

RADA NAUKOWA DISCYPLINY
INFORMATYKA TECHNICZNA I TELEKOMUNIKACJA POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

zaprasza na
PUBLICZNĄ OBRONĘ ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr. inż. Jana Karwowskiego

która odbędzie się w dniu **7.02.2023**, o godzinie **14:00** w trybie stacjonarnym

Temat rozprawy:

Aproksymacja stanu równowagi Stackelberga w grach wielokrokowych o sumie niezerowej z niepełną informacją z użyciem metod Monte Carlo

Promotor: prof. dr hab. inż. Jacek Mańdziuk – Politechnika Warszawska

Recenzenci: prof. dr hab. inż. Rafał Scherer – Politechnika Częstochowska

prof. dr hab. inż. Michał Woźniak – Politechnika Wrocławska

Obrona odbędzie się w Sali nr 40 w Budynku Wydziału Matematyki i Nauk Informatycznych (Koszykowa 75). Osoby zainteresowane uczestnictwem w obronie proszone są o zgłoszenie chęci uczestnictwa na adres sekretarza komisji: dr hab. inż. Macieja Grzenda, prof. uczelni, email: maciej.grzenda@pw.edu.pl, do dnia 3.02.2023 do godz. 16.00.

Z rozprawą doktorską i recenzjami można zapoznać się w Czytelni Biblioteki Głównej Politechniki Warszawskiej, Warszawa, Plac Politechniki 1.

Streszczenie rozprawy doktorskiej i recenzje są zamieszczone na stronie internetowej: www.bip.pw.edu.pl/Postepowania-w-sprawie-nadania-stopnia-naukowego/Doktoraty/Wszczete-do-30-kwietnia-2019-r/Dyscyplina-informatyka-techniczna-i-telekomunikacja-dziedzina-nauk-inzynieryjno-technicznych/mgr-inz.-Jan-Karwowski

Przewodniczący Rady Naukowej Dyscypliny
Informatyka Techniczna i Telekomunikacja
Politechniki Warszawskiej
dr hab. inż. Jarosław Arabas, prof. uczelni

Streszczenie

Aproksymacja stanu równowagi Stackelberga w grach wielokrokowych o sumie niezerowej z niepełną informacją z użyciem metod Monte Carlo

Rozprawa opisuje dwie metody, będące oryginalnym wynikiem, które pozwalają przybliżyć strategię lidera ze stanu Równowagi Stackelberga w grach wielokrokowych o sumie niezerowej z niepełną informacją. Hipotezą badawczą stawianą w rozprawie jest twierdzenie, że możliwe jest zbudowanie efektywnej metody poszukiwania Równowagi Stackelberga w tych grach w oparciu o próbkowanie Monte Carlo.

Gry wielokrokowe, to rodzaj gier, w których gracze mają wiele punktów decyzyjnych, w każdym z tych punktów muszą wykonać akcję. W teorii gier często do reprezentacji gier wielokrokowych używa się postaci ekstensywnej – drzewa, gdzie węzłami są stany gry, a krawędziami ruchy możliwe do wykonania w tych stanach. Gry z niepełną informacją charakteryzują się tym, że gracze nie mają pełnej informacji o całym stanie gry, w szczególności o działaniach przeciwnika, a mogą obserwować jedynie projekcję stanu udostępniającą wybrane informacje. Dodatkowo, w tej rozprawie rozważane są tylko gry z doskonałą pamięcią, to znaczy takie, gdzie udostępniana graczowi informacja zawsze uwzględnia rozróżnienie stanów na podstawie wszystkiego co gracz dotąd zaobserwował, w tym wykonanych przez niego akcji. Suma niezerowa oznacza, że w grze dla dwóch graczy wypłaty otrzymane na koniec gry przez graczy nie muszą sumować się do zera.

