dr hab. inż. Krzysztof Malarz, prof. AGH

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Katedra Informatyki Stosowanej i Fizyki Komputerowej
Zespół Układów Złożonych

Kraków, 3 lipca 2023

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Piotra Brzeskiego

1 Informacje wstępne

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr. Piotra Brzeskiego zatytułowana „Analiza perkolacji przekrywających się hipersfer w wymiarach $D = 3, 4, 5$" powstała na Wydziale Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Wrocławskiego pod opieką dr. hab. Grzegorza Kondrata.

Wyniki stanowiące przedmiot rozprawy zostały opublikowane przez kandydata do stopnia doktora (wspólnie z promotorem pracy) w postaci artykułu zatytułowanego „Percolation of hyperspheres in dimensions 3 to 5: from discrete to continuous" w czasopismie *Journal of Statistical Mechanics—Theory and Experiment* **2022** (2022) 053202 o najnowszym współczynniku wpływu 2.4 dającym czasopismu pozycje w pierwszym kwartylu w kategorii czasopism poświęconych fizyce matematycznej. W dorobku nakowym kandydata do stopnia znajdują się również inne prace (również o podobnej tematyce), w tym opublikowane w *Physical Review E* (pozycja 11 bibliografii) czy tegoroczna praca w *Journal of Physics A—Mathematical and General* (niewykazana w bibliografii pracy).

Praca napisana jest w języku polskim, liczy piędziesiąc trzy strony i została strukturalnie podzielona na pięć rozdziałów. Jej układ jest typowy dla tego typu prac. Pracę kończy spis bibliografii z trzydziestoma dwoma elementami.

2 Ocena formalna

Zgodnie z artykułem 187 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce" (Dz.U.2023.-742 t.j., zwanej dalej w recenzji ustawą), w wersji obowiązującej od maja do lipca 2023 (a więc w okresie przygotowywania recenzji):

1. Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej;

2. Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne;

3. Rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna, w tym monografia naukowa, zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, praca projektowa, konstrukcyjna, technologiczna, wdrożeniowa lub artystyczna, a także samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej;

4. Do rozprawy doktorskiej dołącza się streszczenie w języku angielskim, a do rozprawy doktorskiej przygotowanej w języku obcym również streszczenie w języku polskim. W przypadku gdy rozprawa doktorska nie jest pracą pisemną, dołącza się opis w językach polskim i angielskim.

2.1 Czy rozprawa prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej?

W punkcie 2.2 pracy i na rysunku 2.1 doktorant przystępnie opisuje zjawisko perkolacji wiązań oraz definiuje pojęcię, kluczowego dla pracy, progu perkolacyjnego p_c oraz pokazuje efekt skończonych rozmiarów, na które zjawisko perkolacji jest szczególnie czułe a wynikające z tego tytułu poprawki niezaniedbywalne (rys. 2.2). Alteratywa dla perkolacji węzłów, tj. pekolacja wiązań, jest przedstawiona w punkcie 2.3 i na rysunku 2.3. Punkt 2.5 pracy przedstawia wielkości opisujące zjawisko perkolacji, w tym: siłę klastra perkolującego; długość korelacji; średnią liczbę klastrów o zadanym rozmiarze; średni rozmiar klastra czy stopień zapełnienia. Natomiast w punkcie 2.6 doktorant definiuje uniwersalne wyładniki krytyczne, w tym: wykładnik Fishera τ; wykładnik krytyczny Ω związany z poprawkami do skalowania skończonych rozmiarów, wykładnik krytyczny σ związany z rozmiarem największego klastra; wykładnik krytyczny β związany z siłą klastra; wykładnik krytyczny ν związany z długością korelacji; wykładnik krytyczny γ związany ze średnim romiarem klastra. W tabeli 2.1 doktorant zestawił znane wartości powyższych wykładników a w punkcie 2.7 wskazał kilka innych modeli zjawiska perkolacji. W punkcie 3 kandydat do stopnia opisuje wybrane metody numeryczne wykorzystywane w badaniu zjawiska perkolacji (w tym: poprawki do skalowania skończonych rozmiarów; wydajne algorytmy symulacji) oraz definiuje pojęcia wyłączonej objętości (punkt 3.4) czy rozszerzonego sąsiedztwa (punkt 3.5).

W mojej ocenie powyższe wyczerpują znamiona prezentacji ogólnej wiedzy teoretycznej kandydata do stopnia w dyscyplinie nauk fizycznych.

Doktorant zaprojektował struktury danych, nazwane przez niego „odwzorowaniami zawartości hipersfery”, oraz użył ich do wyznaczenia wyłączonych objętości zdyskrety-

zowanych hipersfer oraz do przygotowania odwzorowań połączeń między hipersferami (punkt 4.2). Do identyfikowania klastrów perkolujących doktorant wykorzystał algorytm typu *union/find* opisany w punkcie 3.3. Sposób prowadzenia symulacji oraz ich wyniki opisano odpowiednio w punktach 4.3 i 4.4. Do ich szczegółowej analizy przejdę w następnym punkcie recenzji.

