



## Posudek disertační práce

**Autor:** Ing. Tomáš Kadavý

**Název:** *Boundary Constraint Violation in Evolutionary Algorithms*

*Předložená disertační práce je zaměřena na studium vlivu řešení porušení hranic prohledávaného prostoru optimalizačních úloh. Cílem je omezit prohledávání pouze na doporučenou omezenou oblast (angl. boundary constraints), kde se nachází řešení cvičné úlohy, a tím urychlit dosažení řešení. Typicky je pak prohledávaná oblast (prostor řešení) reprezentována jako několikarozměrný kvádr. Jakmile operace algoritmu, které mají za cíl posouvat stávající řešení k oblasti skutečného řešení, vytvoří pozici mimo prohledávanou oblast, je nezbytné je navrátit zpět. Existuje několik způsobů, jak takové porušení vyřešit a autoři nových optimalizačních algoritmů mnohdy ani neuvádějí, který používají. Proto i autor této práce uvádí, že této oblasti prozatím nebyla věnována zásadní pozornost, ačkoli každý optimalizační algoritmus nějakou metodiku při porušení těchto hranic zpravidla používá.*

*Autor předložené práce se zaměřuje především na porovnání šesti existujících metodik pro kontrolu překročení vymezeného prostoru hledání. Patří mezi ně: ořezávání, náhodná lokace (restart pozice), reflexe (zrcadlení), upravená reflexe pro extrémní případy, poloviční vzdálenost a měkký přístup. Autor aplikoval dostupné metodiky na tři zvolené evoluční algoritmy – PSO (rojení částic, 1995), FA (model světlušek, 2014) a SOMA (model vlčí smečky, 2000).*

*Silnou stránkou autora a jeho práce je poměrně velké množství spoluautorství výstupů na konferencích a v časopisech (7x s IF). Rovněž je dobré podotknout, že je text psán anglicky, což udržuje úroveň práce, i přes některé cizojazyčné chyby.*

*Naopak nevýhodou je fakt, že zásadní část výstupů (u časopisů většina) se nezaobírá tématem disertační práce (což je řízení kontroly porušení prostoru prohledávání). V textu práce je několik překlepů, formálních slabin a nejasností, zejména to, že autor v části, kde popisuje již své výstupy neuvádí reference z části pouze svých citací (tj. [p.1], atp.). To by lépe poukázalo na fakt, která z publikací autora se dotýkají oblastí, které zde autor popisuje.*

*Mezi další připomínky lze zařadit následující. V kapitole 5.1.2 je uvedeno, že ořezávání negativně ovlivňuje účinnost algoritmů, což je hodnoceno Friedmanovým testem. Není však uvedeno vůči čemu je ona významnost porovnána a jaké kritérium bylo zvoleno pro detekci významnosti kategorií. Naprostá většina grafů v práci postrádá popis os. Osobně bych asi ocenil větší zdůvodnění dosažených autorových výsledků než kopii podmínek pro umístění algoritmů na soutěži CEC (lze najít v reportu). V tabulce 5.5 jsou zvýrazněné hodnoty, které by měly být ‚default setting‘, ale není tomu tak. Autor přehledně dokládá svou publikační činnost, bohužel již není procentuálně vyjádřen autorův přínos na publikacích.*

*Při posuzování disertační práce jsem hodnotil především metodiku práce, realizaci nastavených cílů, způsob hodnocení dosažených výstupů a rovněž autorovu publikační činnost. Předložená práce řeší aktuální problematiku oblasti optimalizace evolučními algoritmy a lze ji tedy považovat za přínosnou pro vědeckou komunitu. Autor vedle shrnutí dosavadního stavu problematiky rovněž provedl řadu experimentů, ve kterých poukázal na výhody a na nevýhody existujících metodik. Kromě tohoto tématu, se autor očividně zabýval i jinými oblastmi optimalizace. Značně slabou stránkou práce je scházející nově navržená metodika pro překročení prostoru hledání.*

### Otázky

1. Pochopil jsem správně, že jste se zabýval(i) porovnáním stávajících metrik a nová metrika navržena nebyla?
2. Experimenty v práci jsou provedeny na umělých úlohách CEC, neuvažoval(i) jste o nasazení algoritmů také na reálné (inženýrské) úlohy?

### Celkové hodnocení

S ohledem na výše uvedené poznatky o výzkumu a publikování, a navzdory kritickým výtkám k práci jsem dospěl k závěru, že doktorand prokázal odbornou schopnost vědecké práce a **doporučuji připustit Ing. Tomáše Kadavého k obhajobě disertační práce, aby mu po jejím úspěšném absolvování byla udělena vědecko pedagogická hodnost doktor (Ph.D.).**

v Ostravě, 7. srpna 2024

doc. RNDr. Petr Bujok, Ph.D.