Równowaga Stackelberga jest pojęciem z obszaru teorii gier. W Grze Stackelberga bierze udział dwóch asymetrycznych graczy, lider i naśladowca. Lider wybiera strategię mieszaną jako pierwszy, następnie upublicznia ją. Naśladowca wybiera swoją strategię znając już strategię lidera. Model Stackelberga zakłada pełną racjonalność naśladowcy, czyli zachowanie gdzie naśladowca zawsze wybierze strategię, która daje mu najlepszą możliwą wypłatę. Stanem Równowagi Stackelberga nazywamy układ strategii lidera i naśladowcy, gdzie strategia naśladowcy jest optymalną odpowiedzią na strategię lidera, a strategia lidera daje liderowi najwyższą możliwą wypłatę spośród wszystkich układów strategii spełniających warunek optymalnej odpowiedzi naśladowcy. Rozprawa wskazuje pozycje w literaturze, które mówią o praktycznym zastosowaniu Równowagi Stackelberga w sytuacjach związanych z interakcją pomiędzy siłami bezpieczeństwa (np. policją, strażą graniczną), a łamiącymi prawo (przemysłowcami, terrorystami).

Po zdefiniowaniu potrzebnych pojęć z teorii gier zaprezentowane są istniejące w literaturze podejścia do obliczeniowego wyznaczania Równowagi Stackelberga. Duża część z istniejących w literaturze podejść jest dedykowana bardzo szczególnym podklasom wielokrokowych Gier Stackelberga o sumie niezerowej z niepełną informacją. Są to metody, które wykorzystują specyficzne cechy w strukturze gry, aby znacznie przyspieszyć obliczenia. Tych metod nie da się uogólnić na całą klasę gier rozważaną w rozprawie. Zaprezentowane są również metody z literatury dedykowane całej wspomnianej klasie gier. Wszystkie prezentowane metody, zarówno te specyficzne dla danej klasy, jak i ogólne wykorzystują programowanie liniowe jako istotny

element rozwiązania. Część metod konstruuje program liniowy, który wylicza stan równowagi, w przypadku części metod wyliczanych jest wiele programów liniowych, a sama strategia jest uzyskiwana z pomocą fragmentów działających poza programowaniem liniowym. Analiza metod z literatury wskazuje powtarzające się elementy, które można wykorzystać przy budowie nowych metod rozwiązujących Gry Stackelberga. Są to: technika przeglądania wszystkich strategii naśladowcy i dobierania do każdej z nich strategii lidera, metoda generowania kolumn, metoda podwójnej wyrocni. Oprócz samych metod wskazany jest też zbiór Search Games wykorzystywany przez niektóre prace opisujące te metody, który można wykorzystać do ewaluacji eksperymentalnej metod rozwiązujących Gry Stackelberga.

