



RPW/3837/2026 P
Data: 2026-09-09

dr hab. inż. Jakub Nalepa, prof. PŚ
Katedra Algorytmiki i Oprogramowania
Politechnika Śląska
Jakub.Nalepa@polsl.pl

Gliwice, 1 września 2026 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej

Tytuł rozprawy: Zastosowanie starożytnych strategii bitew w nowych algorytmach rojowych do rozwiązywania problemów optymalizacyjnych

Autor: Mgr inż. Jan Edward Baumgart

Promotor: Dr hab. inż. Jacek M. Czerniak, prof. PBŚ

Promotor pomocniczy: Dr inż. Dawid Ewald, prof. PBŚ

1 Tematyka rozprawy

W swojej rozprawie, mgr inż. Jan Edward Baumgart podjął się opracowania nowego optymalizatora, inspirowanego starożytnymi strategiami bitewnymi, do rozwiązywania problemów optymalizacyjnych (w niniejszej pracy skupiono się na optymalizacji ciągłej). Tematyka rozprawy (tworzenie nowych, efektywnych optymalizatorów) jest bardzo ciekawa i aktualna, również ze względu na mnogość rzeczywistych zastosowań takich optymalizatorów w nauce i przemyśle, oraz wpisuje się w dyscyplinę *informatyka techniczna i telekomunikacja*.

2 Ocena strony merytorycznej rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa Pana mgr. inż. Jana Edwarda Baumgarta składa się z siedmiu numerowanych rozdziałów oraz licznych załączników, zawierających pseudokody algorytmów, wartości wybranych hiperparametrów i uzasadnienie ich doboru, czy eksperymentalnie wyznaczone indeksy trudności funkcji benchmarkowych, wykorzystywanych w ramach badań eksperymentalnych. **Rozdział 1.** jest wprowadzeniem do tematyki rozprawy, w którym Doktorant syntetycznie omawia problemy optymalizacyjne i ich najistotniejsze cechy, wprowadza czytelnika do tematyki algorytmów rojowych i wprowadza podstawowe pojęcia, które są istotne w kontekście rozprawy. W podrozdziale 1.2, mgr inż. Jan Edward Baumgart przedstawia swoją motywację oraz cel pracy, rozpoczynając ten podrozdział od omówienia swoich inspiracji starożytnymi strategiami wojowymi, które mają zostać odzwierciedlone w opracowywanych optymalizatorach. Następnie omówione zostały zidentyfikowane przez Doktoranta ograniczenia innych metod, które mają stanowić inspirację do tworzenia nowych (meta)heurystyk, a także potencjane korzyści, które mają wynikać z wdrożenia strategii bitewnych

do takich algorytmów. Dalej, w podrozdziale 1.2.4, przedstawione zostały cele badawcze, a w podrozdziale 1.3 – teza rozprawy (w dwóch wersjach) i dwie hipotezy (H1 i H2, dotyczące odpowiednio skuteczności optymalizatorów inspirowanych strategiami bitewnymi oraz automatycznego doboru strategii w opracowanym algorytmie). Do tych hipotez Autor odniesie się w dalszej części rozprawy. Rozdział pierwszy został zwieńczony omówieniem struktury rozprawy.

