

prof. dr hab. inż. Andrzej Obuchowicz
Uniwersytet Zielonogórski
Instytut Sterowania i Systemów Informatycznych
e-mail: a.obuchowicz@issi.uz.zgora.pl

Zielona Góra, 11 sierpnia 2018

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Pawła Liskowskiego

Heuristic Algorithms for Discovery of Search Objectives in Test-Based Problems

opracowana na zlecenie

Rady Wydziału Informatyki Politechniki Poznańskiej

1. Problem badawczy i jego znaczenie

Proces ewolucyjny składa się przede wszystkim z cyklicznie powtarzanych operacji reprodukcji (wybór osobników podpopulacji rodzicielskiej z bieżącej populacji), modyfikacji (kreacji osobników potomnych na bazie podpopulacji rodzicielskiej), ewaluacji (określenie jakości/dopasowania uzyskanych osobników potomnych w kontekście rozwiązywanego problemu) i sukcesji (utworzenie populacji kolejnej generacji). O ile w literaturze przedmiotu ostatnich czterech dekad poświęcono bardzo wiele uwagi konstrukcji i analizie operacji reprodukcji, modyfikacji i sukcesji w zależności od rozwiązywanego problemu, to etap ewaluacji nie doczekał się zbyt wielu opracowań. Standardowo oczekuje się, że problem, do którego rozwiązania użyty ma zostać pewien algorytm ewolucyjny, ma dobrze zdefiniowane kryterium jakości, tzn. optymalizowaną funkcję o wartościach skalarnych określoną na przestrzeni cech osobników populacji. W tej sytuacji proces reprodukcji opiera się na relacjach wzajemnych jakości osobników definiowanych przez jedynie jedną wartość skalarną. Ciężar odpowiedzialności za efektywność procesu ewolucyjnego przerzucony jest głównie na operacje modyfikacji osobników. Od modelu probabilistycznego tego procesu oczekuje się możliwie najwierniejszą estymację powiązań pomiędzy zmiennymi decyzyjnymi i wykorzystania jej do kreacji osobników potomnych o obiecujących cechach. Powyższa metodyka

zawodzi, kiedy wyznaczanie wartości funkcji dopasowania jest trudne, czy wręcz niemożliwe. Tego typu zagadnieniami jest, na przykład, szeroka klasa problemów bazujących na testach, w których rozwiązania weryfikuje się na pewnym zbiorze testów. W takich przypadkach funkcję dopasowania danego rozwiązania można zdefiniować jako liczbę testów pozytywnie zweryfikowanych. Jednakże tego typu skalaryzacja funkcji oceny jest procesem stratnym i, jak pokazuje autor w swojej pracy, prowadzi do niepożądanych efektów, np. efektu wąskiego gardła prowadzącego do przedwczesnej zbieżności.

W przedstawionej do recenzji pracy doktorskiej podejście jest zgoła inne. Na etapie reprodukcji nie wykorzystuje się skalarnej funkcji oceny, lecz do wskazania interesujących obszarów generowania nowych rozwiązań wykorzystuje się relacje pomiędzy bieżącymi osobnikami a testami. Wobec braku jawnej funkcji celu, proces musi na bazie aktualnych rozwiązań odkrywać wieloaspektowe cechy i powiązania pomiędzy elementami populacji kreując cele przeszukiwań (*ang.* discovery of search objectives).

Wobec powyższych faktów, propozycja algorytmów automatycznego heurystycznego wykrywania celów przeszukiwań i zastosowania ich do ewolucyjnych procesów rozwiązujących zagadnienia bazujące na testach, co stanowi cel przedstawionej do opinii pracy doktorskiej, jest zasadna i jak najbardziej godna realizacji.

2. Wkład autora

Zasadniczym wkładem autora jest opracowanie, analiza i wprowadzenie do algorytmów ewolucyjnych rozwiązujących wybrane problemy bazujące na testach dwóch algorytmów wykrywania celów przeszukiwań:

- algorytm DOC—wykorzystujący heurystyczne grupowanie wektorów opowiedzi testów na poszczególne rozwiązania populacji;
- algorytm DOF—wykorzystujący nieujemną faktoryzację macierzy interakcji.

Ponadto autor opracował algorytm SFIMS, w którym mechanizm nieujemnej faktoryzacji macierzy, zawierającej jedynie losowe próby interakcji rozwiązanie–test, wykorzystano do predykcji pozostałych interakcji. Dzięki temu mechanizmowi znacznie zredukowano koszt estymacji dopasowania rozwiązań. Dla wszystkich algorytmów przeprowadzono wartościową analizę ich właściwości, a także przekonującą o ich efektywności analizę eksperymentalną.

Każda z opracowanych wyżej wspomnianych metod wymagała od doktoranta rozwiązania

wielu problemów szczegółowych, wymagających rozważenia i przetestowania opcji alternatywnych.

Na szczególne wyróżnienie zasługuje dorobek publikacyjny doktoranta. Pośród blisko 20 pozycji, których autorem lub współautorem jest doktorant, wskazać należy 3 artykuły opublikowane w prestiżowych czasopismach wyróżnionych w *Journal Citation Report*, są to

- *IEEE Trans. Medical Imaging* (IF=6.131),
- *Evolutionary Computation* (IF=2.388),
- *Int. Jour. Applied Mathematics and Computer Science* (IF=1.694).