Następnie prezentowany jest główny wkład autora rozprawy w dziedzinę. Pierwszym elementem jest rodzina gier z niepełną informacją rozgrywanych na grafach, która została wykorzystana do eksperymentalnej ewaluacji metod. W skład tej rodziny wchodzi trzy różne zbiory gier testowych. Drugim elementem jest opis dwóch metod do poszukiwania strategii lidera, która będzie dobrym przybliżeniem strategii lidera z Równowagi Stackelberga. Obie proponowane metody wykorzystują popularną metodę rozwiązywania gier z pełną informacją, na przykład gier planszowych, nazywaną Upper Confidence Bound applied to Trees (UCT). Metoda UCT w trakcie swojego działania buduje drzewo statystyk na temat ruchów, nazywane drzewem UCT. Pierwsza z metod, nazwana Mixed-UCT opiera się o wielokrotne uruchamianie metody UCT w grze dla jednego gracza, gdzie lider wybiera swoje ruchy, a ruchy naśladowcy pochodzą z wcześniej ustalonej strategii. Następnie statystyki zebrane w ten sposób w drzewie UCT są przekształcane w strategię mieszaną lidera. Ten proces jest powtarzany iteracyjnie, a po każdym uzyskaniu strategii lidera, aktualizowana jest ustalona strategia naśladowcy, przeciwko której rozgrywane są symulacje UCT, tak aby uwzględnić fakt, że strategia naśladowcy powinna być najlepszą odpowiedzią na strategię lidera. Metoda Mixed-UCT jest następnie uruchomiona na zbiorze testowym gier, które są bliskie sumie zerowej i porównana z metodami z literatury, które da się stosować do ogólnej klasy gier. Wyniki tych eksperymentów pokazują, że Mixed-UCT jest znacznie szybsza od metod z literatury dla dużych gier testowych, a otrzymane strategie są tylko nieznacznie gorsze od strategii optymalnych. Potrzebuje też dużo mniej pamięci operacyjnej. Niestety Mixed-UCT nie działa zbyt dobrze dla gier o sumie dalszej od sumy zerowej. Druga metoda, nazwana O2-UCT, nie stosuje podejścia UCT bezpośrednio. Główna zasada działania tej metody to wielokrotne próbkowanie strategii naśladowcy, a następnie dobieranie do niej strategii lidera tak, aby spełniony był warunek, że strategia naśladowcy jest najlepszą odpowiedzią na tę strategię lidera, a w drugiej kolejności, żeby wypłata lidera była możliwie duża. W tej metodzie podejście UCT wykorzystywane jest do ukierunkowanego próbkowania strategii naśladowcy tak, aby preferować strategie dla których da się budować strategię lidera o dużej wypłacie. Sama metoda dobierania strategii lidera opiera się o koncepcję podwójnej wyrocni. Naprzemiennie poprawiana jest strategia lidera i poszukiwana jest najlepsza odpowiedź naśladowcy. W zależności od tego jaka odpowiedź została znaleziona, zmienia się kierunek poprawy strategii lidera. Metoda O2-UCT została przetestowana eksperymentalnie

na trzech zbiorach gier testowych i porównana z metodami z literatury. Dla wszystkich zbiorów testowych, dla dużych instancji gier testowych O2-UCT jest szybsza od metod z literatury. Wartości wypłat uzyskiwane przez strategie są bardzo bliskie optymalnym dla wszystkich gier, dla których udało się policzyć rozwiązania dokładne.

Wyniki eksperymentalne badające zaproponowane w tej rozprawie metody potwierdzają hipotezę badawczą postawioną w rozprawie.

Słowa kluczowe: Równowaga Stackelberga, UCT, MCTS

A handwritten signature in blue ink, reading "Jan Komar". The signature is written in a cursive, flowing style.

Częstochowa, dn. 5 grudnia 2022 r.

prof. dr hab. inż. Rafał Scherer
Katedra Inteligentnych Systemów Informatycznych
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki
Politechnika Częstochowska
al. Armii Krajowej 36
42-200 Częstochowa

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Jana Karwowskiego, pt.: Aproksymacja stanu równowagi Stackelberga w grach wielokrokowych o sumie niezerowej z niepełną informacją z użyciem metod Monte Carlo.

Niniejszą recenzję opracowano na wniosek Rady Dyscypliny Naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Warszawskiej, która na posiedzeniu dnia 21 czerwca 2022 roku powołała mnie na recenzenta. Promotorem jest prof. dr hab. inż. Jacek Mańdziuk.

1. Charakterystyka tematu, celu i tezy badawczej rozprawy

Stan równowagi Stackelberga jest to stan, w którym dwóch lub więcej graczy pragnie osiągnąć najlepsze możliwe rozwiązanie dla swoich interesów. W tym stanie, każdy gracz działa w sposób, który pozwala im maksymalizować ich korzyści, biorąc pod uwagę działania pozostałych graczy. Zastosowanie stanu równowagi Stackelberga jest szerokie i może dotyczyć różnych dziedzin, takich jak ekonomia, politologia czy inżynieria. Recenzowana praca dotyczy znajdowania przybliżonego rozwiązania wybranych rodzin gier.

