často typografického charakteru) vytknout. Předně v práci postrádáme pseudokód PSO a DE, dvou hlavních algoritmů studovaných v rámci výzkumu. Přestože jsou popsány slovně a důležité rovnice jsou uvedeny, strategicky umístěný souhrn obou algoritmů, podobně jako je tomu pro Gathering Algoritmus, by bezpochyby zjednodušil orientaci v textu. Chybou ryze typografického charakteru, která ale znesnadňuje (minimálně první) čtení disertace je pak také posun v číslování odkazů (rovnice, tabulky, obrázky) o 1. Autor např. odkazuje k rovnici (7.3), její skutečné číslo je ale (6.3). Některé často používané či klíčové zkratky nejsou uvedeny v seznamu zkratk (např. GPSO, GATHER). Také jmenná konvence názvosloví experimentů, představená na straně 43, by si zasloužila kompletní uvedení v seznamu zkratk. Drobných typografických nedostatků obdobného charakteru lze v textu nalézt více.

Největší metodologickou výtka je pak nutno směřovat vůči úzce zaměřenému představení relevantního výzkumu a aktuálních metod pro využití deterministického chaosu v oblasti evolučních výpočtů. Přestože se autor explicitně zaměřil na konkrétní algoritmus (PSO), a

jasně to deklaruje, uvedení širší rešerše, které byla jistě provedena, by bezpochyby objasnilo některé ne úplně jasné volby v rámci návrhu algoritmů (proč byl využit deterministický chaos výhradně pro aktualizaci rychlosti částice? proč byly zvoleny konkrétní zkoumané metody transformace chaotické sekvence do intervalu  $[0,1]$ ? proč byly vybrány zrovna zvolené chaotické mapy?). Porovnání výsledků navržených metod s jinými postupy, využívajícími deterministický chaos v PSO, jako např. v [5, 3, 4], by také bezpochyby zvýšilo úroveň prezentace popsaného výzkumu. Využitím deterministického chaosu pro generování pseudonáhodných čísel, se pak zabývají např. autoři v [1, 6, 2]. Ani jedna z uvedených (nebo jiných) relevantních publikací není v textu disertační práce zmíněna.

Navzdory uvedeným poznámkám však díky aktuálnosti řešené problematiky, originalitě a nápaditosti použitých postupů, přesvědčivým výsledkům prezentovaných experimentů, a již prokazatelné akceptaci navržených postupů odbornou veřejností (viz. recenzované publikace autora a jeho ocenění z mezinárodních odborných konferencí) lze konstatovat, že disertační práce splňuje požadavky kladené v oboru a autor prokázal tvůrčí schopnosti v předmětné oblasti. Na základě těchto faktů jednoznačně **doporučuji předloženou práci k obhajobě.**



doc. Ing. Pavel Krömer, Ph.D.  
Ostrava, 14. 12. 2015

#### Reference

- [1] M. Andrecut. Logistic map as a random number generator. *International Journal of Modern Physics B*, 12(09):921–930, 1998.
- [2] Shih-Liang Chen, TingTing Hwang, and Wen-Wei Lin. Randomness enhancement using digitalized modified logistic map. *Circuits and Systems II: Express Briefs, IEEE Transactions on*, 57(12):996–1000, 2010.
- [3] Min-Yuan Cheng, Kuo-Yu Huang, and Hung-Ming Chen. Dynamic guiding particle swarm optimization with embedded chaotic search for solving multidimensional problems. *Optimization Letters*, 6(4):719–729, 2012.
- [4] Wenbin Hu, Huanle Liang, Chao Peng, Bo Du, and Qi Hu. A hybrid chaos-particle swarm optimization algorithm for the vehicle routing problem with time window. *Entropy*, 15(4):1247–1270, 2013.
- [5] K. Masuda and K. Kurihara. Particle swarm optimization with external chaotic noise. In *ICCAS-SICE, 2009*, pages 5002–5007, 2009.
- [6] Neil R. Wagner. The logistic lattice in random number generation. In *Proceedings of the Thirtieth Annual Allerton Conference on Communications, Control, and Computing*, pages 922–931. Coordinated Science Lab and Department of Electrical and Computer Engineering, University of Illinois at Urbahn-Champaign, 1993.

