

Koszalin, dnia 20.09.2021 r.

dr hab. inż. Adam Słowik, prof. PK
Katedra Inżynierii Komputerowej
Wydział Elektroniki i Informatyki
Politechnika Koszalińska
ul. Śniadeckich 2
75-452 Koszalin
e-mail: adam.slowik@tu.koszalin.pl

**Recenzja jednotematycznego cyklu publikacji
pt. „Modelowanie mechanizmów optymalizacji
w algorytmach ewolucyjnych”
i pozostałej istotnej aktywności naukowej oraz aktywności
dydaktycznej i organizacyjnej dr inż. Karola Opary**

Recenzja związana jest z postępowaniem dotyczącym przyznania stopnia doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja prowadzonego przez Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk. Podstawę do opracowania niniejszej recenzji stanowi pismo zastępcy Dyrektora ds. Naukowych Instytutu Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk, dr hab. inż. Jana W. Owsieńskiego, z dnia 30 lipca 2021 roku skierowane do mnie w wyniku uchwały o numerze BA3-005-4/21 z dnia 9 lipca 2021 roku podjętej przez Radę Naukową Instytutu Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk i powołującej mnie na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Karola Opary, w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja. Niniejszą recenzję opracowano na podstawie przedłożonej przez habilitanta dokumentacji postępowania habilitacyjnego obejmującej jednotematyczny cykl 6 publikacji, autoreferat oraz wykaz istotnych osiągnięć naukowych, dydaktycznych i organizacyjnych.

1 Ogólna sylwetka habilitanta

Pan dr inż. Karol Opara uzyskał w 2010 roku dyplom magistra inżyniera na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej oraz w roku 2011 dyplom magistra w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie. W roku 2014 w Instytucie Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk uzyskał stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk technicznych i w dyscyplinie informatyka. Od 2015 roku dr inż. Karol Opara jest zatrudniony na stanowisku adiunkta w Instytucie Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk.

2 Ocena dorobku naukowego

2.1 Ogólna charakterystyka obszaru badawczego

Ogólnie obszar badawczy habilitanta ma charakter interdyscyplinarny i koncentruje się wokół zagadnień dotyczących algorytmów ewolucyjnych, infrastruktury i inteligentnych systemów transportowych, metod analizy danych oraz telemedycyny.

2.2 Ocena jednotematycznego cyklu publikacji

Przedłożony przez habilitanta do oceny jednotematyczny cykl publikacji pt. „Modelowanie mechanizmów optymalizacji w algorytmach ewolucyjnych” składa się z sześciu artykułów naukowych opublikowanych w latach 2018–2020. Artykuły te koncentrują się na analizie działania tychże algorytmów próbując wyjaśnić mechanizmy odpowiedzialne za efektywną optymalizację. Prace naukowe wchodzące w skład jednotematycznego cyklu publikacji są następujące:

- P01** K. Opara, J. Arabas. “Comparison of mutation strategies in differential evolution – a probabilistic perspective”. *Swarm and Evolutionary Computation*, vol. 39, pp. 53-69, 2018,
- P02** K. Opara, J. Arabas. “Differential evolution: a survey of theoretical analyses”. *Swarm and Evolutionary Computation*, vol. 44, pp. 546-558, 2019,
- P03** K. Opara, J. Arabas. “The contour fitting property of differential mutation”. *Swarm and Evolutionary Computation*, vol. 50, pp. 1-15, article number 100441, 2019,
- P04** J. Arabas, K. Opara. “Population diversity of non-elitist evolutionary algorithms in the exploration phase”. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 24(6), pp. 1050-1062, 2020,
- P05** K. Opara. “Radial model of differential evolution dynamics” in *Proceedings of Genetic and Evolutionary Computation Conference Companion (GECCO’20), July 8-12, 2020, Cancun, Mexico*, ACM, New York, pp. 323-324, 2020,
- P06** K. Opara, A.A. Hadi, A.W. Mohamed. “Parametrized benchmarking: an outline of the idea and a feasibility study” in *Proceedings of Genetic and Evolutionary Computation Conference Companion (GECCO’20), July 8-12, 2020, Cancun, Mexico*, ACM, New York, pp. 197-198, 2020.