Publikacje w tych czasopismach świadczą o wartości uzyskanych wyników przez doktoranta i ich uznaniu w oczach światowych ekspertów - recenzentów tychże czasopism. Pośród pozostałych publikacji znaczącą część stanowią referaty w materiałach konferencyjnych prestiżowych konferencji w dziedzinie reprezentowanej przez doktoranta i wyróżnionych w *Web of Sciences*, takich jak GECCO, PPSN, czy EvoGP.

3. Poprawność

Z punktu widzenia koncepcji i struktury pracy uderza dość znaczna liczba 13 rozdziałów. Bez utraty merytorycznych informacji rozdziały od 2 do 4 mogłyby stanowić jeden rozdział. Ponadto, przydatne dla czytelnika byłoby umieszczenie w pracy spisów stosowanych symboli i licznych w pracy skrótów.

Przeprowadzone analizy i dowody są właściwe i poprawnie zrealizowane. Na szczególne wyróżnienie zasługuje przejrzystość przeprowadzanych rozważań i analiz. Stwierdzenia są uzasadnione, bądź podane są odnośniki do literatury, gdzie odpowiednie uzasadnienie można odnaleźć. Mankamentów można doszukiwać się w opisie eksperymentów symulacyjnych. Wobec licznych parametrów sterujących występujących w realizacji każdego z eksperymentów, wartości większości z nich doktorant ustala w sposób arbitralny, bez jakiegokolwiek uzasadnienia dokonanego wyboru, czy to na bazie rozważań heurystycznych, czy na bazie próbnych badań eksperymentalnych. Ponadto pojawiają się nieliczne, mało istotne niedociągnięcia typu wprowadzenie wyjaśnień terminów już po ich wcześniejszym użyciu, np. nawias Iwersena wyjaśniono na stronie 78, kiedy po raz pierwszy termin ten pojawił się już na stronie 30.

4. Wiedza kandydata

Opiniowana praca składa się z 13 rozdziałów uzupełnionych o niespotykane w tego typu pracach bogatą bibliografię 370 pozycji cytowanej literatury, zawierającej wyczerpujący zbiór publikacji obejmujący stan badań prowadzonych w obszarze zainteresowania pracy. Rozdziały od 2 do 5 stanowią omówienie istniejącego stanu wiedzy z zakresu obliczeń ewolucyjnych (rozdział 2), a w szczególności algorytmów koewolucyjnych (rozdział 3) i programowania genetycznego (rozdział 4). Rozdział 5 wprowadza w świat problemów bazujących na testach. Ponadto elementy wiedzy dziedzinowej pojawiają się we wprowadzających podrozdziałach rozdziałów od 6 do 12, w których doktorant zawarł oryginalne wyniki prac swoich, jak również zespołu badawczego, którego jest członkiem.

Autor, moim zdaniem, zbyt obszernie i przesadnie wyczerpująco pragnął wprowadzić nas w obszar badań. Wiele z przekazywanych informacji o własnościach omawianych zagadnień, bogato podpieranych odnośnikami literaturowymi, jest właściwie nieistotna w kontekście zasadniczego nurtu pracy. Tego typu praktyka, między innymi, jest przyczyną pewnego rozdmuchania bibliografii do aż 370 pozycji. Z drugiej strony tym sposobem doktorant ujawnił swoją szeroką wiedzę z zakresu sztucznej inteligencji, w szczególności uczenia maszynowego, obliczeń ewolucyjnych, optymalizacji parametrycznej i wielokryterialnej. Wykazał się wysoką poprawnością terminologiczną i właściwie ją stosował.

5. Inne uwagi

Umiejętne wyróżnienie w tekście pracy najistotniejszych wniosków i faktów ułatwiają czytelnikowi śledzenie myśli autora. Podobną rolę pełnią wprowadzenia do każdego z rozdziałów, oraz podsumowania i dyskusje na koniec każdego z istotniejszych podrozdziałów i rozdziałów. Na szczególne wyróżnienie zasługuje również wysoka jakość edytorska pracy.

Z uwag merytorycznych nurtuje mnie jako czytelnika jedno pytanie. Jaki związek z proponowanymi w pracy technikami DOC, DOF i SFIMX ma wprowadzone i szeroko omówione pojęcie *performance profile*, co możemy tłumaczyć jako profil wydajności, czy profil skuteczności? Czy ten profil może być i był wykorzystany w zaproponowanych metodach? Sam nie doszukałem się powiązań.

6. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę opinie zaprezentowane w poprzednich punktach i wymagania zdefiniowane przez artykuł 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach i tytułach naukowych (z

późniejszymi zmianami) moja ocena rozprawy pod względem trzech podstawowych kryteriów jest następująca:

A. Czy rozprawa zawiera oryginalne rozwiązanie problemu aukowego?

Zdecydowanie Tak

B. Czy po przeczytaniu rozprawy zgadzasz się, że kandydat posiada ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie Informatyka?

Zdecydowanie Tak

C. Czy kandydat posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy doktorskiej?

Zdecydowanie Tak

Wnoszę o przyjęcie rozprawy przez odpowiednią Komisję powołaną przez Radę Wydziału Informatyki Politechniki Poznańskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony w dyscyplinie Informatyka.

Ponadto, biorąc pod uwagę dorobek naukowy doktoranta i otrzymane przez niego rezultaty badań, a w szczególności mając na uwadze wyróżniający się dorobek publikacyjny, obejmujący publikacje w prestiżowych czasopismach o wysokim IF oraz na renomowanych w dyscyplinie światowych konferencji naukowych, rekomenduję wyróżnienie rozprawy doktorskiej.