2. Zawartość rozprawy

Recenzowana praca mgr inż. Jana Karwowskiego składa się ze streszczeń, pięciu rozdziałów, bibliografii oraz dodatku. Dokument liczy 165 stron.

Pierwszy rozdział zawiera krótkie wprowadzenie do tematyki teorii gier oraz równowagi Stackelberga. Omawia zastosowania teorii gier w najróżniejszych dziedzinach życia i techniki. Doktorant zauważa, że zastosowania skupiają się na grach jednokrokowych, w tym tą cechą mają zastosowania w grach obronnych. Występuje wyraźny brak metod pozwalających na obliczanie równowagi Stackelberga w grach wielokrokowych. Wprowadzono również pojęcie

Monte Carlo Tree Search (MCTS) i najbardziej spektakularne zastosowania. Dalej opisany jest cel rozprawy, którym jest stworzenie metod aproksymujących równowagę Stackelberga w grach wielokrokowych z niepełną informacją o sumie niezerowej. Aproksymacja w tym przypadku to poszukiwanie strategii lidera przy założeniu optymalnej gry naśladowcy. Problem ten jest problemem NP-trudnym. Dalej omówiono hipotezę badawczą, przedstawiono oryginalne wyniki rozprawy, podano zestawienie publikacji Autora oraz omówiono układ rozprawy.

Rozdział 2 jest omówieniem pojęć związanych z teorią gier. Omówiono podstawowe definicje jak sama gra, gra o sumie zerowej, niezerowej, jednokrokowe, wielokrokowe, z pełną informacją, z niepełną informacją oraz niekooperacyjne. Omówiono reprezentację gier jednokrokowych, pojęcia strategii prostej i mieszanej. Opisano gry sekwencyjne czyli wielokrokowe, w tym gry ekstensywne z przykładem. Następnie jest omówiona równowaga Nasha i Stackelberga, oraz silna równowaga Stackelberga w grach skończonych oraz związek równowagi Stackelberga z dwupoziomym problemem optymalizacyjnym. Doktorant przedstawił również powody dla których problem optymalizacji jest problemem NP-trudnym. Rozdział kończą rozważania na temat możliwości wystąpienia braku racjonalności przeciwnika, co często występuje w realnym świecie.

Rozdział 3 jest przeglądem istniejących metod rozwiązywania Gier Stackelberga. Pierwszą rodziną są metody rozwiązujące wiele programów liniowych, których problemem jest ich niska skalowalność. Następnie omówiona jest metoda Decomposed Optimal Bayesian Stackelberg Solver (DOBSS) rozwiązująca jeden mieszany program liniowy. Ponieważ nie ma tu konieczności przeglądu wszystkich możliwych strategii, czas obliczeń jest krótszy. Następną metodą jest metoda Accelerated SPars Engine (ASPEN), w której iteracyjnie dodaje się zmienne przedstawiające najbardziej obiecujące strategie lidera. Metoda ta używana do klas gier Security Problems with ARbitrary Schedules (SPARS) pozwala na dalsze skrócenie czasu obliczeń. Autor bardzo szczegółowo przeanalizował metodę, pokazując przyczyny przyspieszania obliczeń, analizując mechanizm generowania kolumn i metody podziału i ograniczeń. Następnie analizowane są metody wykorzystujące strategie brzegowe, w których wektory pokrycia celów są definiowane jako strategie brzegowe. Autor pokazuje również użycie strategii brzegowych do obronnej gry wielokrokowej typu Stackelberg Model of the Oil-Siphoning problem (SMOS). Następnie mówiono o rozszerzeniu polegające na generowaniu ograniczeń i abstrahowaniu gry. Dalej Autor omawia autorskie uogólnienie metody SMOS do sumy niezerowej, które zostało zaprezentowane na prestiżowej konferencji AAAI. Modyfikacja polega na dopuszczeniu sumy niezerowej, oraz tym, że zostały zdefiniowane możliwe trasy statków oraz na wyborze czasu i statku przez ustaloną liczbę rund. Dalej Doktorant omawia rodzinę metod wykorzystujących podwójną wyrocznię oraz dedykowanych klasie gier wielokrokowych o sumie niezerowej.