Katedra informatiky a počítačů

Ostravská univerzita

## Dissertation thesis review

The doctoral thesis entitled „**Boundary Constraint Violation in Evolutionary Algorithms**“, submitted by Ing. **Tomáš Kadavý**, summarizes the author's research and results in the field of advanced computational intelligence, in particular swarm and evolutionary, algorithms. The research revolves around methods and means for boundary control in the selected swarm (Particle Swarm Optimization, Self-Organizing Migrating Algorithm, Firefly Algorithm), evolutionary (Differential Evolution, Genetic Algorithms), and hybrid (Firefly PSO) methods.

The thesis is logically structured and provides an understandable overview of the field and a clear justification of the research done. It adequately illustrates the principles of the target swarm and evolutionary methods, broadly surveys the most used boundary control methods, and outlines the methodology of the scientific approach. The approach itself relies on the use of an established benchmarking testbed (CEC 2017/2020 benchmarks) and a thorough assessment of the effects the use of different boundary control methods has on the performance of some swarm and evolutionary methods.

The experiments are well-described and the experimental setup and key findings are always reported in detail. The results, on the top level, confirm that the investigated swarm and evolutionary methods align with the well-known no-free lunch theorem: different boundary control methods work for various nature-inspired algorithms differently. The obtained results are well-processed and analyzed using appropriate statistical methods. The visualizations in the provided figures underpin the findings and illustrate the results clearly. The work has made a solid contribution to the research of evolutionary and swarm algorithms, as reflected also by the author's citation response (500 citations on Google Scholar, h-index 10; 187 citations on the Web of Science, h-index 6).

The text of the manuscript is well-written and free of major factual and language errors. However, several points that should be improved can still be highlighted. First of all, the selection of algorithms for sec. 3 is not clear. Not all of them are used in the experimental part and not all methods from the experiments (e.g., the Firefly Algorithm) are described in section 3. Apart from that, a slightly different notation is used in the technical description of individual algorithms (e.g., vectors are described by bold - small/mixed caps -  $x$ ,  $v$ ,  $pBest$ , etc.). Moreover, it is unusual to use curly brackets to denote vectors (as in  $x = [x_1, \dots, x_D]$  on p. 16). Besides, some errors can be found in references, e.g., ref. [46] is incorrect (the authors are Senkerik, R. and Jasek, R., not Roman, S. and Roman, J.), the name Bäck is spelled differently in [4] and [5], uris are provided only seldom and in different formats (with and without '<>'), etc.

From the methodological point of view, a more detailed description of the methodological framework could have been laid out. The selection process of metaheuristic algorithms, referred to on p. 28, is not outlined. The structure of the test battery (different editions of the CEC Benchmark) is also not credibly justified (why is it necessary/sufficient for a proper algorithm evaluation?). Its relation to other established benchmarks (e.g.,

the COCO benchmark and/or the emerging specific benchmarks, etc.) should be explained, too. Finally, all experiments would be more useful using the same benchmark and setup (e.g., the same dimensionality, not different CEC versions and dimensionalities).

Nevertheless, and despite the remarks and comments posted above, it can be concluded that the thesis is in line with current research trends, addresses an increasingly important research topic, and the outcomes of the candidate's research have received an appropriate citation response, indicating a solid contribution to knowledge. Therefore, it is my pleasure to recommend the thesis for defense and the author for the academic degree of *doctor philosophiae* (Ph.D.).

prof. Ing. Pavel Krömer, Ph.D.  
Ostrava, 15. 11. 2024

17. listopadu 2172/15  
708 00 Ostrava-Poruba  
Czech Republic

phone: +420 597 325 898  
attendant: +420 597 321 111  
ID data mailbox: d3kj88v

IČO: 61989100  
VATIN: CZ61989100

email: pavel.kromer@vsb.cz  
www.vsb.cz



Doktorand: **Ing. Tomáš Kadavý** (FAI UTB in Zlín)

Téma: Porušování Limitů Argumentů v Evolučních Algoritmech  
Boundary Constraint Violation in Evolutionary Algorithms

Školitel: prof. Ing. Roman Šenkeřík, Ph.D.

Konzultant: doc. Ing. Michal Pluháček, Ph.D.

