

Warszawa, 4 marca 2019

dr hab. Bogumił Kamiński, prof. SGH

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

Recenzja pracy doktorskiej mgr. Dominika Jakuba Deja pt.

„Data Science Methods for Improving E-Sports”

Niniejszy dokument został opracowany w odpowiedzi na pismo skierowane przez Dziekana Wydziału Informatyki Polsko-Japońskiej Akademii Technik Komputerowych z dnia 24 stycznia 2019 r. wnioskujące o przyjęcie rozprawy mgr. inż. Dominika Jakuba Deja pt. „Data Science Methods for Improving E-Sports” do recenzji w przewodzie doktorskim w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie informatyka.

Recenzja jest wykonana w odniesieniu do wymogów określonych w *„Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki”*¹. W pierwszej części dokonuję oceny spełnienia przez rozprawę wymogów formalnych, a następnie przedstawiam uwagi szczegółowe do jej poszczególnych rozdziałów. Na tej podstawie, zgodnie z art. 13 pkt. 1 ww. ustawy, dokonana jest ocena, czy przedłożony tekst stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie informatyka oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Recenzja zakończona jest konkluzją.

1. Ocena spełnienia wymogów formalnych

Przedłożona rozprawa ma formę maszynopisu i jest sporządzona w języku angielskim. Zgodnie z art. 13 pkt. 6 i 7 ww. ustawy jest opatrzona streszczeniem w języku polskim oraz angielskim. W związku z tym uznaję wymogi formalne ww. ustawy są spełnione.

¹ Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 27 września 2017 r., poz. 1789, Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 15 września 2017 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki

Rozprawa dotyczy zagadnienia modelowania danych dotyczących zachowania graczy w dziedzinie e-sportu. Autor opracował i zaimplementował własne algorytmy umożliwiające analizę tych danych oraz wykazał, że możliwe jest ich zastosowanie na przykładzie danych dotyczących gier *League of Legends* oraz *Hearthstone*. W związku z tym uznaję, że temat recenzowanej pracy odpowiada zakresowi dziedziny nauk technicznych w dyscyplinie informatyka.

2. Ocena merytoryczna i metodologiczna

Praca doktorska mgr. Dominika Jakuba Deja liczy 103 strony i jest napisana w języku angielskim. Jest podzielona na pięć rozdziałów oraz zawiera zestawienie terminów wykorzystywanych w rozprawie, wprowadzenie, podsumowanie, bibliografię, spis tabel, spis wykresów oraz jeden załącznik. W niniejszej sekcji omawiam główne uwagi merytoryczne i metodologiczne do przedłożonej rozprawy.

We wstępie autor, po przedstawieniu krótkiego wprowadzenia ogólnego, przedstawia trzy cele swojej pracy. Oceniam, że przedstawione cele są sformułowane w sposób jasny i stanowią interesujące wyzwanie badawcze. Zastrzeżenie, które się nasuwa podczas ich analizy jest takie, że są to trzy zupełnie niezależne problemy zebrane w jedną rozprawę. Z mojego doświadczenia, w takich sytuacjach typowo przyjmowane jest podejście, w którym rozprawa jest przedkładana jako cykl jednotematycznych publikacji.

W rozdziale 2 autor prezentuje przegląd literatury przedmiotu w każdym z trzech obszarów prowadzonych badań. Ogólnie uznaję, że przegląd ten adekwatnie przedstawia aktualny stan wiedzy na temat badanych zagadnień. Natomiast wnioski wyciągane z przedstawionego przeglądu literatury nie są do końca jasne. Dla przykładu – nie udało mi się znaleźć w tym rozdziale syntetycznej informacji na temat tego: jakie są obecnie wykorzystywane algorytmy parowania graczy do gry w praktyce/w literaturze dla gier klasy „*MOBA with meta*”, jakie kryteria podejmowania decyzji wykorzystywane w tych algorytmach oraz jak powinno zostać sformułowane prawidłowe, wg autora, kryterium parowania graczy (autor formułuje ogólne kryterium „*For MOBA games, one of the key elements is a sound, and fair matchmaking system.*”). Jest to szczególnie istotne, ponieważ o ile się dobrze orientuję, np. w grze *League of Legends* obecnie jest przez jej producenta testowany algorytm uwzględniający te aspekty, które są poruszane w pracy.

