

# Proaktywne algorytmy ewolucyjne w rozwiązywaniu problemów optymalizacji dynamicznej

Patryk Filipiak

## Streszczenie

Algorytmy ewolucyjne przeznaczone do rozwiązywania problemów optymalizacji dynamicznej muszą nieustannie przeglądać przestrzeń parametrów w poszukiwaniu nowych optimumów, śledząc zarazem te spośród nich, które dotychczas zostały zidentyfikowane. Zwyczajowo zadanie to realizuje się poprzez *paradygmat reaktywny* polegający na wielokrotnym obliczaniu wartości funkcji celu w ustalonych punktach dziedziny, dzięki czemu rozpoznawane mogą być zmiany środowiskowe. Słabością takiego podejścia jest fakt, że algorytmy je realizujące pozostają nieustannie jeden krok za zmianami, ponieważ detekcja obejmować może wyłącznie te spośród nich, które już miały miejsce. Mankament ów wyeliminować można stosując *paradygmat proaktywny* wykorzystujący modele predykcji w celu przewidywania przyszłych stanów środowiska w oparciu o historyczne obserwacje. Dzięki temu algorytmy ewolucyjne realizujące to podejście mogą w pewnym sensie przygotować się na nadchodzące zmiany (np. poprzez skierowanie populacji w stronę przyszłych obszarów obiecujących).

Zasadniczym wkładem naukowym mojej pracy doktorskiej jest opracowanie trzech strategii predykcyjnych, zwanych dalej *anticipation of evaluations* (ang. przewidywanie wartości funkcji celu), *anticipation of optima locations* (ang. przewidywanie położenia optimum) oraz *anticipation of landscape changes* (ang. przewidywanie zmian środowiskowych). Każda z powyższych strategii definiuje mechanizm pozwalający w łatwy sposób przekształcić dowolny reaktywny algorytm ewolucyjny w algorytm proaktywny.

*Anticipation of evaluations* jest realizacją tzw. *futurist approach* (ang. podejścia futurystycznego) wstępnie zarysowanego przez Jano van Hemerta i in. Zaproponowana przeze mnie strategia wykorzystuje model ARIMA do przewidywania przyszłych wartości funkcji celu dla elementów zbioru próbek zawartych w przestrzeni poszukiwań. W pracy swojej przedstawiam implementację owej strategii w algorytmie ewolucyjnym IDEA-ARIMA, dla którego opracowałem metodę estymacji przyszłych wartości funkcji celu w dowolnym punkcie dziedziny, jak również zaproponowałem mechanizm aktualizowania oraz redukcji wspomnianego zbioru próbek w taki sposób, aby skuteczność predykcji sukcesywnie rosła.

*Anticipation of optima locations* rozszerza model predykcji i upraszcza algorytm D-QMOO zaproponowany przez Hatzakisa i Wallace'a dla problemów optymalizacji wielokryterialnej. Pierwotny model autoregresywny zastąpiłem bardziej ogólnym modelem ARIMA przy jednoczesnym zwiększeniu rozmiaru frakcji predykcyjnej, jaka wstrzykiwana jest do populacji w każdej generacji. Ponadto zastąpiłem oryginalny algorytm znacznie prostszym w implementacji oraz uwzględniającym ograniczenia nałożone na przestrzeń poszukiwań algorytmem IDEA-FPS, będącym zaproponowaną przeze mnie proaktywną wersją algorytmu IDEA.

*Anticipation of landscape changes* jest usprawnieniem mechanizmu PredEA autorstwa Simões i Costy, wykorzystującego łańcuch Markowa w celu przewidywania przyszłych stanów środowiska. W oryginalnym podejściu zakładano pełną wiedzę na temat bieżącej postaci funkcji celu. Moje podejście, zwane UMDA-MI, wykorzystuje własność algorytmów z rodziny EDA, pozwalającą estymować rozkład statystyczny opisujący położenie najlepszych osobników w przestrzeni poszukiwań. Informację tę wykorzystuję w celu parametryzowania stanów środowiska, dzięki czemu możliwe jest pominięcie silnego założenia o pełnej wiedzy na temat funkcji celu.

Wspomniane wyżej algorytmy, tj. IDEA-ARIMA, IDEA-FPS oraz UMDA-MI, pełnią rolę tzw. *proofs of concept* dla zaproponowanych strategii predykcyjnych. W pracy przedstawione zostały rezultaty ewaluacji tychże algorytmów przy użyciu powszechnie stosowanych w literaturze dynamicznych problemów testowych zdefiniowanych w przestrzeniach ciągłych, zarówno z nałożonymi ograniczeniami jak i bez nich. Dodatkowo skuteczność proaktywnych algorytmów ewolucyjnych przetestowana została w problemie kinematyki odwrotnej w środowiskach z ruchomymi przeszkodami.