Rozdział 4 zawiera autorskie metody aproksymacji równowagi Stackelberga. Rozdział 4.1 omawia gry wykorzystane przy ocenie metod, a mianowicie rodzinę Warehouse Games w różnych wariantach. Podrozdział 4.2 zawiera opis autorskiej metody Mixed-UCT, zawierającą

również opis pierwotnej metody UCT, metody I2UCT, która jest modyfikacją do stosowania w grach z zadaną strategią naśladowcy oraz metodę mixed-UCT. Metodę zaimplementowano w językach Java i SCALA i porównano z metodami DOBSS i BC2015. Eksperymenty pokazały, że zaproponowana metoda działa szybciej w przypadku dłuższych gier i ma mniejsze zapotrzebowanie na pamięć niż konkurencyjne metody z literatury. Rozdział 4.3 opisuje kolejną autorską metodę nazwaną O2-UCT i służy do znajdowania strategii lidera z jak największą wypłatą w grach Stackelberga, ale bez ograniczenia na strukturę zbiorów informacyjnych. W podrozdziale 4.4 omówione są wyniki eksperymentów. Doktorant stwierdza, że proponowane metody rozwiązują dużo większe gry niż metody oparte o programowanie liniowe z powodu mniejszego zapotrzebowania na pamięć i moc obliczeniową, które rosną w tych ostatnich wykładniczo.

Rozdział 5 jest podsumowaniem rozprawy, w którym zebrano w jednym miejscu opisy poszczególnych autorskich metod i wnioski z eksperymentów. Podano również pomysły na dalszą pracę związaną z zaproponowanymi metodami, np. poprawienie przeglądu strategii naśladowcy, modyfikacja metody poprawy strategii lidera w metodzie O2-UCT czy uwzględnienie niepełnej racjonalności naśladowcy.

Pracę kończy bibliografia składająca się z 96 pozycji oraz dodatek opisujący zbiory danych.

3. Ocena rozprawy

W ramach rozprawy doktorskiej Doktorant zaproponował metody pozwalające na znalezienia strategii lidera w sekwencyjnych grach Stackelberga o sumie niezerowej z niepełną informacją z własnością doskonałej pamięci. Zaproponowane metody przetestował na grach testowych i porównał z wybranymi metodami z literatury. Metody te bazują na algorytmie Upper Confidence Bound applied to Trees.

Rozprawa doktorska uwidacznia wysoką ogólną wiedzę teoretyczną i praktyczną mgra inż. Jana Karwowskiego. Doktorant przeanalizował dorobek światowy w dziedzinie rozwiązywania równowagi Stackelberga. Zauważył problemy związane z dotychczasowymi metodami i zaproponował własne rozwiązania, które opublikował w czasopiśmie i materiałach renomowanych konferencji naukowych. Mgr Karwowski opublikował siedem prac naukowych: m.in. w czasopiśmie za 140 punktów oraz prace w materiałach konferencji, w tym trzy na konferencjach A* rankingu CORE. Zaprezentowany materiał pokazuje, że Doktorant zrealizował cel pracy.

Rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej mgra inż. Jana Karwowskiego. Opracował wprowadzenie do tematyki i dokonał przeglądu literatury dotyczącej wybranych zagadnień teorii gier. Stworzył autorskie oprogramowanie w języku Java. Zadbał o popularyzację wyników swoich badań w wysokopunktowanych wydawnictwach.

Rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Zaproponowane metody mają duże znaczenie dla nauki, zarówno teoretyczne, jak i aplikacyjne. Podjęta tematyka może mieć wiele zastosowań w ekonomii, polityce, socjologii czy obronności. Opracowanie autorskiego oprogramowania w języku Java zwiększa możliwości aplikacyjne.