Dla przykładu autor pisze „*Players who do not know which champion should they select, may get punished by their teammates fairly quickly.*” oraz „*New, and weak players are more prone to react vehemently to a matchmaking system, which pushes them to play in their least favorite roles*”. Nie jest tu jasne, czy wypływający z tych zdań wniosek to: „system parujący powinien być w stanie sugerować graczowi rolę, w której jest efektywny” czy „system parujący powinien zapewnić odpowiednią kompozycję zespołu”, czy też oba te kryteria jednocześnie. Dodatkowo nie jest w pełni jasne w jakim zakresie obecnie istniejące systemy parowania graczy nie realizują efektywnie tego celu.

Podobnie w rozdziale 2.2. autor wymienia wybrane dotychczasowe wyniki badań, po czym wskazuje trzy pytania „*How players should optimize their play in terms of map control? At what time should they focus on which activities? Which aspects of the gameplay should they focus on improving first?*”. Nie jest jasne jak te trzy pytania wynikają z dokonanego przeglądu. Typowym oczekiwaniem efektu przeglądu literatury jest zbudowanie ogólnego obrazu stanu danej dziedziny wiedzy, z którego wynika istnienie konkretnych luk. Podejście takie jest istotne nie tylko z powyższego powodu, ale również ponieważ powinno pozwolić na odpowiedź na pytanie, czy proponowany do badania w pracy problem jest istotnym naukowo zagadnieniem.

W rozdziale 2.3 po pierwsze chciałbym zwrócić uwagę na miejscami małą precyzję prezentowanego rozumowania. Np., w akapicie rozpoczynającym się od „*While the number of possible decks is practically infinite*”. Po pierwsze łatwo można oszacować, że podana w tekście wartość 10^{10} jest grubo zaniżona (wyliczona przeze mnie na podstawie danych podanych przez autora to około 10^{99}) – jest to o tyle istotne, że 10^{10} talii można z łatwością przeanalizować metodami przeglądu zupełnego. Podobnie ostatnie zdanie „*Solution to this problem will be proposed in the thesis.*” jest w mojej ocenie przesadzone – autor w dalszej części pracy zajmuje się tylko jednym wybranym zagadnieniem (które sam wcześniej określa jako klasy „*applied research*”), a nie rozwiązuje problemu w sposób systematyczny (rozwiązanie klasy „*basic research*” w terminologii autora). Zagadnienie to, jest o tyle istotne, że np. autor nie wspomina, że gra omawiana we wcześniejszych podrozdziałach, *League of Legends*, również charakteryzuje się ewolucją zasad (więc się pojawia pytanie, czemu nie jest ona pod tym kątem analizowana).

Podsumowując ocenę rozdziału 2, tak jak lektura całej pracy pozwala mi stwierdzić, że autor prawidłowo określił cele pracy i zidentyfikował luki badawcze, to prezentacja przeglądu literatury od strony warsztatu badawczego mogłaby zostać poprawiona.

W rozdziale 3 przedstawiona jest charakterystyka badanych gier i związanych z nimi zbiorów danych. Autor nie podał źródła danych wykorzystanych do przygotowania rysunku 6 i 7. Dodatkowo warta wyjaśnienia jest rozbieżność pomiędzy liczbą wszystkich graczy, a liczbą graczy, dla których jest podana informacja o ich rankingu. Odnośnie Algorytmu 1 nie jest w mojej ocenie jasne jaka była korzyść z jego wykorzystania (autor nie przedstawia protokołów komunikacji i ich ograniczeń). Dodatkowo 81% zebranych gier może być próbą obciążoną. Jeśli dobrze rozumiem przedstawiony algorytm, to 19% pozostałych gier było rozegranych przez graczy, którzy nie grali w początkowym okresie badanego przedziału czasu. Możliwe jest np., że te pozostałe gry są grane przez graczy o innej charakterystyce (np. grających rzadziej, a więc nieco inaczej – tzw. *casual players*). Odnośnie rysunku 10 pojawia się następujące pytanie. Skoro zaprezentowane dane są w strefie czasowej CET, to – analizując rozkład czasu gier – najprawdopodobniej gry pochodzą głównie z obszaru europejskiego. Czy w takim razie można założyć, że jest to reprezentatywna próba wszystkich globalnych graczy *League of Legends*?

