

Streszczenie

Rozprawa dotyczy efektywnego zastosowania metamodeli w algorytmach populacyjnych przeznaczonych do rozwiązywania problemów optymalizacji ciągłej. Algorytmy populacyjne stanowią wiodące metody rozwiązujące problemy czarnoskrzynkowe, tzn. takie w których jedyną możliwością interakcji z funkcją celu (f.c.) jest dokonanie jej ewaluacji. Algorytmy populacyjne należą do metod niedeterministycznych i na ogół zakładają relatywnie duży budżet optymalizacji (dostępna liczba ewaluacji f.c.). Wykorzystanie dużych budżetów optymalizacji jest niemożliwe w przypadku optymalizacji kosztownej, która zakłada znaczący czas wymagany na pojedynczą ewaluację f.c.

Metamodela odzworowują f.c. oraz pozwalają zastąpić jej kosztowną ewaluację za pomocą przybliżonej wartości w zadanym punkcie przestrzeni przeszukiwania. Dzięki temu możliwe jest ograniczenie liczby wykonanych ewaluacji f.c. lub poprawa otrzymanego rozwiązania przy zadanym budżecie optymalizacji. Metamodela znajdują zastosowanie w wielu metodach rozwiązujących problemy optymalizacji, w szczególności w algorytmach populacyjnych.

Rozprawa skupia się na efektywnych zastosowaniach metamodeli w algorytmach populacyjnych, tzn. takich które poprawiają wyniki algorytmu, są wydajne obliczeniowo oraz są skierowane do rozwiązywania szerokiej klasy problemów.

W pierwszej części rozprawy dokonano wprowadzenia do problemów optymalizacji ze szczególnym uwzględnieniem kosztu ewaluacji f.c. mającego wpływ na założony budżet optymalizacji. Wprowadzono pojęcie optymalizacji semikosztownej, która zakłada budżet optymalizacji pomiędzy $10^2 \cdot D$ a $10^4 \cdot D$ ewaluacji f.c., gdzie D jest liczbą wymiarów problemu. Stąd, dla optymalizacji kosztownej przyjęto budżet $\leq 10^2 \cdot D$, a dla taniej $\geq 10^4 \cdot D$ ewaluacji f.c. Przedstawiono metody ewaluacji algorytmów, z uwzględnieniem zbiorów testowych CEC2021 oraz COCO. Opisano wiodące metody rozwiązywania problemów optymalizacji ciągłej. Skupiono się na algorytmach populacyjnych powszechnie uznawanych za skuteczne metody rozwiązujące, takich jak te oparte o adaptacyjną ewolucję różnicową oraz adaptację macierzy kowariancji. Następnie omówiono popularne grupy metamodeli oraz znane ich zastosowania w algorytmach populacyjnych. Rozprawa dyskutuje efektywność obecnie stosowanych metod oraz prezentuje autorskie badanie

eksperymentalne czasu estymacji parametrów znanych metamodeli w zależności od wielkości zbioru uczącego oraz liczby wymiarów problemu.

Autor rozprawy proponuje cztery zastosowania metamodeli: (1) inicjalizacja metamodelem, (2) lokalna optymalizacja metamodelem, (3) preselekcja rozwiązań na podstawie wartości metamodelu oraz (4) rekurencyjna estymacja parametrów metamodelu. We wszystkich ww. rozwiązaniach jako metamodel wybrano regresję wielomianową. Zdecydowano się rozszerzać za pomocą metamodeli algorytmy: GAPS0, SHADE, R-SHADE oraz L-SHADE. Wykorzystano lokalną optymalizację metamodelem jako mechanizm poprawiający wyniki algorytmów populacyjnych w optymalizacji taniej. Wykorzystano preselekcję rozwiązań za pomocą metamodelu jako mechanizm poprawiający wyniki algorytmów populacyjnych w optymalizacji semikosztownej. Skutkiem tego, autor rozprawy proponuje pięć algorytmów populacyjnych wykorzystujących metamodel: M-GAPS0, SHADE-LM, LQ-R-SHADE, psLSHADE oraz rmmLSHADE. M-GAPS0 oraz SHADE-LM wykorzystują lokalną optymalizację metamodelem oraz inicjalizację metamodelem. LQ-R-SHADE, psLSHADE oraz rmmLSHADE są oparte o mechanizm preselekcji rozwiązań na podstawie wartości metamodelu. Dodatkowo LQ-R-SHADE korzysta z inicjalizacji metamodelem. Parametry metamodelu w rmmLSHADE są estymowane w sposób rekurencyjny za pomocą rekursywnych najmniejszych kwadratów, dzięki czemu nie jest wymagane konstruowanie zbioru uczącego.

Wszystkie algorytmy populacyjne wspomagane metamodelem zostały poddane eksperymentalnej ewaluacji z wykorzystaniem zbioru testowego CEC2021 lub COCO. W każdym przypadku wykazano zasadność z zastosowania metamodelu oraz omówiono wpływ takiej integracji na czas obliczeń algorytmu.

Rozprawę kończy dyskusja uzyskanych wyników, z uwzględnieniem efektywności lokalnej optymalizacji wspomaganej metamodelem oraz efektywności preselekcji rozwiązań. Przedstawiono możliwe dalsze kierunki badań.

Słowa kluczowe: Optymalizacja, Algorytmy Ewolucyjne, Metamodel, Model zastępczy, Metaheurystyki, Ewolucja Różnicowa

