

dr hab. inż. Jarosław Kurek, prof. SGGW
Instytut Informatyki Technicznej
Katedra Sztucznej Inteligencji
ul. Nowoursynowska 159, bud. 34, 02-776 Warszawa
jaroslaw_kurek@sggw.edu.pl

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY NAUKOWEJ DYSCYPLINY
INFORMATYKA TECHNICZNA I TELEKOMUNIKACJA
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Tytuł rozprawy: Monte Carlo Tree Search and Reinforcement Learning Methods for Multi-stage Strategic Card Game

Autor rozprawy: mgr inż. Konrad Godlewski

- 1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy /teza rozprawy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?**

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy dwóch zaproponowanych, zastosowanych i zmodyfikowanych przez autora metod uczenia maszynowego wykorzystanych do opracowania agentów dla gry karcianej "The Lord of the Rings: The Card Game" (LOTRCG). Pierwszą z nich jest Monte Carlo Tree Search (MCTS), a drugą uczenie ze wzmocnieniem (Reinforcement Learning - RL). Praca ma charakter doświadczalny tj. autor rozprawy zmodyfikował i zaimplementował wymienione algorytmy i porównał wyżej wymienione techniki inteligencji obliczeniowej.

Praca liczy 78 stron i składa się z 7 rozdziałów oraz bibliografii.

Rozdział pierwszy to wstęp, w którym autor rozprawy opisuje co jest przedmiotem niniejszej rozprawy. Przedstawiony w nim jest kontekst historyczny gier planszowych oraz wykorzystania metod sztucznej inteligencji do roli agentów w grach karcianych.

W rozdziale drugim autor rozprawy przedstawia teoretyczne aspekty dwóch rodzin algorytmów wykorzystanych w pracy, a mianowicie Monte Carlo Tree Search (MCTS) i Reinforcement Learning. Dodatkowo omówiono rozszerzenia tych metod na gry karciane.

W rozdziale trzecim przedstawiono zasady gry karcianej "The Lord of the Rings: The Card Game" obejmujące m.in. różne fazy gry z zaznaczonymi momentami decyzyjnymi. Ten rozdział zawiera również implementacje agenta strategii losowej celem analizy poszczególnych faz gry. Uzyskane przy jego pomocy wyniki pozwoliły określić kluczowe momenty decyzyjne. Ponadto agent losowy posłużył do wykonywania losowego próbkowania drzewa algorytmu MCTS.

W rozdziale czwartym znajdują się opis agenta MCTS ze wszystkimi krokami algorytmu i zastosowanymi modyfikacjami.

W rozdziale piątym autor rozprawy charakteryzuje agenta zaimplementowanego za pomocą uczenia ze wzmocnieniem z naciskiem na mechanizm kodowania/dekodowania.

W rozdziale szóstym znajdują się porównanie wyników dostarczonych przez dwóch typów zaimplementowanych agentów: za pomocą algorytmów MCTS oraz RL.

W ostatnim rozdziale siódmym autor rozprawy podsumowuje zalety i wady proponowanego rozwiązania oraz propozycje przyszłych badań.

Cel pracy został jasno sformułowany i dotyczy weryfikacji, czy agenci AI mogą z powodzeniem grać w strategiczną grę karcianą "The Lord of the Rings: The Card Game" (LOTRCG). Natomiast Teza pracy nie została jasno sformułowana co stanowi główny deficyt pracy, jednak można domyśleć się tezy pracy z wyżej wymienionego celu pracy. Praca ma znaczenie praktyczne. Podjęte badania stanowią istotny wkład w kierunku zastosowania algorytmów sztucznej inteligencji i szeroko pojętej informatyki technicznej.

W ramach głównych osiągnięć autora rozprawy można zaliczyć m.in.:

- zastosowanie i zaimplementowanie reguł eksperckich do ograniczania drzewa w algorytmie MCTS,
 - zastosowanie i zaimplementowanie uczenia ze wzmacnianiem (Reinforcement Learning - RL) w częściowo obserwowalnym środowisku z różną liczbą akcji.
 - zastosowanie i zaimplementowanie losowych agentów celem identyfikacji kluczowych etapów decyzyjnych w grze celem optymalizacji metryki winrate.
- 2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł / w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle /świadczący o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?**

W pracy wykonano dość rzetelny przegląd literatury, świadczący o rozległej wiedzy w ramach podejmowanego zagadnienia, także w odniesieniu do tematów pokrewnych. Literatura zawiera 54 pozycji, generalnie trafnie dobranych i poprawnie cytowanych. Wnioski wysnuwane są w sposób klarowny i przejrzysty.

