

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Teodora Niżyńskiego

zatułowanej:

Uczenie maszynowe i analiza krajobrazu przestrzeni w rozwiązywaniu wybranych problemów szeregowania zadań i marszrutyzacji

1. Problem badawczy i jego znaczenie

Jaki jest najważniejszy problem rozważany w rozprawie?

Doktorant postawił sobie niezmiernie trudny problem zastosowania wybranych metod obliczeniowych oraz związanych z uczeniem maszynowym do poprawy skuteczności działania metaheurystyk stosowanych do rozwiązywania trudnych problemów kombinatorycznych, przyjmując za cel zwiększenie inteligencji metod obliczeniowych przez różnego rodzaju hybrydyzacje (np. z metodami neuronowymi lub metodami bezpośrednio nimi inspirowanymi czy też uczeniem ze wzmocnieniem). Postawiony cel jest niezmiernie ambitny a podejmowanie tego typu badań w sposób systematyczny i uporządkowany niewątpliwie doprowadzi jeśli nie do całkowitego sukcesu to do zwiększenia wiedzy nt. wspomnianych problemów (tutaj są to problemy marszrutyzacji i szeregowania) oraz technik ich rozwiązywania.

Czy ma on charakter naukowy?

Za cel pracy Doktorant przyjął empiryczne wykazanie prawdziwości następujących tez:

1. Korzystając ze sztucznych sieci neuronowych lub analizy krajobrazu przestrzeni rozwiązań możliwe jest poprawienie efektywności działania konwencjonalnych algorytmów metaheurystycznych, rozumiane jako uzyskiwanie w tym samym koszcie (np. czasowym) rozwiązań o wyższej jakości.
2. Sposób przeprowadzenia próbkowania przestrzeni rozwiązań może mieć istotny wpływ na wartości estymacji miar tej przestrzeni.
3. Korzystając ze sztucznych sieci neuronowych oraz analizy krajobrazu przestrzeni rozwiązań możliwe jest rozwiązywanie problemu wyboru algorytmu.
4. Możliwe jest zastępowanie elementów klasycznych algorytmów metaheurystycznych przez zaawansowane metody oparte o sieci neuronowe w ramach uczenia ze wzmocnieniem.

WPLYNĘŁO
05-04-2024

Doktorant działa więc zgodnie z klasycznym podejściem wg Karla Poppera - stawia tezy których stara się dowieść, tezy są falsyfikowalne (z pewnymi uwagami dyskusyjnymi do których wrócę w sekcji późniejszej dotyczącej poprawności) przy założeniu przeprowadzenia podobnego postępowania przez osobę chcącą potencjalnie dowieść ich braku poprawności. Na uwagę zasługuje fakt, iż taka osoba znalazłaby w rozprawie wystarczająco dużo wskazówek, aby proponowane algorytmy zaimplementować własnoręcznie, dlatego też przedstawione przez Doktoranta idee są reprodukowalne. Wspomniane cechy jednoznacznie potwierdzają charakter naukowy zarówno problemu jak i wpasowanie podejścia w klasyczne ramy metody naukowej.

Czy ma on znaczenie praktyczne?

Zwiększanie skuteczności i efektywności działania metaheurystyk jako jedynych racjonalnych metod rozwiązywania trudnych problemów optymalizacyjnych, w szczególności kombinatorycznych, ma niezmiernie duże znaczenie praktyczne i może pozwolić na uzyskanie lepszych niż do tej pory rozwiązań suboptymalnych przy pomocy tych samych algorytmów.

2. Wkład Doktoranta

Autor w ramach swojej rozprawy zaprezentował następujące osiągnięcia, mające na celu dowiedzenie poprawności stawianych tez:

- Modyfikacja istniejących algorytmów metaheurystycznych z wykorzystaniem metod opartych o sieci neuronowe, w tym uczenia ze wzmocnieniem oraz mechanizmów neuronowych do rozwiązywania problemów optymalizacji dyskretnej.
- Opracowanie metody rozwiązywania problemu wyboru algorytmu dla klasycznego problemu komiwojażera, wykorzystującą analizę przestrzeni rozwiązań i uczenie maszynowe.
- Analizę wpływu stopnia próbkowania przestrzeni rozwiązań na wartości numeryczne metryk analizy przestrzeni rozwiązań.
- Przeprowadzenie eksperymentów obliczeniowych na instancjach liczbowych oraz na popularnych, uznanych zbiorach danych.