W rozdziale 4 autor przedstawia algorytm parowania w grach z META. Jest on oparty o pracę Almana i McKaya (2017). W notacji w równaniu (18) nie jest dokładnie zdefiniowane co oznacza indeks k . W podrozdziałach 4.2.1.1, 4.2.1.2 i 4.2.1.3 autor wyciąga wnioski o charakterze przyczynowym, podczas gdy prezentowane dane pozwalają jedynie na stwierdzenie współwystępowania. Standardowo minimalny wymóg w analizie tego typu badań obserwacyjnych, to zastosowanie *propensity score matching* gdzie stosowanie META jest traktowane jako *treatment*, lub bardziej zaawansowanej techniki analitycznej pozwalającą na kontrolowanie wyników analizy o zmienność innych obserwowanych cech rozgrywki. W pracy nie została opisana przestrzeń i metryka wykorzystana do stworzenia analizy prezentowanej na rysunku 18. Nie jest jasne jaką wartość dodał autor w analizie przeprowadzonej w tabeli 6 vs. wyniki przedstawione w tabeli 7.

Heurystyka przedstawiona w podrozdziale 4.3.2.2 jest intuicyjna, jednak jest warunkowana założeniem, że gracz posiada dokładnie jedną dopuszczalną pozycję. Założenie to nie jest częścią specyfikacji wcześniejszego zadania optymalizacyjnego oraz, dodatkowo, nie jest w pełni zgodne z mechaniką gry League of Legends gdzie można podać najbardziej preferowaną pozycję oraz *drugą preferowaną w kolejności pozycję gry*.

Dodatkowo odnośnie algorytmu pojawiają się trzy uwagi szczegółowe.

Po pierwsze, dokonując dyskretyzacji oceny umiejętności gracza (co wydaje się dopuszczalne w świetle faktu, że jest to jedynie wartość estymowana) można przybliżyć zaproponowany przybliżony algorytm do złożoności $O(n)$ (choć rozważane zadanie jest na tyle małe, że prawdopodobnie nie ma to praktycznego znaczenia).

Po drugie, jeśli zadanie ze strony 54 zapiszemy jako zadanie optymalizacji leksykograficznej, gdzie pierwsze kryterium jest dane wzorem $v_1(x, s) = \sum_{j,k} (\sum_i x_{ijk1} s_{ik} - x_{ijk2} s_{ik})^2$, drugie dane wzorem $v_2(x, s) = \sum_{j,k,i,t} (x_{ijkt} s_{ik} - \frac{1}{10} \sum_{i,k,t} x_{ijkt} s_{ik})^2$ a trzecie funkcją f to zaproponowany algorytm heurystyczny rozwiązuje je dokładnie (przy założeniu takiej samej i parzystej liczby graczy w każdej grupie; być może zadanie to dałoby się zapisać nawet prościej). Dodatkowo interesującą informacją byłoby wyznaczenie *optimality gap* dla kryterium f i u . Dla dużych n prawdopodobnie wymagałoby to stosowania optymalizacji metahuerystycznej, ale dla małych n w zakresie rozważanym przez autora wydaje się, że standardowe algorytmy specjalizowane w kwadratowej optymalizacji binarnej przy nieokreślonej formie kwadratowej w funkcji celu powinny być w stanie rozwiązać podany problem dokładnie.

