

## INFORMACJA O PROPONOWANEJ DO OTWARCIA ROZPRAWIE DOKTORSKIEJ

### Wykorzystanie idei „linkage learning” w rozwiązywaniu ciągłych problemów optymalizacyjnych

Doktorant: **mgr inż. Marcin KOMARNICKI**

Promotor: **prof. dr hab. inż. Halina KWAŚNICKA**

Promotor pomocniczy: **dr inż. Michał PRZEWOŹNICZEK**

#### *Uzasadnienie podjęcia tematu*

Wiele praktycznych problemów można zdefiniować jako problemy optymalizacyjne o ciągłej przestrzeni przeszukiwań. Wśród metod używanych do rozwiązywania takich problemów można wyróżnić m.in. algorytmy ewolucyjne [2]. Do porównania skuteczności metod tej klasy, stosuje się testowe problemy optymalizacyjne o zadanych własnościach. Szczególną uwagę poświęca się trudnym problemom testowym, które sprawiają kłopot dotychczas zaproponowanym metodom optymalizacji. Zakłada się, że jeżeli metoda potrafi znaleźć zadowalające rozwiązanie dla trudnych problemów testowych to powinna skutecznie rozwiązywać problemy praktyczne o podobnych cechach.

Za jedne z najtrudniejszych problemów testowych o ciągłej dziedzinie uznaje się problemy opublikowane w ramach, jednej z wiodących konferencji dotyczących metod ewolucyjnych, *IEEE Congress on Evolutionary Computation* [1]. Trudność tych problemów można skalować poprzez odpowiednie zwiększanie lub zmniejszanie liczby wymiarów. Im większa liczba wymiarów, tym problem uznawany jest za trudniejszy [6].

Innym kierunkiem poszukiwań trudnych problemów testowych są problemy o innej, trudnej strukturze. W przeciwieństwie do dyskretnych problemów testowych, brakuje ciągłych problemów o hierarchicznej strukturze, którym można nadać także charakter zwodniczy. Zarówno hierarchiczne problemy [4], jak i zwodnicze problemy o dyskretnym przestrzeni przeszukiwań są skutecznie rozwiązywane przez najnowsze dyskretnie metody ewolucyjne [5], który wykorzystują mechanizmy typu „linkage learning” [3]. Pozostałe metody, które nie używają tego typu mechanizmów osiągają znacznie niższą skuteczność.

#### *Cel rozprawy*

Opracowanie nowej metody ewolucyjnej wykorzystującej idee „linkage learning”, która rozwiązywałaby hierarchiczne problemy zwodnicze o ciągłej przestrzeni przeszukiwań skuteczniej niż inne, znane z literatury, metody bazujące na idei ewolucji.

#### *Metodyka badań*

Badania zostaną przeprowadzone przy użyciu metod ewolucyjnych, które zostały zaprojektowane do rozwiązywania ciągłych problemów optymalizacyjnych. Zbiór problemów badawczych składał się będzie z problemów optymalizacyjnych o różnych cechach i ciągłej przestrzeni przeszukiwań. Skuteczność metod zostanie zmierzona stosując błąd przybliżenia. Parametry wszystkich, wybranych do badań, metod optymalizacji zostaną dostrajane przy użyciu tej samej procedury dostrajania. Istotność otrzymanych wyników zostanie sprawdzona odpowiednimi testami statystycznymi. Nakład obliczeniowy zostanie zmierzony przy użyciu liczby wyliczeń funkcji oceny przystosowania (ang. *fitness function evaluation*) oraz czasu obliczeń.