# Oponentský posudek disertační práce

## Název disertační práce:

Moderní metody vývoje a modifikace evolučních technik

*Modern methods of development and modification of evolutionary computational techniques*

**Autor:** Ing. Michal Pluháček

**Oponent:** doc. RNDr. PaedDr. Eva Volná, PhD.

## Téma práce a splnění cíle

Práce se zaměřuje na různé způsoby zvyšování výkonu evolučních výpočetních technik (*ECT - Evolutionary Computational Techniques*) pro spojitou optimalizaci s jednou výstupní veličinou využitím různých moderních metod, jako jsou například chaotické sekvence či modifikace vnitřních principů algoritmů.

Z hlediska aktuálnosti lze konstatovat, že práce se zabývá aktuálním tématem ve zvolené oblasti a odráží potřebu nových netradičních metod. Disertační práce své hlavní cíle splnila a odpovídá oboru disertace, zvolené metody zpracování jsou zvoleny vhodně a rozsah koresponduje s množstvím vykonané práce, která se odrazila v publikační činnosti autora.

## Přínos v oblasti poznání

Těžištěm práce je představit nové přístupy pro optimalizaci evolučních výpočetních technik, zejména algoritmu PSO, s cílem zvýšit jejich výkon. PSO (*Particle Swarm Optimization*) je jeden z mnoha optimalizačních algoritmů, který během své existence prošel mnoha proměnami. Kromě výhod má samozřejmě i své nedostatky. Základní principy PSO strategií jsou proto vhodné pro modifikaci.

Navržené postupy a metodiky jsou podloženy rozsáhlou publikační činností disertanta. Ing. Michal Pluháček je autorem či spoluautorem 90 publikací, 79 prací je indexováno v databázi SCOPUS a 37 prací je indexováno ve WoS. Publikační činnost disertanta je vyrovnaná a vztahuje se k období 2012 - 2015. Tato publikační činnost je nadstandardní, avšak všechny publikace jsou dílem kolektivu autorů. Disertant by proto měl specifikovat svůj příspěvek ve společných publikacích.

## Přínos ve společenské praxi

Výkonost všech navržených vylepšení ECT byla s úspěchem testována na typicky využívaných testovacích funkcích. Je zřejmé, že navržená vylepšení vychází ze zkušeností autora s realizací podobných problémů v praxi.

## Formální úprava

Doktorská disertační práce má 107 stran, ke kterým je přidán přehled publikační činnosti a životopis autora a je napsána v anglickém jazyce. Na úroveň zpracování lze pohlížet ze dvou směrů a to ze směru grafického a formálního. V obou ohledech nelze práci nic vážnějšího

vytknout. Z grafického hlediska je práce na velmi dobré úrovni. Po formální stránce je práce velmi dobrá a splňuje všechny požadavky kladené na vědeckou práci. Obsahuje jak část teoretickou, tak část aplikační.

V úvodní teoretické části autor popisuje problematiku týkající se optimalizace a evoluční optimalizace. Dále jsou představeny moderní trendy v návrhu modifikací evolučních výpočetních technik spolu s oblastmi použití. V experimentální části jsou prezentovány výsledky dlouhodobého výzkumu.

## **Dotazy a připomínky**

1. V jaké míře je možné implementovat popsané modifikace PSO algoritmu i do jiných evolučních výpočetních technik, např. Optimalizace hejnem světlušek (Firefly Swarm Optimization), Optimalizace mravenčí kolonií (Ant Colony Optimization), Optimalizace včelím rojem (Bees Algorithm) aj.
2. Zúčastnil jste se se svými algoritmy některé ze soutěží konaných v rámci mezinárodních konferencí CEC, GECCO apod.?
3. Publikační činnost doktoranda je nadstandardní. Mohl byste uvést, kterých publikací si osobně nejvíce ceníte.
4. Jakým způsobem byste navrhnul pokračování této práce?