Rozdział 2. jest przeglądem literatury, w którym Autor krótko omawia wybrane metody i algorytmy optymalizacji, m.in. algorytmy gradientowe, ewolucyjne (i inne wybrane metaheurystyki) oraz algorytmy rojowe. W podrozdziale 2.3.5 krótko omówiono metody uczenia ze wzmocnieniem – taki algorytm zostanie wykorzystany przez Doktoranta do adaptacyjnego wyboru strategii w tworzonych optymalizatorach. W dalszej części tego rozdziału mgr inż. Jan Edward Baumgart przedstawia wybrane metaheurystyki inspirowane strategiami bitewnymi oraz podejmuje próbę odniesienia się do krytyki dotyczącej tworzenia „nowych” algorytmów opartych na różnych metaforach. W ostatnim podrozdziale Doktorant krótko przedstawia zidentyfikowaną, według Autora, lukę badawczą, którą chciałby zaadresować. Niestety, w mojej opinii, przegląd literatury jest bardzo powierzchowny i nie umiejscawia precyzyjnie prac Doktoranta w najnowszych trendach związanych z tworzeniem nowych optymalizatorów – odniosę się do tego w dalszej części mojej recenzji. **Rozdział 3.** prezentuje rys historyczny inspiracji Autora (strategie bitewne, formacje i taktyki bitewne, mechanizmy dowodzenia i koordynacji) i krótko omawia, w jaki sposób są one mapowane na elementy tworzonego optymalizatora. Uważam, że ten rozdział mógłby zostać wyraźnie skrócony. O ile wspomniany rys historyczny jest generalnie ciekawy, moim zdaniem rozprawa doktorska w dyscyplinie *informatyka techniczna i telekomunikacja* nie jest najlepszym miejscem na takie (niepotrzebnie aż tak rozbudowane) treści.

W **rozdziale 4.**, Doktorant przedstawia opracowaną metodę (*Ancient Battlefield Optimizer*, ABO) – rozdział ten stanowi trzon rozprawy i najistotniejszy wkład Autora. W kolejnych podrozdziałach przedstawiona jest architektura ABO oraz jej poszczególne moduły odpowiadające elementom optymalizatora (np. jednostki, taktyki, formacje, itd.). Opisy modułów zawierają pseudokody – był to dobry krok w stronę sformalizowania sposobu przedstawiania opracowanych technik. Niestety, z drugiej strony, Doktorant niepotrzebnie miesza szczegóły implementacyjne z koncepcyjnymi, a sam opis często bywa zbyt długi, z powodu – moim zdaniem – zdecydowanie zbyt częstych odniesień do motywów i strategii bitewnych. W mojej opinii ten rozdział powinien formalnie, precyzyjnie (ale nierozwlekle) przedstawić najważniejsze elementy metod opracowanych przez Doktoranta – inspiracje strategiami bitewnymi zostały już bardzo szeroko omówione w innej części rozprawy. Rozdział 4. jest zakończony przykładem działania algorytmu oraz jego krótką analizą teoretyczną. W kolejnym **rozdziale 5.**, Autor przedstawia szczegóły implementacyjne oraz omawia problemy testowe (funkcje benchmarkowe), które zostaną wykorzystane w analizie eksperymentalnej. Omówiony został także podział zbiorów na podzbiory treningowe i testowe – wskazuje to na to, że Doktorant jest świadomy istotności tego procesu i jego wpływu na rzetelność możliwości generalizacyjnych technik opartych na uczeniu maszynowym (w pracy, modułu *Commandera*). W rozdziale tym omówiono także rodzaje testów statystycznych, które będą wykorzystywane w pracy, metryki ilościowe służące do oceny jakości analizowanych metod; wspomniano również o strojeniu hiperparametrów zaproponowanych optymalizatorów.

Rozdział 6. jest szczegółowym omówieniem wyników badań eksperymentalnych Doktoranta. Autor prowadzi czytelnika rozprawy przez kolejne eksperymenty i analizy dotyczące oceny trudności funkcji benchmarkowych, oceny jakości zaproponowanych optymalizatorów ABO (w kilku wybranych i jasno sprecyzowanych wariantach, dla funkcji benchmarkowych o różnych charakterystykach), zbieżności ABO i wiele innych. Analizy przedstawione w rozprawie są bardzo szczegółowe i zostały dokładnie omówione przez Doktoranta. **Rozdział 7.** podsumowuje rozprawę i prezentuje możliwe kierunki dalszych prac.

Opracowane metody oraz otrzymane wyniki eksperymentalne przedstawione w rozprawie pozwalają mi stwierdzić, że Doktorant jest zaznajomiony z tworzeniem, oceną i weryfikacją algorytmów do rozwiązywania problemów optymalizacyjnych.