#### *Zakres rozprawy*

1. Zaproponowanie i wybór zbioru hierarchicznych problemów zwodniczych o różnych własnościach i ciągłej przestrzeni przeszukiwań

2. Wybór jednopoziomowych problemów testowych o różnych cechach (problemy bez elementu hierarchii) i ciągłej przestrzeni przeszukiwań
3. Wybór trudnego problemu praktycznego z widocznymi elementami hierarchii i ciągłej przestrzeni przeszukiwań
4. Opracowanie mechanizmu bazującego na idei „linkage learning”
5. Opracowanie nowej ewolucyjnej metody obliczeniowej, która wykorzystywać będzie mechanizm opracowany w punkcie 4
6. Porównanie skuteczności metody opracowanej w punkcie 5 z innymi metodami ewolucyjnymi znanymi z literatury na podstawie problemów testowych zdefiniowanych w punktach 1 i 2
7. Porównanie skuteczności metody opracowanej w punkcie 5 z innymi metodami ewolucyjnymi znanymi z literatury na podstawie problemu praktycznego zdefiniowanego w punkcie 3

#### Uzyskane wyniki

Dotychczasowe wyniki pokazują, że ciągle metody optymalizacji bazujące na ewolucji różnicowej osiągają niską skuteczność w rozwiązywaniu hierarchicznych problemów zwodniczych. Przebadane metody uznawane są w literaturze za jedne z najskuteczniejszych. Osiągają one wysoką skuteczność dla problemów opublikowanych w ramach konferencji *IEEE Congress on Evolutionary Computation*, dla których rozpatruje się liczbę wymiarów od 20 do 2000. W przypadku hierarchicznych problemów zwodniczych, utykają one jednak w optimum lokalnym już dla czterowymiarowego problemu.

Zaproponowana przez doktoranta wstępna wersja metody ewolucyjnej wykorzystującej idee „linkage learning” uzyskuje obiecujące wyniki – znajduje optymalne rozwiązanie dla pięciowymiarowego hierarchicznego problemu zwodniczego. Niemniej jednak liczba wymiarów dla ciągłych problemów z elementami hierarchii, które jest w stanie rozwiązać metoda ewolucyjna, jest niska w porównywaniu z problemami ciągłymi bez widocznych elementów hierarchii. Tym samym, wymagane są dalsze prace nad wstępną propozycją metody.

#### Literatura

1. N.H. Awad, M.Z. Ali, J.J. Liang, B.Y. Qu, P.N. Suganthan. 2016. Problem Definitions and Evaluation Criteria for the CEC 2017 Special Session and Competition on Single Objective Real-Parameter Numerical Optimization. *Technical Report*.
2. N.H. Awad, M.Z. Ali, P.N. Suganthan, R.G. Reynolds. 2017. CADE: A hybridization of Cultural Algorithm and Differential Evolution for numerical optimization. *Information Sciences*, 215-241.
3. Y-P. Chen, D.E. Goldberg. 2005. Convergence Time for the Linkage Learning Genetic Algorithm. *Evolutionary Computation*, 279-302.
4. E.D. de Jong, R.A. Watson, D. Thierens. 2005. On the complexity of hierarchical problem solving. W *Proceedings of the 7th annual conference on Genetic and evolutionary computation (GECCO'05)*, 1201-1208.
5. S-H. Hsu, T-L. Yu. 2015. Optimization by Pairwise Linkage Detection, Incremental Linkage Set, and Restricted / Back Mixing: DSMGA-II. W *Proceedings of the 2015 Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation (GECCO'15)*, 519-526.
6. M.N. Omidvar, X. Li, K. Tang. 2015. Designing benchmark problems for large-scale continuous optimization. *Information Sciences*, 419-436.
7. M.M. Komarnicki, M.W. Przewoźniczek. 2016. Linked Genes Migration in Island Models. W *Proceedings of the 8th International Joint Conference on Computational Intelligence - Volume 3: ECTA*, 30-40.
8. M.M. Komarnicki, M.W. Przewoźniczek. 2017. Parameter-less Population Pyramid with Feedback. W *Proceedings of the 2017 Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation (GECCO'17)*. (praca w druku)
9. M.W. Przewoźniczek, K. Walkowiak, A. Sen, M.M. Komarnicki, P. Lechowicz. The Transformation of the k-Shortest Steiner Tree Search Problem into Binary Dynamic Problem for Effective Evolutionary Methods Application. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. (praca przygotowana do zgłoszenia)