W artykule **P01** przedstawiono porównanie najczęściej stosowanych operatorów mutacji różnicowej w algorytmie ewolucji różnicowej. W pracy wykazano, że najbardziej istotnym elementem różniącym poszczególne operatory mutacji różnicowej jest zasięg próbkowania. Zaproponowano uogólniony czynnik skalujący, który pozwala aproksymować wykonanie jednego operatora mutacji różnicowej drugim operatorem mutacji różnicowej. Przedstawioną koncepcję przetestowano przy użyciu problemów testowych z CEC 2013 dla 10, 30 i 50 wymiarowej przestrzeni potencjalnych rozwiązań. Otrzymane wyniki symulacyjne potwierdziły wyniki teoretyczne. Idea ukazana w tej pracy pozwala w syntetyczny sposób ująć różne warianty mutacji różnicowej. Tym samym możliwa staje się ich łatwiejsza analiza. Badania przedstawione w pracy **P01** należy uznać za ciekawe i wartościowe. Pozwalają one w jednolity sposób opisać

wiele różnych operatorów mutacji różnicowej, tym samym ułatwiając dalszy etap ich analizy.

W pracy **P02** dokonano przeglądu opracowań wyjaśniających mechanikę działania algorytmu ewolucji różnicowej. Omówiono zagadnienia związane ze zbieżnością algorytmu ewolucji różnicowej, ze zróżnicowaniem populacji w algorytmie ewolucji różnicowej, oraz z modelami opisującymi dynamikę populacji w algorytmie ewolucji różnicowej. Artykuł podsumowano wskazaniem kierunków dalszych badań w tym obszarze. Pomimo, że w głównej mierze artykuł ten jest pracą przeglądową to jednak stanowi on wartościową pozycję literaturową związaną z algorytmami ewolucji różnicowej.

W artykule **P03** przedstawiono model analityczny łączący operator mutacji różnicowej z adaptacją zakresu i kierunku przeszukiwania przestrzeni potencjalnych rozwiązań. Wykorzystanie go w algorytmie ewolucyjnym spowodowało, że dany algorytm (DMEA – Differential Mutation Evolutionary Algorithm) utrzymuje różnorodność populacji. W algorytmie przedstawionym w pracy **P03** zrezygnowano z operatora krzyżowania uzyskując wersję algorytmu polegającą na iteracyjnym stosowaniu operatora mutacji różnicowej oraz proporcjonalnej reprodukcji wektora bazowego. Dzięki temu stosując model nieskończonej populacji wykazano, że mutacja różnicowa pozwala uzyskać własność “contour fitting” (dopasowywanie się rozkładu próbkowania do lokalnego kształtu funkcji celu). Mutacja różnicowa z reprodukcją proporcjonalną pozwoliła także na usprawnienie algorytmu SaDE (Self-adaptive Differential Evolution). Potwierdzone to zostało licznymi testami przeprowadzonymi w oparciu o funkcje testowe ze zbioru CEC 2017. Koncepcja przedstawiona w tej pracy jest bardzo ciekawa i wartościowa. Jak wiadomo utrzymanie różnorodności populacji jest zadaniem trudnym i jak najbardziej pożądanym podczas optymalizacji ewolucyjnej szczególnie w fazie eksploracji przestrzeni potencjalnych rozwiązań.

W artykule **P04** przedstawiono zagadnienia dotyczące zróżnicowania populacji w algorytmach ewolucyjnych z nieelitarną selekcją podczas fazy eksploracji przestrzeni potencjalnych rozwiązań. W pracy wyprowadzono równania dynamiki populacji. Przeprowadzona analiza dowiodła, że efektywna liczebność populacji silnie zależy od intensywności krzyżowania i w niewielkim stopniu zależy od parametrów selekcji. W pracy wykazano także wysoką zgodność wyników otrzymanych w trakcie symulacji z wynikami teoretycznymi. Zaproponowane w artykule **P04** rozwiązania należy uznać za ciekawe i wartościowe, gdyż mogą one stanowić bazę do budowania metod służących do nadzorowania stanu procesu eksploracji przestrzeni potencjalnych rozwiązań w algorytmach ewolucyjnych.

W pracy **P05** przedstawiono model dynamiki populacji dla radialnej i unimodalnej funkcji celu. Opracowana zależność pozwala dokonywać symulacji uruchomienia algorytmu ewolucji różnicowej bez rzeczywistego uruchamiania tego algorytmu. Oczywiście należy zdać sobie sprawę, że jest to możliwe tylko w przypadku odpowiednio uwarunkowanej funkcji celu. Z tego względu praktyczna stosowalność zaproponowanego rozwiązania może mieć ograniczony zakres.

W artykule **P06** zaproponowano zastosowanie wszystkich kombinacji dla między innymi przekształceń typu translacja, obrót i skalowanie, aby utworzyć wiele sparametryzowanych wariantów dla każdego zadania testowego. Dzięki symulacyjnemu wyznaczeniu dla nich miar jakości optymalizacji, możliwe staje się określenie

relacji między cechami zadania testowego a efektywnością algorytmu optymalizacyjnego. Tym samym pojawia się nowa możliwość do porównania mocnych i słabych stron badanych algorytmów optymalizacyjnych. Techniki opisane w pracy **P06** są wartościowe i dają możliwość tworzenia nowych problemów testowych na potrzeby walidacji metod ewolucyjnych.