2.1 Pytania i uwagi

W trakcie lektury rozprawy nasunęły mi się następujące pytania i uwagi:

1. Autor słusznie zauważył, że w literaturze bardzo widoczna jest krytyka związana z tworzeniem „nowoczesnych” metaheurystyk („nowoczesnych” celowo w cudzysłowie) opartych na różnych metaforach [1]. Czy, w związku z tym, zasadne jest formułowanie tezy rozprawy na dwa sposoby, zwłaszcza biorąc pod uwagę to, że „sformułowanie alternatywne” jest dość ciężkie w odbiorze (Autor niepotrzebnie miesza w niej j. polski i angielski), a sformułowanie pierwsze bezpośrednio dotyczy tworzenia nowej metaheurystyki właśnie w oparciu o pewną metaforę? Uważam, że Doktorant powinien przedstawić jedną, precyzyjnie zdefiniowaną tezę.
2. Moim zdaniem, przegląd literatury zaprezentowany w Rozdziale 2. jest bardzo powierzchowny i nie pozwala umiejscowić prac Doktoranta w najnowszych trendach związanych z tworzeniem nowych optymalizatorów. Bardzo zaskakujące jest to, że Doktorant, w swoim przeglądzie literatury, pominął rozwiązania prezentowane na prestiżowych konferencjach (np. ACM GECCO, m.in. w ramach ścieżek *Evolutionary Combinatorial Optimization and Metaheuristics*, *Evolutionary Multiobjective Optimization* czy *Swarm Intelligence*) i czasopismach (IEEE TEVC) w przeciągu ostatnich kilku lat (powiedzmy, 2020–2025). Najnowsze prace, jakie znalazłem w przeglądzie literatury zaprezentowanym przez Doktoranta pochodzą z 2024 (jedna z nich przedstawia paczkę pythonową, a druga omawia optymalizator inspirowany grą wojenną – ta druga praca została opublikowana w czasopiśmie *Cluster Computing*¹). Chciałbym poprosić Doktoranta, aby w czasie obrony zaprezentował szczegółowy przegląd *najnowszych* optymalizatorów (opublikowanych po 2020 do 2026), które zostały opublikowane w wiodących – w dziedzinie,

¹Należy podkreślić, że – na stronie czasopisma *Cluster Computing* – w sekcji *Aims and scope*, możemy przeczytać, że „*Cluster Computing: the Journal of Networks, Software Tools and Applications will provide a forum for presenting the latest research and technology that unify the fields of parallel processing, distributed computing systems and high performance computer networks. The current advances in computing, networking technology and software have spurred a lot of research interest in cluster and internet computing, as demonstrated in Cloud and Grid computing, and distributed high performance data centers.*” To oznacza, że tworzenie nowych optymalizatorów niekoniecznie leży w głównym nurcie tematycznym tego czasopisma.

w której się porusza – konferencjach i czasopismach (w szczególności ACM GECCO i IEEE TEVC) i umiejscowił swoje prace w obecnym stanie wiedzy.