Doktorant przedstawia powyższe osiągnięcia oraz dyskusję otrzymanych wyników, podając argumenty za poprawnością przyjętych tez. Do owych argumentów odniosę się również za moment w sekcji dotyczącej poprawności.

3. Poprawność

- a. Przez rozprawę przewija się określenie „optimum lokalne” - jest ono niepoprawne językowo, optimum jest zawsze tylko jedno, gdyż oznacza rozwiązanie „najlepsze”, w pozostałych przypadkach poprawnym jest użycie słowa „ekstremum”.
- b. W rozdziale 6 Doktorant prowadzi rozważania w kierunku rozwiązywania problemu wyboru algorytmu na przykładzie instancji TSP ze znanej bazy TSPLIB. Wykorzystuje konstrukcję sieci lokalnych ekstremów jako cech, które następnie zostają przetworzone przez klasyfikator zaimplementowany w popularnej bibliotece WEKA. Celem jest predykcja skuteczności par algorytmów bez ich uruchamiania. Osiągnięte wyniki w większości

przypadków są przekonujące (68,4 czy 73,7) ale zdarzają się też rezultaty bliższe rzutowi monetą - np. 52,6. Problematiczne dla mnie jest wyciąganie ogólnych wniosków w kontekście tezy nr 3 na podstawie tak zawężonego zakresu badań - jeden problem, kilkanaście instancji. Poza tym nie podoba mi się samo sformułowanie tezy, którą można sparafrazować w ten sposób że jeśli „jakoś” wykorzystamy sieci neuronowe oraz analizę krajobrazu przestrzeni to rozwiążemy problem doboru algorytmu. Proponuję doprecyzowanie tej tezy.

- c. W kontekście problemu doboru algorytmu - nie do końca zgadzam się z celem badań ograniczonym li tylko do doboru algorytmu. Zgodnie z pracą Wolpert and MacReady nt. tzw. No Free Lunch Theorem, wybór metody optymalizacji to dopiero pierwszy krok, następnie konieczny jest dobór jej parametrów - czy taki dobór parametrów był realizowany? Proszę odnieść się do tego biorąc pod uwagę prace Lopez-Ibanez, Stutzle nt. metody irace jako jednej z możliwości realizacji tuningu parametrów metaheurystyk.
- d. Druga z tez pozbawiona jest wad, zaplanowane i zrealizowane badania są przekonujące i weryfikują niestety postawioną tezę. Z jednej strony szkoda, z drugiej strony fakt napotykania trudności w analizie cech problemów o większych rozmiarach (a na to wskazują wprost demonstrowane metryki) nie jest specjalnym zaskoczeniem. Dalsze zwiększanie rozmiarów analizowanych problemów doprowadziłoby pewnie do jeszcze większych problemów interpretacyjnych. Niemniej jednak doceniam podjęcie przez Doktoranta tego tematu. Przyznam się jednak, że nawet gdyby Doktorant znalazł niezmiennicze metryki dla badanych instancji problemów, niewątpliwie zarzuciłbym temu postępowaniu brak skalowalności na większe problemy, które w proponowany sposób po prostu nie mogą zostać zbadane...
- e. W rozdziale 8 Doktorant opisuje neuronowo-inspirowany algorytm tabu w celu utrudnienia metaheurystyce wpadania w cykle rozwiązań. Konstrukcja tej metody jest ciekawa, podoba mi się fakt tylko „częściowego” wprowadzania zabronionych kierunków w poszukiwaniach co jest wynikiem badania podobieństwa w przypadku obliczania funkcji przejścia $y_{i,j}(t+1)$. Zastosowanie wspomnianego mechanizmu doprowadza do polepszenia efektywności tak opracowanej metaheurystyki w porównaniu do metody bazowej (zwykłego algorytmu tabu). Doktorant wskazuje w ten sposób potwierdzenie tezy numer 1. Takie stwierdzenie wzbudza pewien niedosyt, gdyż istnieje wiele modyfikacji metody tabu (choćby najprostszą metodą jest wykorzystanie różnego typu pamięci - krótko, średnio i długoterminowej) i warto by było aby Doktorant odwołał się do kilku z nich. W trakcie obrony byłbym wdzięczny za wskazanie wybranych modyfikacji i porównanie ich z zaproponowanym algorytmem chociażby na poziomie konceptualnym.
- f. Mam również uwagi do sformułowania tezy numer 1 - otóż można ją zinterpretować w taki sposób, że jak weźmiemy jakąkolwiek metodę analizy przestrzeni albo jakąkolwiek sieć neuronową to doprowadzimy do zmniejszenia kosztu czasowego uruchamiania algorytmów. Proszę tę tezę uściślić oraz odnieść się do faktu wyciągania ogólnych wniosków z ograniczonej liczby wykonanych badań.
- g. Rozdział 9 przedstawia ideę zastosowania RL i sieci neuronowych w szczególności uczenia głębokiego do poprawy działania metaheurystyk. Z

