

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