3. W podrozdziale 2.2.3, Autor przedstawia metody „analizy wydajności algorytmu roju” – czy te podejścia (analiza złożoności obliczeniowej, analiza zbieżności, analiza skalowalności itd.) nie są generyczne i aplikowalne w przypadku innych (meta)heurystyk? Czy jest coś specyficznego, co jest aplikowalne wyłącznie w przypadku algorytmów rojowych?
4. W Tabeli 1 (str. 54), Doktorant przedstawia porównanie opracowanego algorytmu ABO (*Ancient Battlefield Optimizer*) i innych optymalizatorów inspirowanych „polem walki”. W tym porównaniu, Autor wyróżnia bardzo specyficzne mechanizmy, np. „uczenie ze wzmocnieniem jako mechanizm meta-kontroli”. Uczenie ze wzmocnieniem może być jednym z podejść do dynamicznego doboru strategii optymalizacji, hiperparametrów optymalizatora itd. Czy w żadnym z omawianych algorytmów nie występuje taka dynamiczna adaptacja algorytmu? Moim zdaniem to porównanie powinno być niezależne od konkretnej implementacji danego mechanizmu (np. wspomnianej dynamicznej adaptacji hiperparametrów/strategii optymalizacji).
5. Na str. 55, Doktorant podkreśla (próbując ustosunkować się do krytyki dotyczącej tworzenia „innovacyjnych” optymalizatorów), że nowa metafora „służy zapamiętywaniu, a nie definiowaniu algorytmu”. Mam poważne wątpliwości, czy „ciężka piechota”, „lekka piechota”, „rydwany” czy „słonie bojowe” pozwalają lepiej zapamiętać mechanizmy i rozwiązania algorytmiczne, które są wykorzystane w optymalizatorze inspirowanym strategiami wojennymi, zwłaszcza w przypadku czytelników doświadczonych w tworzeniu algorytmów do rozwiązywania problemów optymalizacyjnych, a do takich jest skierowana ta praca.
6. Na str. 57, w Tabeli 2 Autor przedstawia „najczęściej przywołane algorytmy referencyjne”. Przez kogo (i gdzie) te algorytmy są najczęściej przywoływane? Czy metodami referencyjnymi nie powinny być najnowsze optymalizatory, które rzeczywiście są obiektywnie najlepsze (oczywiście np. w obrębie pewnej rodziny problemów optymalizacyjnych)?
7. Na str. 54 możemy przeczytać, że „rosnąca liczba publikacji wskazuje, że tematyka wojenna jest wciąż mało zbadanym, ale wartym uwagi kierunkiem w projektowaniu metaheurystyk”. Na tej samej stronie (Tabela 1) widzimy, że takich algorytmów jest sześć (opublikowanych w latach 2007 – 2025), w tym trzy artykuły Doktoranta. Czy – według Doktoranta – możemy to nazwać rosnącą liczbą publikacji i wskaźnikiem, że rzeczywiście taki trend istnieje?
8. Na str. 126 czytamy, że Autor przedstawia wizualizacje *pięciu najczęściej cytowanych funkcji benchmarkowych*? Najczęściej cytowanych gdzie i przez kogo? Co Doktorant ma tutaj na myśli?
9. Autor wybrał zestaw treningowy składający się z 10 funkcji (str. 130) na podstawie analizy, która została później omówiona na str. 155 – 158. Czy nie lepiej byłoby wyznaczyć kilka takich podziałów, aby móc przeprowadzić walidację krzyżową? Czy Doktorant rozważał takie podejście? W jaki sposób można byłoby je zaprojektować, i czy Autor widziałby jakiegokolwiek zalety takiej walidacji?