2.3 Podsumowanie oceny cyklu publikacji

Podsumowując ocenę cyklu publikacji należy stwierdzić, że przedstawione w nich idee wnoszą znaczący wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja, a w szczególności w rozwój zagadnień związanych z algorytmami ewolucyjnymi. Jako najbardziej wartościowe idee należy wskazać:

- koncepcję uogólnionego czynnika skalującego, który pozwala aproksymować wykonanie jednego operatora mutacji różnicowej drugim operatorem mutacji różnicowej,
- model analityczny łączący operator mutacji różnicowej z adaptacją zakresu i kierunku przeszukiwania przestrzeni potencjalnych rozwiązań,
- równania dynamiki populacji w algorytmach ewolucyjnych z nieelitarną selekcją podczas fazy eksploracji przestrzeni potencjalnych rozwiązań,
- model dynamiki populacji dla radialnej i unimodalnej funkcji celu,
- koncepcję tworzenia nowych problemów testowych na potrzeby walidacji metod ewolucyjnych.

Przedstawione przez habilitanta oryginalne idee i wyniki zawarte w cyklu wysokopunktowanych publikacji wskazują na jego wszechstronną wiedzę z zakresu metod ewolucyjnych i są wystarczającym dorobkiem do uzyskania stopnia doktora habilitowanego. Szkoda, że w przedstawionym cyklu publikacji nie ma choć jednego samodzielnego artykułu habilitanta, który zostałby opublikowany w czasopiśmie z listy filadelfijskiej.

3 Ocena pozostałej istotnej aktywności naukowej oraz aktywności dydaktycznej i organizacyjnej

Pozostała istotna aktywność naukowa habilitanta mieści się w kilku innych obszarach badawczych takich jak: infrastruktura drogowa i transport, telemedycyna, rozwój narzędzi do analizy danych niepewnych, “odwrotna” analiza skupień oraz przetwarzanie języka naturalnego.

Po uzyskaniu stopnia doktora poza 6 publikacjami wymienionymi w sekcji 2.2 niniejszej recenzji, habilitant opublikował 1 współautorską monografię w wydawnictwie Springer, 5 rozdziałów w monografiach, 8 artykułów naukowych (5 za 140 pkt., 1 za 100 pkt., 1 za 70 pkt. oraz 1 za 40 pkt.), 5 artykułów konferencyjnych. Należy również wspomnieć, że dodatkowo jako “Wybrane inne publikacje” do wniosku habilitacyjnego dr inż. Karol Opara załączył 9 następujących artykułów:

- P07** K. Opara, J. Arabas. “Benchmarking procedures for continuous optimization algorithms”. *Journal of Telecommunications and Information Technology*, vol. 4, pp. 73-80, 2011,

- P08** K. Opara. “Rymy częstochowskie w poezji polskiej – ujęcie ilościowe”. *Polonica*, vol. 33, pp. 285-296, 2013,
- P09** K.R. Opara. “Gramatical rhymes in Polish poetry: A quantitative analysis”. *Digital Scholarship in the Humanities*, vol. 30(4), pp. 589–598, 2015,
- P10** K.R. Opara, O. Hryniewicz. “Computation of general correlation coefficients for interval data”. *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 73, pp. 56-75, 2016,
- P11** K.R. Opara, M. Skakuj, M. Stockner. “Factors affecting raveling of motorway pavements – A field experiment with new additives to the deicing brine”. *Construction and Building Materials*, vol. 113, pp. 174-187, 2016,
- P12** K. Opara, J. Zieliński. “Road temperature modelling without in-situ sensors”. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, vol. 12(4), pp. 241-247, 2017,
- P13** J.W. Owiński, K. Opara, J. Stańczak, J. Kacprzyk, S. Zadrozny. “Reverse clustering: an outline for a concept and its use”. *Toxicological & Environmental Chemistry*, vol. 99(7-8), pp. 1078-1095, 2017,
- P14** O. Hryniewicz, K. Kaczmarek-Majer, K.R. Opara. “Control charts based on fuzzy costs for monitoring short autocorrelated time series”. *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 114, pp. 166-181, 2019,
- P15** K.R. Opara, K. Brzeziński, M. Bukowicki, K. Kaczmarek-Majer. “Road roughness estimation through smartphone-measured acceleration”. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, (in press).

Recenzent nie wie tylko dlaczego do wniosku habilitacyjnego zostały załączone publikacje **P07** i **P08**, których czas wydania miał miejsce przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora przez habilitanta. Pozostałe prace od **P09** do **P15** w większości opublikowano w wysokopunktowanych czasopismach o punktacji: 20 (praca **P12**), 40 (artykuł **P13**), 100 (praca **P09**), 140 (publikacje **P10**, **P11**, **P14**, oraz **P15**).