W pracy znajduje się trochę drobnych błędów, których przykłady wymienione są poniżej.

Podrozdział 4.1.1 jest jedynym w 4.1.

Nieistotne błędy literowe, np. „solvery programowani liniowego.”

Kropka jako separator dziesiętny w tabeli 4.5.

4. Wnioski końcowe recenzji

Podsumowując recenzję stwierdzam, że Pan mgr inż. Jan Karwowski w rozprawie doktorskiej „Aproksymacja stanu równowagi Stackelberga w grach wielokrokowych o sumie niezerowej z niepełną informacją z użyciem metod Monte Carlo” zrealizował cel rozprawy. Zaprezentowane rezultaty stanowią oryginalny wkład Autora w rozwój dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja. Pan Jan Karwowski wykazał się umiejętnością samodzielnej pracy badawczej, znajomością literatury światowej i wiedzą w zakresie teorii gier i metod ich aproksymacji. Recenzowana praca spełnia wymagania ustawy o tytule i stopniach naukowych w dyscyplinie naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja. Wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie do dalszych etapów postępowania doktorskiego. Jednocześnie, ze względu na wysoki poziom naukowy rozprawy, wnioskuję o wyróżnienie rozprawy.



Wrocław, 28 października 2022r.

Prof. dr hab. inż. Michał WOŹNIAK
Wydział Informatyki i Telekomunikacji
Politechnika Wrocławska

Recenzja rozprawy doktorskiej

autor: **mgr inż. Jan KARWOWSKI**

tytuł „*Aproksymacja stanu równowagi Stackelberga w grach wielokrokowych o sumie niezerowej z niepełną informacją z użyciem metod Monte Carlo*”

Promotor: **prof dr hab. inż. Jacek Mańdziuk**

Obszar problemowy rozprawy

W pracy rozważane są problemy doboru strategii lidera w grach wielokrokowych o sumie niezerowej. Praca ma charakter naukowy - doktorant proponuje w pracy autorskie algorytmy rozwiązujące powyższy problem oraz dokonuje ich ewaluacji na drodze eksperymentu komputerowego. Opracowane metody mogą znaleźć szerokie zastosowanie praktyczne, m.in. w ekonomii, czy w systemach bezpieczeństwa państwa.

Wkład autora

Na początku rozprawy autor sprecyzował zakres tematyczny związany z opracowaniem metod aproksymacji strategii lidera we wspomnianym problemie, co doprowadziło to do sformułowania następującej tezy pracy:

Możliwe jest wykorzystanie metod Monte Carlo do efektywnego aproksymowania strategii lidera w wielokrokowych Grach Stackelberga o sumie niezerowej z niepełną informacją, które dają niewiele gorszą wartość oczekiwaną wypłaty lidera, przy optymalnej odpowiedzi naśladowcy, w porównaniu z wartością oczekiwaną wypłaty lidera w stanie równowagi.

Następnie sformułowane zostały cele badawcze rozprawy dotyczące opracowania algorytmów rozwiązujących postawiony problem, ich ewaluacji na

drodze eksperymentu komputerowego oraz propozycji rodziny gier wielokrokowych o sumie niezerowej i niepełnej informacji do testowania opracowanych metod.

O ile cel pracy oraz zawartość rozprawy oceniam bardzo wysoko, to zwrócić należy uwagę, że teza pracy jest nieprecyzyjna, gdyż nie określono jakie pogorszenie jakości zaproponowanej metody autor uznałby za „niewielkie”.

Do najważniejszych osiągnięć rozprawy zaliczam:

- Opracowanie dwóch autorskich algorytmów odkrywających strategię lidera w wielokrokowych grach Stackelberga z niepełną informacją o sumie niezerowej tj.:
 - Algorytm Mixed-UCT, będący rozszerzeniem Upper Confidence bounds applied to Trees.
 - Metoda O2-UCT.
- Wnikliwą ocenę zaproponowanych metod na drodze eksperymentu komputerowego.
- Modyfikację metody SMOS (Stackelberg Model of the Oil-Siphoning problem) w celu dostosowania jej do gier wielokrokowych o sumie niezerowej.