## **Závěr**

Konstatuji, že předložená dizertační práce splňuje všechny požadavky standardně kladené na disertační práce vysokoškolským zákonem. Na základě výše uvedených vyjádření

d o p o r u č u j i

předloženou disertační práci k řádné obhajobě a po jejím úspěšném průběhu a zodpovězení položených otázek rovněž doporučuji, aby byla panu Ing. Michalu Pluháčkovi udělena vědecká hodnost

„D o k t o r“ ( “Philosophicae Doctor” - Ph.D. )

v oboru Inženýrská informatika.

V Ostravě, 7. 12. 2015



doc. RNDr. PaedDr. Eva Volná, PhD.  
Katedra informatiky a počítačů  
Přírodovědecká fakulta  
Ostravská univerzita v Ostravě  
30. dubna 22  
701 03 Ostrava

Prof. Jouni Lampinen, D.Sc.  
University of Vaasa  
Faculty of Technology  
Department of Computer Science  
P.O. Box 700  
FI-65101 Vaasa  
Finland

Tomas Bata University in Zlin  
Faculty of Applied Informatics  
Dept. of Science and Research  
Nad Stranemi 4511  
760 05 ZLIN  
Czech Republic

## STATEMENT OF THE REVIEW

Doctoral Thesis of Ing. Michal Pluhacek

As a reviewer appointed by the Tomas Bata University, Faculty of Applied Informatics, I have reviewed the Doctoral Thesis “**Modern methods of development and modification of evolutionary computational techniques**” by Ing. Michal Pluhacek. As my opinion I am representing the following statement:

The topic of thesis is relevant for the research area that it is representing. Soft computing and computational intelligence are definitely among the most important areas of the contemporary research in the field of information technology. The thesis at hand is focused on evolutionary computing, in particular on the Particle Swarm Optimization algorithm (PSO) and its further developments. I am seeing this focus relevant since this area is still open for further research, and otherwise both academic and practical applications are potential benefit improvements on effectiveness, efficiency and robustness of PSO algorithm.

The thesis of include 124 pages in total and it is divided into 12 Sections. The thesis is based on the up-to-date knowledge in the field and especially in the sections 7-12 the representation is very much based on the candidate's own recent research results that have been also reported in appropriate publication forums nationally and internationally. The thesis is logically organized, and the representation is clear. It is sufficiently easy to read, and manage to communicate its main points to the reader with single pass of reading.

The main focus of the reported research is on developing, demonstrating and evaluating novel versions of PSO algorithm in which various chaotic systems are used for generating the pseudo-random number sequences, that are required for the internal operations of the algorithm. In particular, traditionally in population based evolutionary global optimization algorithms the state transitions of the algorithms are based on stochastic rules. For that reason, during the optimization process, a high number of pseudo-random numbers are used. Typically these pseudo-random num-

bers are generated by drawing them from a suitable probability distribution function, e.g. uniform or Gaussian probability distribution function. In the thesis at hand the traditional pseudo-random number sequence is substituted by a sequence that is generated by (deterministic) chaotic systems. This is a very interesting idea, since the distribution of the number sequence generated by a chaotic system may vary a lot from the traditional probability distribution function based pseudo-random number sequences. Consequently the thesis justifiably put under question, on how this is affecting on the optimization performance of the PSO algorithm itself?

The developed novel PSO versions that are applying different chaotic system based pseudo-random number generators are tested and compared mostly by applying well known IEEE CEC 2013 test function set and using the corresponding standard test arrangements. In addition a supplementary set of classical global optimization benchmark functions are applied for experimentation.

The experimentation have been both designed and carried out appropriately technically, methodologically and also from the research goals point of view. In particular, application of the popular CEC 2013 test problem set and test arrangements enables comparing the results with broad range of earlier results reported in the literature. Therefore, the generated experimental data is on a rather solid basis, and provide sufficient basis for analysis of the data.