Habilitant wygłosił 5 wykładów zaproszonych, był członkiem komitetu programowego 4 konferencji (takich jak np. CEC 2019, GECCO 2019, CEC 2021), brał lub bierze udział w 5 projektach dwukrotnie jako kierownik i trzykrotnie jako wykonawca. Od 2015 roku jest członkiem Polskiego Towarzystwa Badań Operacyjnych i Systemowych. Wykonał 57 recenzji z czego 52 dla artykułów zgłoszonych do czasopism (w tym 28 dla czasopism mających 140 lub 200 punktów na liście ministerialnej). Bierze udział w programie Horizon 2020 jako kierownik ze strony firmy przy opracowaniu ugięciomierza optycznego. Kilka opracowanych przez habilitanta technologii zostało wdrożonych w praktyce. Wśród tych technologii należy wymienić: zarządzanie obiegiem gotówki w banku, automatyczne planowanie pomiarów ruchu drogowego, algorytm scalania zdjęć fragmentów nawierzchni zbudowanej z płyt betonowych, statystyczny model oceny poziomu zagrożenia bezpieczeństwa ruchu drogowego. Dr inż. Karol Opara jest również jednym z wynalazców urządzenia objętego aktualnie postępowaniem patentowym.

Sumaryczny impact factor prac opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora wynosi 50.330 (z czego 31.905 przypada na 6 artykułów wchodzących w skład monotematycznego cyklu publikacji, które przedstawiono w sekcji 2.2 niniejszej recenzji). Jest to wartość duża i świadcząca o tym, że publikowane prace ukazały się w czasopismach o znacznej wartości współczynnika wpływu. Według bazy Web of Science (stan na dzień 08.09.2021 roku) liczba zaindeksowanych prac habilitanta wynosi 19,

liczba cytowań wynosi 149 (131 bez autocytowań). Indeks Hirscha dla prac habilitanta wynosi 6. Wszystkie te wartości są na dobrym poziomie i spełniają wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

Z osiągnięć dydaktycznych i organizacyjnych habilitanta należy wymienić:

- opracowanie pełnosemestralnego cyklu zajęć dla doktorantów nt. “Statistics and data analysis”,
- prowadzenie wykładów i ćwiczeń z takich przedmiotów jak: “Metody numeryczne I”, “Wydobywanie wiedzy”, “Systemy informacji drogowych”,
- prowadzenie cyklu szkoleń nt. “Ekonomika transportu, systemy PMS i KEB”, “Parametry oceny stanu nawierzchni”, “Podstawy statystyki i przetwarzania danych”, “System udostępniania danych drogowych – Droga online”,
- wypromowanie jednej pracy magisterskiej,
- członkostwo z wyboru w Radzie Naukowej Instytutu Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk.

Generalnie pozostała aktywność naukowa oraz aktywność dydaktyczna i organizacyjna habilitanta jest na bardzo dobrym poziomie. Jedyne może trochę zaskakiwać mała liczba wypromowanych dyplomantów. Jednak biorąc pod uwagę, że dr inż. Karol Opara jest pracownikiem Instytutu Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk jest to całkowicie zrozumiałe. Dodatkowo można jeszcze wspomnieć, że habilitant po uzyskaniu stopnia doktora otrzymał stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (na lata 2020–2022) dla wybitnych młodych naukowców jak również otrzymał Nagrodę stopnia I od Rektora Politechniki Warszawskiej za osiągnięcia naukowe w roku akademickim 2018/2019.

4 Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę dokonaną ocenę jednotematycznego cyklu publikacji a także ocenę pozostałej istotnej aktywności naukowej oraz aktywności dydaktycznej i organizacyjnej habilitanta stwierdzam, że dorobek naukowy uzyskany przez dr inż. Karola Oparę po otrzymaniu stopnia naukowego doktora wskazuje na znaczący wkład habilitanta w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja. Dodatkowo inne znaczące osiągnięcia naukowe, realizowane projekty oraz wdrożenia opracowanych przez habilitanta metod (między innymi w aspekcie projektu ASPEN dotyczącego oceny stanu nawierzchni jezdni oraz algorytmu scalania zdjęć fragmentów nawierzchni zbudowanej z płyt betonowych) również wnoszą znaczny wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja. Osiągnięcie naukowe wskazane i opisane w dokumentacji habilitacyjnej może stanowić podstawę do rozpatrzenia wniosku dr inż. Karola Oparę o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja. Podsumowując stwierdzam, że dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny habilitanta spełnia w pełni wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja i tym samym wnoszę o dopuszczenie dr inż. Karola Oparę do dalszych faz przewodu habilitacyjnego.