10. Opracowany optymalizator ABO ma, niestety, niezwykle dużą liczbę hiperparametrów, które wymagają strojenia (w Tabeli 89 jest ich **ponad 30!**). Czy, według Doktoranta, jest w praktyce możliwe wykorzystanie takiego algorytmu do rozwiązywania nowych problemów, jeśli wymagałoby to strojenia hiperparametrów? W jaki sposób Autor chciałby przekonać kogoś, kto chciałby wybrać optymalizator do rozwiązywania zadanego problemu, żeby wybrał ABO?
11. W rozdziale 5. Doktorant podjął próbę omówienia procesu strojenia hiperparametrów ABO. Niestety, w moim odczuciu, wartości tych parametrów są w dużej mierze uznaniowe, a sposób ich ewentualnego strojenia pozostaje niejasny. Przykładowo, na str. 135 czytamy, że – w przypadku kompozycji populacji rozwiązań – „*proporcje oparte [są] na analizie danych treningowych*”. Jaka analiza została przeprowadzona? Jak dokładnie były oceniane wartości tych hiperparametrów? Czy hiperparametry ABO były strojone niezależnie od siebie? Co w przypadku, gdy pomiędzy hiperparametrami występują istotne zależności? Bardzo podobną uwagę można sformułować do np. wag w zaproponowanym współczynniku trudności (str. 128), które również wydają się być bardzo uznaniowe (aczkolwiek Doktorant przeprowadził analizę odporności tego procesu na dobór wag na str. 152 empirycznie wykazując, że zmiany wag nie wpływają istotnie na wyznaczoną trudność).
12. Na str. 137 czytamy, że przewaga optymalizatora ABO/CommanderABO nad innymi optymalizatorami może wynikać z tego, że hiperparametry opracowanych optymalizatorów były strojone, a innych – znanych z literatury – były domyślne. Jednocześnie Doktorant wspomina, że to jest „*powszechna praktyka publikacji w dziedzinie metaheurystyk, gdzie nowe algorytmy są strojone intensywniej niż metody bazowe*”. Czy Autor próbował porównywać wszystkie optymalizatory z wykorzystaniem domyślnych wartości hiperparametrów (również ABO i CommanderABO)? Wrażliwość na wartości hiperparametrów jest istotnym „problemem”, na który – według Doktoranta – cierpią algorytmy rojowe (str. 27). Czy zaproponowane optymalizatory nie cierpią na ten problem?
13. W Tabeli 16 na str. 144 Autor zebrał optymalizatory, z którymi porównuje opracowane algorytmy. Tak jak wspomniałem w innym komentarzu, bardzo alarmujący jest tutaj brak najnowszych optymalizatorów (należy zwrócić uwagę na lukę w Tabeli 16 w latach 2020 – 2025). Chciałbym, żeby doktorant eksperymentalnie porównał optymalizatory ABO z najnowszymi optymalizatorami (opublikowanymi w prestiżowych czasopismach/konferencjach, np. ACM GECCO/IEEE TEVC) – co najmniej trzema. Dodatkowo chciałbym, żeby Doktorant uzasadnił, dlaczego akurat te 3 (lub więcej) optymalizatorów wybrał do dodatkowych porównań.
14. Czy na pewno podział danych na treningowe i testowe „wyklucza przeuczenie” (str. 148)?
15. Dlaczego niektóre optymalizatory, które zostały wykorzystane do wyznaczenia indeksu trudności (str. 153) nie zostały wykorzystane w dalszych badaniach eksperymentalnych?
16. Z czego, według Doktoranta, wynika tak gwałtowny spadek wartości funkcji przystosowania dla algorytmów z rodziny ABO, który możemy zaobserwować na Rys. 12? Czy podobne spadki zaobserwowano dla innych funkcji testowych?
17. W jaki sposób zostały wyznaczone „kategorie” przedstawione w Tabeli 47?

18. Czy Doktorant próbował zweryfikować, czy efektywność opracowanego optymalizatora rzeczywiście wynika z „dywersyfikacji strategii” (jak wspomniano na str. 87)?
19. Czy Doktorant próbował skonfrontować opracowywane przez siebie optymalizatory z ekspertami z dziedziny optymalizacji, zwłaszcza ewolucyjnych/opartych na algorytmach rojowych, np. poprzez zgłoszenie swoich prac na renomowane konferencje/do prestiżowych czasopism (np. GECCO, IEEE TEVC, IEEE CEC)?
20. W pracy nie znalazłem odnośnika do repozytorium z implementacją opracowanych optymalizatorów – czy Doktorant udostępnił implementacje (wraz ze skryptami, które mogłyby zostać użyte do zapewnienia reprodukowalności eksperymentów)? W pracy możemy zauważyć, że Autor rozumie istotność zapewnienia takiej reprodukowalności – naturalnym byłoby udostępnienie pełnego frameworka eksperymentalnego.

3 Ocena strony formalnej rozprawy doktorskiej

3.1 Ocena układu pracy

Układ rozprawy jest logiczny, a kolejne rozdziały wprowadzają czytelnika w najistotniejsze aspekty prac prowadzonych przez Doktoranta.

3.2 Ocena zastosowanego piśmiennictwa

Bibliografia zawiera 128 pozycji – te referencje zostały poprawnie dobrane i wskazuje to, że Doktorant potrafi odpowiednio przedstawić publikacje w zadanym kontekście badawczym. Niestety przegląd literatury jest bardzo powierzchowny – zostało to omówione w innej części mojej recenzji.