założonych prac Doktorant zrealizował dwie fazy, pozwalające na wstępną ocenę skuteczności działania uczenia ze wzmocnieniem do doboru parametrów wyżarzania a w szczególności obniżania temperatury. Dalsza część rozdziału pozwala tak naprawdę przyjrzeć się możliwym dalszym planom badawczym Doktoranta, z resztą sam stwierdza, że rozdział 9 jest poświęcony badaniom wstępnym. Nie do końca rozumiem koncentrację w owym rozdziale, w zasadzie od samego początku omawiania „faz” badań, na aspektach implementacyjnych - Doktorant określa biblioteki, języki programowania - zwykle na to jest czas później, a często takie dywagacje umieszcza się w dodatkach do rozprawy - badania naukowe w dyscyplinach informatycznych wiążą się np. z opracowaniem algorytmów i ich weryfikacją eksperymentalną w porównaniu do istniejących, kwestie implementacyjne schodzą na drugi plan pod warunkiem zadbania o odpowiednie parametry środowiska testowego. W podsumowaniu pracy Doktorant stwierdza, że nawet rozdział podający wyniki wstępne i tak wystarczy do potwierdzenia tezy numer 4 - znowu w tym temacie mam uwagę, że na bazie ograniczonych eksperymentów Doktorant wyciąga bardzo ogólne wnioski. To co niewątpliwie Doktorant wykazał, to fakt, że w algorytmie SA w problemach które rozwiązywał, udało się kreatywnie wykorzystać mechanizmy uczenia ze wzmocnieniem - ale tylko tyle. Aby mówić szerzej o wykorzystaniu tego typu algorytmów, należałoby przeprowadzić badania z większą liczbą algorytmów oraz metod RL.

- h. Doktorant jako warunek stopu dla swoich metaheurystyk wykorzystuje czas - jest to poprawne podejście pod warunkiem, że na komputerze na którym są realizowane badania nic innego w systemie operacyjnym się nie dzieje. Zwykle trudno jest zagwarantować tak jednolite i niezależne środowisko testów - proszę odnieść się do możliwości wykorzystania innych metryk do porównania algorytmów, przykładowo metryką agnostyczną w stosunku do sprzętu jest liczba wywołań funkcji przystosowania.

4. Wiedza Doktoranta

Doktorant w sposób systematyczny i schludny przedstawia swoje rozważania w profesjonalnie złożonej i wydanej rozprawie, posiadającej klasyczną strukturę oczekiwaną od prac naukowych. Rozprawa rozpoczyna się od przeglądu stanu wiedzy pozwalającego na rozejrzenie się przez czytelnika w metodach i teorii niezbędnych do zrozumienia rozważań dotyczących proponowanych algorytmów i eksperymentów podanych w drugiej części. Doktorant w sposób umiejętny podaje najważniejsze fakty z dziedziny metod obliczeniowych, w szczególności metaheurystyk, a także wybranych elementów z obszaru uczenia maszynowego. Sposób przedstawienia tej wiedzy a następnie zastosowanie jej elementów w dyskusji poszczególnych osiągnięć i oparcie na nich wniosków w kontekście dowiedzenia postawionych tez, świadczy o dużej wiedzy Doktoranta oraz umiejętności jej stosowania w praktyce.

5. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę opinie zaprezentowane w poprzednich punktach i wymagania zdefiniowane przez aktualnie obowiązującą ustawę o szkolnictwie wyższym i nauce w zakresie przyznawania stopni naukowych i tytułu naukowego a także traktując zgłoszone przeze mnie w sekcji dotyczącej poprawności uwagi krytyczne raczej jako punkty wyjścia do dyskusji niż poważne wady przedstawionego rozumowania, moja ocena rozprawy pod względem trzech podstawowych kryteriów wymaganych zgodnie z w.w. Ustawą jest następująca:

1. Potwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.
2. Potwierdzam, że Doktorant posiada ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja
3. Potwierdzam, że Doktorant posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenia, zwracam się do Rady Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Wrocławskiej z wnioskiem o dopuszczenie Pana mgr inż. Teodora Niżyńskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