Należy dodać że bibliografia zawiera 2 artykuły opublikowane przez autora rozprawy w następujących czasopismach:

1. Artificial Intelligence Review, 140 pkt. Impact Factor 9,588, 2022 rok
2. Bulletin of the Polish Academy of Sciences, 100 pkt., Impact Factor 1,515, 2021 rok

Szczególnie na uwagę zasługuje artykuł opublikowany w czasopiśmie Artificial Intelligence Review, który aktualnie może pochwalić się IF na poziomie 9,588 i jest to znaczące potwierdzenie dorobku pracy zawartej w pracy.

Jedna publikacja nie została uwzględniona przez autora w bibliografii i dotyczy ona materiałów pokonferencyjnych, a mianowicie:

1. Konrad Godlewski, Bartosz Sawicki, „MCTS Based Agents for Multistage Single-Player Card Game”, Proceedings of 2020 IEEE 21st International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering, CPEE 2020, 2020, 9238707

Należy więc zauważyć, że autor rozprawy wykazuje się znaczącą aktywnością publikacyjną biorąc pod uwagę dorobek na arenie międzynarodowej w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja (sumaryczny IF>10).

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Praca generalnie poprawnie wykonana pod kątem metodologicznym. Postawiony cel pracy zostały należycie osiągnięty. Wnioski generalnie zostały poparte przemawiającymi argumentami.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Praca przedstawia oryginalne i unikatowe podejście, które zostało docenione na arenie międzynarodowej w postaci publikacji w renomowanym czasopiśmie Artificial Intelligence Review, 140 pkt. Impact Factor 9,588, 2022 rok. Zastosowanie zmodyfikowanego algorytmu Reinforcement Learning, której agent gra w strategiczną grę karcianą "The Lord of the Rings: The Card Game" (LOTRCG) nie było do tej pory przedmiotem badań. Dodatkowo zgodnie ze sztuką autor porównał oba algorytmu i wykazał znaczącą przewagę metody uczenia ze wzmocnieniem do często stosowanej metody Monte Carlo Tree Search (MCTS).

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy ?

Generalnie zastosowany aparat badawczy jest adekwatny do poruszanego zagadnienia. Wnioski wysnuwane w pracy są zrozumiałe, poparte odpowiednią analizą. Praca poprawna w zakresie edytorsko – językowym.

6. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Oprócz niewątpliwych zalet sygnalizowanych w pozostałych punktach, praca w moim przekonaniu posiada także wady/niedopracowania lub fragmenty które wymagały by bardziej precyzyjnego wyjaśnienia:

1. Brak zdefiniowanej tezy pracy niewątpliwie wpływa negatywnie na odczucia recenzenta, mające przeświadczenie, że praca mogła być pisana na szybko, a przez to autor rozprawy zapomniał o tak istotnym fragmencie pracy jak teza pracy.
2. Za dużo w pracy typowych fragmentów dla pracy inżynierskiej:
 - a. diagram klas str. 22, 36,
 - b. bardziej wiele listingów kodu (np. strony: 23,24,28,29,31,32,34,35,40,41,42,43), które powinny zostać przeniesione do sekcji dodatku albo powinny być dodane do repozytorium kodu github.com podobnie jak zamieszczony symulator gry: https://github.com/kondziug/LotR_simulator,
 - c. diagram sekwencji str.34.
3. Na stronie 9 i 10 autor rozprawy opisuje działanie algorytmu MCTS, jak się ma ten opis algorytmu do klasycznego podejścia algorytmu MCTS (przeszukiwania drzewa metodą Monte Carlo). Czy algorytm MCTS zawiera fragment uczenia maszynowego (algorytm propagacji wstecznej) ? czy MCTS jest typowym algorytmem uczenia maszynowego ?
4. Na stronie 49 autor rozprawy prezentuje porównanie metod vanilla MCTS vs action reduction MCTS, czy autor rozprawy rozważał lub porównywał także ewolucyjny MCTS czy też Bridge-burning MCTS?

7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Praca przedstawia nowatorskie podejścia, które znacząco wpłyną na rozwój algorytmów sztucznej inteligencji, szczególnie dotyczącej budowy agentów AI w kontekście karcianych gier. Ma znaczenie praktyczne. Podjęta tematyka zasługuje na kolejne badania (kontynuacje).

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- a/ nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy
- b/ wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania
- c/ spełniająca wymagania
- d/ spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem
- e/ wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie

Finalnie, konkludując, stwierdzam, że recenzowana praca spełnia wymagania stawiane przez „art. 179 ust.2 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 roku Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z dnia 30 sierpnia 2018 r., poz. 1669) w związku art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r. nr 65, poz. 595 z późn. zm.) oraz Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora” na stopień doktora i wnoszę i jej dopuszczenie do publicznej obrony.

podpis

Jaworski Kirely