Po trzecie, autor nie pokazuje jaka jest potencjalna skala korzyści z wykorzystania proponowanego algorytmu vs. algorytm, w którym dla gracza jest wyliczane jedna miara poziomu umiejętności – jak w pracy Almana i McKaya (2016). Jest to o tyle istotne, że stosowane w praktyce systemy powinny być nie tylko precyzyjne, ale również proste, więc podnoszenie ich skomplikowania powinno być uzasadnione istotnymi korzyściami.

W szczególności dwa argumenty wskazują, że korzyść ta potencjalnie mogłaby być niewielka (trudno mi jest ocenić czy tak jest, ponieważ w pracy nie zostało to zbadane):

- Występuje silna korelacja wskaźnika s gracza na poszczególnych pozycjach; tj. jeśli gracz A jest istotnie lepszy od gracza B, gdy obaj grają na swoich ulubionych pozycjach, to z dużą szansą gracz A grając na nie-preferowanej pozycji będzie ciągle stosunkowo (choć mniej) efektywny, ponieważ lepiej rozumie mechanikę całej gry (w szczególności lepiej wie jak *powinno się* grać na tej pozycji, nawet jeśli nie ma w tym zakresie dużego doświadczenia).
- Można zapewne założyć, że gracze wybierają do grania pozycje, w których są efektywni (to też nie było szczegółowo badane w pracy). Jeśli tak jest to oznacza, biorąc pod uwagę wykres 18, że ocena ich zagregowanej umiejętności będzie zdominowana przez umiejętność grania na ulubionej pozycji więc w większości wypadków, wybierając swoją ulubioną pozycję, będą oceniani w sposób bardzo zbliżony do oceny, którą by uzyskali przy ocenie umiejętności indywidualizowanej dla typu pozycji.

Zapewne te argumenty są bardziej prawdziwe dla zaawansowanych graczy niż dla początkujących graczy, więc można postawić hipotezę, że system proponowany w pracy będzie istotniejszy dla słabszych graczy. Tutaj z kolei pojawi się pytanie, że jeśli gracze są słabsi, to zapewne rozegrali oni mniej gier, co oznacza, że jest znacznie mniej informacji dostępnej do szacowania umiejętności i być może liczenie jednego wskaźnika byłoby efektywniejsze. W końcu – nie było w pracy poruszone standardowe zagadnienie w bayesowskich algorytmach klasy *Ranking & Selection* związane z przyjęciem założenia o występowaniu korelacji w rozkładzie łącznym a priori i a posteriori oceny umiejętności gracza (tj. jeśli np. gracz A wygrywa grając na pozycji Top, to prawdopodobnie należy zwiększyć jego ocenę umiejętności na tej pozycji oraz, w mniejszym stopniu, zwiększyć ocenę jego umiejętności na innych pozycjach).

W końcu uwaga warsztatowa jest taka, że rozdział ten odnosi się do załącznika A, ale analizy przeprowadzone w tym załączniku nie są nigdzie dostatecznie opisane w pracy.

W rozdziale 5 dotyczącym badania położenia graczy w czasie i jego wpływu na wynik rozgrywki nasuwają się następujące pytania:

- Nie jest jasne jak były kodowane dane w okresach, w których gra była zakończona (tj. np. co autor przyjął odnośnie kodowania wartości zmiennej „Purple Team Gathering 25-30” jeśli gra zakończyła się w 22 minucie gry).
- Dodatkowo wartościowe by było zrozumienie jakie jest powiązanie między miarami Gathering, Diameter i Area; intuicyjnie powinny być one powiązane; to mogłoby prowadzić do definicji dodatkowych zmiennych, które w istotny sposób podnosiłyby zdolności predykcyjne modelu (np. odległość od pewnych charakterystycznych i istotnych punktów na mapie – np. Barona po 20 minucie gry; zachowania „spójności” w rozłożeniu graczy na planszy – podobnie do idei algorytmu DB SCAN – jest to cecha często podnoszona przez graczy – tj. że rozlokowanie graczy powinno być rozproszone,

ale na tyle blisko, żeby byli w stanie siebie wspierać; można by to rozwinąć do analizy relacji położenia graczy w poszczególnych rolach np. AD Carry i Support).