**Aktuálnost tématu.** Problematika porušování limitů argumentů, neboli omezení proměnných v evolučních algoritmech je stále velmi aktuální a důležitá, zejména kvůli intenzivnímu rozvoji a aplikacím těchto algoritmů v nových, problémově orientovaných, oblastech. Poznamenejme, že porušování limitů argumentů může vést k několika zásadním problémům, jako je neplatné řešení, ztráta diverzity, či narušení dynamiky evoluce. Aktuálnost tématu je tedy bezesporu vysoká.

**Formální úprava. Publikáční činnost autora.** Práce obsahuje cca 60 stran poměrně čtivého, dobře strukturovaného a logicky uspořádaného textu, s množstvím tabulek a grafů sloužících k prokázání výsledků a komparaci se state-of-the-art výsledky. Celkově, včetně rozsáhlých referencí, má práce 110 stran, plus příloha 20 stran. U přílohy by bylo vhodné myslet na čtenáře i jinak než uměleckým dojmem. Seznam referencí zahrnuje 116 odkazů, samostatně jsou uvedeny publikace autora, které nejsou k referencím disjunktní a slouží výborně jako prezentace masivní publikační činnosti doktoranda. Publikační činností si doktorand vygeneroval v indexaci WoS/Clarivate H-index: 6 / 189 citací; Scopus h-index: 9 / 298 citací. V tomto ohledu i bez důkladnější analýzy doktorand značně převyšuje běžné požadavky kladené na publikační činnost v daném kontextu. Dalším nezanedbatelným atributem je zjevné mnohonásobné posouzení mezinárodní vědeckou komunitou ve vztahu k předloženým výsledkům disertace.

**Postup řešení problému a splnění cílů.** V kap. 3. (10 str.) seznamuje autor čtenáře se základními, resp. autorem vybranými typy evolučních algoritmů. Nejedná se o kompletní přehled, či pokus o kategorizaci a preciznost, ale o jednoduchou prezentaci některých algoritmů a jejich popis. Uvedeny jsou rovněž velmi zobecněné pseudokódy algoritmů, přičemž konstrukci v "Algorithm 1" GA požadují u obhajoby objasnit. V kap. 4. (8 str.) bychom se měli dozvědět state-of-the-art metod pro kontrolu hranic (lépe: boundary control methods). Přesto, že v ohledu referencí a "údernosti" je tato kapitola velmi dobrá, vzhledem k zaměření práce je poněkud zklamáním její rozsah i technický obsah. Kap. 5. (33 str.) je pojata jako chronologie i přehled zájmu autora a zjevně poukazuje na klíčová zjištění v autorově vědecko publikační evoluci. Tuto kapitolu považuji za zásadní a velmi dobrou prezentaci autora. Kap. 6.–8. (6 str.) vhodně shrnují celou práci.

**Závěrečné hodnocení.** Závěrem konstatuji, že disertační práce pana Ing. Tomáše Kadavého je zpracována na dobré odborné úrovni. Práce bezesporu přináší nové poznatky v oblasti problematiky omezení proměnných v optimalizačních metaheuristikách se zaměřením na benchmarking. Přesto, že technický popis byl pro mne vzhledem k zajímavému a rozsáhlému tématu pod očekávání, byl dojem z publikační činnosti autora a odvíjejícím se přehledu autora v dané tématice vyplývajícím z referencí zásadní. Práce prezentuje výborný přehled a dobrý odborný profil doktoranda i způsobilost k jeho samostatné tvůrčí pedagogické a vědecké práci.

**Předložená disertační práce splňuje požadavky pro doktorské řízení v souladu s § 47 Zákona o vysokých školách č. 111/98Sb., a proto ji jednoznačně doporučuji k obhajobě.**

## Otázky:

- Jakým způsobem ovlivňuje omezení kladené na hodnoty proměnných dynamiku evoluce?
- Ve všech uvedených pseudokódech uvažujete evaluaci populace až po provedení EA operátorů. Tušíte, proč bych mohl mít k uvedenému výhrady? Okomentujte Algoritmus 1 GA, řádek 3.
- Je názvosloví pro BCM ustálené, narážím na pojmy 4.2.1 – 4.2.6. K 4.2.6 bych rád prezentaci nějakého příkladu.
- Jaký je Váš zásadní přínos k BCM problematice? Vymezte se prosím vzhledem k týmu autorů, se kterými jste frekventovaně v publikačním rámci i vzhledem ke komunitě.
- V práci jsou prakticky diskutovány BCM pouze ve vztahu ke spojitě optimalizaci, můžete se vyjádřit k problematice BCM a kombinatorické optimalizaci?

**Prof. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.**  
**Computer Science & AI & Cybernetics**

Brno University of Technology · VUT Brno · FME  
Dept. of Applied Computer Science