Wyniki uzyskiwane w trakcie pracy nad rozprawą były szeroko publikowane. Doktorant jest współautorem 7 publikacji, w tym trzech opublikowanych w materiałach takich konferencji o rankingu A*, jak AAAI, czy AAMAS oraz jednego artykułu w European Journal of Operational Research. Na tym etapie kariery naukowej należy uznać dorobek doktoranta za ponadprzeciętny.

Poprawność rozprawy

Praca jest zredagowana bardzo starannie. Autor dużą wagę przykładą do dogłębnego wyjaśnienia zagadnień, którymi się zajmuje, często posilkując się w tym celu przykładami.

Z punktu widzenia warsztatu badawczego, autor formułuje propozycje swoich metod na podstawie wnikliwej analizy literatury, dostrzegając możliwości poprawy zawartych tam algorytmów. Jako narzędzi ewaluacji zaproponowanych rozwiązań przyjęto podejściu oparte na eksperymencie komputerowym.

Lektura rozprawy prowadzi do sformułowania kilku uwag.

- W rozprawie wskazano, że zaproponowane metody zakładają racjonalność naśladowcy oraz doktorant wskazał, że odejście od tego założenia jest możliwym kierunkiem dalszych badań, a także wskazał, że problem

ten jest w trakcie opracowania (jako rozwinięcie algorytmu O2-UCT). Jakie modyfikacje należy poczynić w tym zakresie oraz czy i w jaki sposób można modelować „stopień” racjonalności?

- Czy kierował się doktorant w trakcie doboru rozwiązań benchmarkach, dlaczego nie pokuszono się o inne metody jak choćby algorytmy rojowe?
- Jak dobrano parametry testowanych metod? Doktorant wspomina o procedurze strojenia na mniejszym zbiorze dla O2-UCT, ale brak jest dokładniejszych informacji na temat tego procesu. Czy dobór był dokonany z wykorzystaniem grid search, czy być może wartości parametrów były dobierane sekwencyjnie? Podobna uwaga odnosi się do mniej sparametryzowanych rozwiązań benchmarkowych, jak choćby CBK2018, gdzie przyjęto domyślne wartości parametrów. W przypadku Mixe-UCT wydaje się, że nie przeprowadzono żadnej procedury strojenia modelu.
- W pracy zabrakło dyskusji dotyczącej jakości oprogramowania wykorzystywanego w badaniach eksperymentalnych - większość badań została wykonana przy założeniu, że implementacja algorytmów jest idealna i na takiej przesłance oparto testy wydajnościowe zaproponowanych metod.
- Brak jest szerszej dyskusji na temat środowisk uruchomieniowych i ich wpływu na wyniki eksperymentów. Implementacje autorskich metod uruchamiane są w środowisku Java, natomiast np. CPLEX nie wymaga maszyny wirtualnej i jest napisany w wydajnym języku C. Nie jest też dla mnie jasne, dlaczego eksperymenty dotyczące Mixe-UCT wykorzystują do porównań Gurobi, a O2-UCT CPLEX. Rozumiem, że rozprawa dokumentuje dłuższy okres badań doktoranta i autorskie metody powstawały w różnych okresach, ale nie znalazłem w pracy przesłanek zmiany solvera. Gurobi jest uważany za wydajniejsze narzędzie niż CPLEX.
- Rozumiem podejście bazujące na symulacji komputerowej, ale doktorant powinien skomentować, dlaczego tych zależności związanych z wydajnością algorytmów nie jest w stanie uzyskać na drodze analitycznej.
- Doktorant zwrócić uwagę, że innym istotnym aspektem oceny algorytmów jest analiza złożoności pamięciowej, jednak wątek ten nie został rozwinięty w pracy.