- Nie jest jasne, czy zidentyfikowane w modelu istotne zmienne są przyczynami czy skutkami wysokiej szansy na wygraną (oczywiście te dwie kwestie są sprzężone). Wszystkie wskazane istotne zmienne są z okresu po 20 minucie gry. W tym momencie gracze z reguły wiedzą, który zespół wygrywa, a który przegrywa; pomijając graczy bardzo słabych, zespoły zmieniają swoją taktykę wykorzystując tę wiedzę (tj. inaczej gra zespół wygrywający i chcący zachować swoją przewagę, a inaczej przegrywający, który chce „odwrócić” losy gry); więc, być może, zidentyfikowane czynniki nie mówią „jak należy grać, żeby wygrać” a jedynie wskazują „jak zidentyfikować na podstawie rozłożenia graczy, czy w danym momencie zespół uważa, że wygrywa/przegrywa i co wtedy robi”. Być może więc zasadne byłoby przeprowadzenie w rozprawie analizy warunkowej względem relatywnej przewagi jednego zespołu nad drugim w danym momencie czasu. Na marginesie można wspomnieć (ponieważ autor w kolejnym rozdziale omawia kwestię uczenia ze wzmocnieniem), że ten podobny efekt został wyraźnie zaobserwowany w zachowaniu takich programów jak AlphaGo (programy takie, jak wygrywają grają ruchy, które maksymalizują prawdopodobieństwo wygranej, a nie maksymalizują marginesu wygranej; ruchy takie były często zaskoczeniem dla profesjonalnych graczy w Go – wręcz uważali je za słabe).
- W końcu warto zwrócić uwagę, że w przypadku modeli stosowanych w pracy poza podaniem miary mean decrease of Gini index, warto rozważyć zastosowania takich algorytmów jak np. DALEX w celu lepszego zrozumienia zależności prognoz od wartości zmiennych objaśniających.

Odnosnie rozdziału 6 nie mam poważniejszych uwag merytorycznych. Otrzymane rozwiązanie osiąga jakość predykcji na poziomie najlepszych znanych dla badanego zbioru danych. Kwestią, którą można zasugerować do uzupełnienia jest potencjalne omówienie podejść do budowy tego modelu zastosowanych przez innych autorów wraz z ich dyskusją.

3. Konkluzja


Podsumowując, stwierdzam, że przedłożona rozprawa:

- 1) odpowiada swoją tematyką zakresowi dziedziny nauk technicznych w dyscyplinie informatyka;
- 2) stanowi ona oryginalne rozwiązanie problemu naukowego; praca porusza i rozwiązuje trzy niezależne problemy; za najciekawszy z nich uznaję propozycję algorytmu MAGMA;
- 3) wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie informatyka, szczególnie w zakresie analizy danych; w szczególności, praca zawiera obszerny przegląd literatury dotyczącej poruszanych zagadnień; dodatkowo, dokonałem analizy kodów źródłowych analiz przeprowadzonych przez autora i uważam, że wykazał się on umiejętnością ich profesjonalnego przygotowania;

4) wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej (oceniam, że praca jako całość ma charakter oryginalny i samodzielny).

Należy jednak nadmienić, że autor nie ustrzegł się w pracy kwestii, które budziły moje wątpliwości. Kluczowe z nich omówiłem w sekcji 2. Jednak uwagi te nie są w mojej ocenie fundamentalne oraz są możliwe do poprawy. Z tego względu całościowo rozprawę oceniam pozytywnie.

Podsumowując stwierdzam, że przedłożona praca spełnia wymogi ustawowe stawiane rozprawom doktorskim w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie informatyka i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.



.....

Bogumił Kamiński

Warszawa, 4 marca 2019