3.3 Uwagi redakcyjne

Generalnie rozprawa jest napisana starannie, a tekst jest w większości poprawny pod względem językowym, stylistycznym i interpunkcyjnym. W trakcie lektury zauważyłem następujące uchybienia:

- Rozprawa mgr. inż. Jana Edwarda Baumgarta jest bardzo długa – razem z załącznikami liczy ponad 290 stron i jest, moim zdaniem, zdecydowanie zbyt długa biorąc pod uwagę zawartość informacji, które są istotne i bezpośrednio związane z wkładem Doktoranta do rozwoju algorytmów optymalizacyjnych. Według mnie język, jakim została napisana, należałoby zmienić na zdecydowanie bardziej zwięzły i techniczny, aby przekazać najistotniejsze informacje bez nadmiarowych (i często niepotrzebnych) opisów.
- Doktorant myli *metodologię* z *metodyką*.
- W pracy możemy zauważyć liczne „sieroty” (samotne litery na końcach linii, np. na str. 17, 18, 21, i w wielu innych miejscach).
- Skrótory powinny zostać zdefiniowane raz, przy ich pierwszym użyciu – w pracy zauważyłem skrótory, np. SSI, które zostały zdefiniowane wielokrotnie (np. SSI na str. 28 i 31).

- W rozprawie zauważyłem nieliczne literówki, np. na str. 61 („... jego mobilność. [50].”).
- Do niektórych rysunków (np. Rys. 1, Rys. 2, Rys. 3) nie znalazłem odniesienia z tekstu – wszystkie rysunki, tabele itp. powinny mieć takie odniesienie w tekście.
- W Tabeli 11 zamiast „zbioru benchmarkowego” lepiej byłoby użyć „zbioru testowego”, żeby zachować spójność z szeroko stosowaną nomenklaturą uczenia maszynowego.
- W rozprawie możemy znaleźć niezwykle dużą liczbę tabel – niektóre z nich z powodzeniem można byłoby zastąpić wykresami, które mogłyby być łatwiejsze do przyswojenia (np. Tabela 49, ale też wiele innych).

4 Konkluzja

Ocena rozprawy Pana mgr. inż. Jana Edwarda Baumgarta jest generalnie trudna. W trakcie lektury pracy zidentyfikowałem liczne uchybienia, które szczegółowo omówiłem w poprzednich sekcjach niniejszej recenzji. Z drugiej strony, przedstawiona dokumentacja pozwala mi stwierdzić, że mgr inż. Jan Edward Baumgart przedstawił oryginalne rozwiązanie poprawnie zdefiniowanego problemu naukowego. W związku z tym stwierdzam, że recenzowana dysertacja Pana mgr. inż. Jana Edwarda Baumgarta **spełnia – w stopniu minimalnym** – wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*, Dz. U. 2023, poz. 742 z późn. zm. – praca prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną i praktyczną Doktoranta w dyscyplinie *Informatyka Techniczna i Telekomunikacja* oraz umiejętność prowadzenia pracy naukowej. Chciałbym jednak wyraźnie podkreślić, że proszę Doktoranta o szczegółowe ustosunkowanie się do pytań i uwag, które zamieściłem w Sekcji 2.1 niniejszej recenzji (ze szczególnym naciskiem położonym na porównanie opracowanych optymalizatorów z najnowszymi algorytmami znanymi z literatury).

W związku z powyższym, **wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej oraz o dopuszczenie mgr. inż. Jana Edwarda Baumgarta do publicznej obrony**, w czasie której liczę na to, że Autor szczegółowo odpowie na pojawiające się pytania i uwagi.



Jakub Nalepa

Literatura

- [1] K. Sörensen, Metaheuristics—the metaphor exposed, *International Transactions in Operational Research* 22 (1) (2015) 3–18. arXiv:<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/itor.12001>, doi:<https://doi.org/10.1111/itor.12001>.
URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/itor.12001>