Wiedza kandydata

Na podstawie lektury uważam, że doktorant posiada ugruntowaną wiedzę z zakresu informatyki, w szczególności w zakresie metod przeszukiwania i teorii gier. Posługuje się sprawnie zaawansowanym aparatem matematycznym, a także potrafi zaplanować eksperyment komputerowy w celu oceny jakości zaproponowanych metod. Przegląd literaturowy dotyczący zagadnień przedstawionych w rozprawie, zawarty głównie w rozdziale pierwszym i drugim pozwala stwierdzić, że doktorant posiada aktualną wiedzę z zakresu tematyki rozprawy, a także potrafi dokonać krytycznego przeglądu źródeł w celu wskazania ciekawych kierunków badań. Zawarty w dysertacji spis źródeł literaturowych, zawierających 96 pozycji, jest aktualny i kompletny.

Konkluzja

Doktorant wykazał się w recenzowanej rozprawie właściwie stosowanym podejściem eksperymentalnym oraz dobrą znajomością aktualnej problematyki związanej z projektowaniem metaheurystyk oraz zagadnień z teorii gier. Zostało to poparte dobrymi studiami literaturowymi, obejmującymi aktualne piśmiennictwo związane z problematyką rozprawy, co świadczy o bardzo dobrej wiedzy doktoranta z tego zakresu. Dla poruszanych problemów doktorant sformułował ciekawe i użyteczne metody wyszukiwania strategii lidera w sekwencyjnych grach Stackelberga o sumie niezerowej z niepełną informacją i doskonałą pamięcią. Na podstawie przeprowadzonych badań sformułował wiele ciekawych obserwacji oraz wskazał możliwości dalszego rozwoju metod w obszarze związanym z rozprawą.

Recenzowana dysertacja przedstawia rozwiązanie ważnego i oryginalnego problemu, wzbogacając naszą wiedzę dotyczącą wykorzystania metod wyszukiwania optymalnych strategii lidera w przypadku sekwencyjnych gier o sumie niezerowej. Zawarte w niej wyniki badań eksperymentalnych wskazują również na możliwość wykorzystania otrzymanych metod w praktyce. Przedstawione w poprzednim punkcie recenzji uwagi mają w większości charakter dyskusyjny i nie wpływają na bardzo pozytywne wrażenie o przedłożonej rozprawie. Jestem także przekonany, że doktorant zdaje sobie sprawę z możliwości kontynuowania rozpoczętej w pracy tematyki, czemu dał wyraz prezentując bardzo ciekawy plan potencjalnych kierunków badań.

Reasumując, biorąc pod uwagę powyższe opinie i wymagania zawarte w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytułach naukowych (z późniejszymi zmianami) stwierdzam, że rozprawa mgra inż. Jana Karwowskiego pt. „Aproksymacja stanu równowagi Stackelberga w grach wielokrokowych o sumie niezerowej z niepełną informacją z użyciem metod Monte Carlo” spełnia stawiane pracom doktorskim wymagania, w szczególności:

- Rozprawa zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.
- Kandydat posiada ugruntowaną, głęboką wiedzę w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.
- Doktorant posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Stąd, wnoszę o przyjęcie rozprawy doktorskiej *Aproksymacja stanu równowagi Stackelberga w grach wielokrokowych o sumie niezerowej z niepełną informacją z użyciem metod Monte Carlo* i dopuszczenie mgr inż. Jana Karwowskiego do publicznej obrony.

Ponadto, biorąc pod uwagę bardzo wysoki poziom rozprawy, a także ponadprzeciętny dorobek publikacyjny doktoranta, w skład którego wchodzi trzy publikacje w materiałach konferencji o rankingu A* i jedna publikacja w czasopiśmie indeksowanym w JCR, wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Jana Karwowskiego.

Michał Woźniak