The analysis of the experimental result data is also acceptable, but not of the best possible level from the methodological point of view. Namely, no statistical analyses (e.g. Wilcoxon's test) were carried out to investigate, whether or not the differences between the compared PSO versions are statistically significant. This is not clear in all studied cases, and therefore statistical analysis would be useful and obviously would have enabled drawing somewhat more convincing conclusions. Especially in cases, where the results are based on only 30 independent experiments, and where also the differences of the results are small, the statistical significance of the found differences is remaining more or less unclear. This uncertainty is unnecessarily limiting the interpretation of the experimental results and also the conclusions based on them.

With the above referred limitations, the conclusions drawn are justified by the obtained experimental and theoretical results. The main contributions of the thesis corresponds with the original research goals. The overall contribution of the reported results is exceeding the level that is required for a doctoral thesis. The main contributions of the thesis are the constructed novel PSO versions and chaotic systems for generating the required pseudo-random numbers. Perhaps the most important individual contribution is demonstrating that pseudo-random numbers generated by a chaotic system may have an unexpectedly high impact on the performance of PSO algorithm. Furthermore, it is shown likely that the similar approach can be generalized to a wide range of other evolutionary optimization algorithms. In particular this was demonstrated in Section 9 by applying similar approach to Differential Evolution algorithm. These are all substantial novel contributions to the contemporary literature.

The publication list of Ing. Pluhacek's no less than 90 publications, among them there are multiple publications related with the topic of his thesis.

Many of the publications are published in good international publication forums, like IEEE conferences or fine scientific journals in the field. Multiple publications have been published in such peer reviewed forums where less than 20% of submitted manuscripts are accepted (e.g. IEEE Congress on Evolutionary Computation). This can be seen as a clear indication suggesting a good contribution value of the reported research.

A publications list containing 90 items is definitely a massive quantity for a young researcher. However, when considering quality instead of quantity by studying the impact of these publications, the actual contribution appears to be not so massive. In Google-Scholar database, which is often considered the most complete and realistic in this particular area of science, the candidate have received so far 367 citations (incl. self-citations). Despite that an exceptionally high fraction of all these citations appears to be self-citations or citations by his former co-authors, also true external citations are included in this number. That observation can be confirmed also from ISI and SCOPUS databases. The external citations received from the international research community are indicating that also the international scientific community have recognized the contribution value of Ing. Pluhacek's research work.

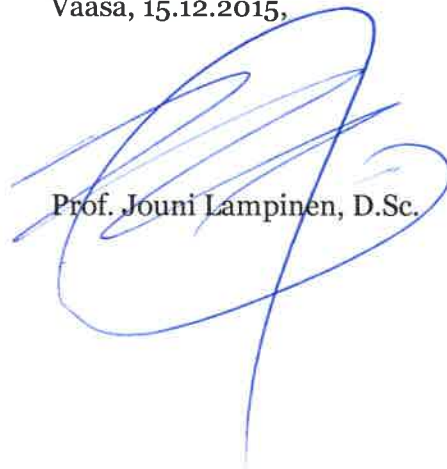
Another beneficial remark is, that Ing. Pluhacek have clearly adopted an international orientation in his research. That orientation have already cumulated some international co-publications into candidate's list of publications. International research co-operation is important as such, and existing co-publications indicate that co-operation have also been productive.

Without hesitation I am recommending that Ing. Pluhacek's Doctoral Thesis will be accepted. The recommendation is based on my own review outcomes and is further supported by clear indications that the contributions reported in Ing. Pluhacek's Doctoral Thesis has been notified also by the international scientific community in the field.

#### **Final Statement:**

Thereby, as my final statement I am proposing, that Ing. Michal Pluhacek's Doctoral Thesis "*Modern methods of development and modification of evolutionary computational techniques*" is to be **accepted**.

Vaasa, 15.12.2015,



Prof. Jouni Lampinen, D.Sc.