W mojej ocenie powyższe wyczerpują znamiona zdolności do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

W związku z artykułem 187, punkt 1 ustawy, stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska spełnia oba warunki stawiane doktoratom w przywołanym punkcie ustawy, tj. prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata do stopnia w dyscyplinie nauk fizycznych oraz potwierdza umiejętność mgr. Piotra Brzeskiego do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

2.2 Czy w rozprawie rozwiązano oryginalny problem naukowy?

Przedmiotem tej rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego postawionego jasno na piątej stronie pracy w rozdziale pierwszym zatytułowanym „Cel pracy". Cel nadrzędny pracy jest tożsamy z tytułem dysertacji.

Szczegółowe cele pracy autor określił na:

1. zaprojektowanie wydajne struktury danych zawierającej informacje o badanych hipersferach i połączeniach między nimi;
2. zoptymalizowanie tych struktur pod względem ilości zajmowanej pamięci oraz szybkości dostępu do przechowywanych w nich danych;
3. opracowanie wydajnych algorytmów do wypełnienia tych struktur danymi;
4. wyznaczynia wartości wykładnika krytycznego długości korelacji ν;
5. wyznaczenie wartości progów perkolacji p_c dla hipersfer o różnych średnicach;
6. wyznaczenia wartości progów perkolacji p_c nachodzących na siebie hipersfer w przypadku ciągłym.

Dla celów testowych, badania rozpoczęto od analizy hipersfer o średnicy $k = 1$. Przypadek ten odpowiada klasycznej perkolacji węzłów, co pozwala porównać uzyskiwane wartości wykładnika krytycznego ν oraz progu perkolacji p_c z danymi literaturowymi. W granicy szacowanej niepewności wielkości te nie różnią się od siebie.

Dla nachodzących na siebie hipersfer w przypadku ciągłym wyznaczone wartości progów perkolacyjnych zostały uzyskane w wyniku ekstrapolacji danych z symulacji dla coraz większych średnic roważanych hipersfer. Za wartość progu przyjęto średnią z trzech wartości progu perkolacyjnego uzyskiwanych przy założeniu, że do perkolacji

w układzie dochodzi, gdy istnieje klaster perkolujący opasujący sieć: (1) w jednym konkretnym kierunku; (2) choć w jednym kierunku; (3) w każdym z D możliwych kierunków. W przypadku trójwymiarowym uzyskane wyniki są zbliżone do danych literaturowych. Natomiast dla $D = 4$ i $D = 5$ uzyskane wyniki są obarczone ponad dwustukrotnie i dziesięciokrotnie mniejszymi niepewnościami niż dla rezultatów znanych dotychczas.

W mojej ocenie osiągniecie celów wskazanych w punktach 4–6 jest rozwiązaniem oryginalnego problemu naukowego. Co prawda zastosowana technika oraz poszukiwane wartości były już znane wcześniej w literaturze ale wzrost dokładności ich wyznaczenia o rząd czy dwa rzędy wielkości jest znaczący. Co więcej, jak pokazano na rysunku 4.4, wyznaczona dla $D = 5$ wartość progu w granicy ciągłej perkolacji poprawia znacząco dotychczasowe oszacowania. O wartości naukowej uzyskanych wyników świadczy przede wszystkim opublikowane ich w czasopismie o światowej cyrkulacji.

W związku z artykułem 187, punkt 2 ustawy, stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska spełnia ustawowy wymóg co do treści.

2.3 Czy rozprawa ma odpowiednią formę?

Przedstawiona dysertacja ma formę pracy pisemnej wydanej w formie manuskrytpu książki. W związku z artykułem 187, punkt 3 ustawy, stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska spełnia ustawowy wymóg co do formy.

2.4 Czy do rozprawy dołączono odpowiednie streszczenie?

W związku z artykułem 187, punkt 4 ustawy, oraz w związku z przygotowanien rozprawy w języku polskim na autorze ciążył obowiązek przygotowania streszczenia w języku angielskim. Dostarczona mi dokumentacja zawiera jednostronicowe streszczenie pracy w języku angielskim (choć niepotrzebnie przygotowane nienaturalnie wysokim stopniem pisma), stwierdzam więc, że przywołany ustawowy wymóg został dopełniony.

3 Dodatkowe uwagi merytoryczne

Jak wsponiałem, wyniki przedstawione w pracy zostały już merytorycznie ocenione przez recenzentów i redaktorów bardzo przyzwoitego czasopisma. Gdybym miał wnosić jakieś wątpliwości to chyba jedynie natury filozoficznej: dlaczego w granicy nieskończonej średnicy (hiper)sfery już pojawienie się w układzie choćby jednej (pierwszej), nie prowadzi do opasania układu klastrem perkolującym i to we wszystkich możliwych kierunkach? O przyczynach tego paradoksu chętnie posłucham przy najbliższej nadażającej się okazji (a jeśli dalsze czynności w przewodzie pójdą pomyślnie—to na publicznej obronie pracy).

4 Dodatkowe uwagi redakcyjne

Praca napisana jest zgrabną polszczyzną. Pomimo usilnych starań nie udało mi się znaleźć poważnych uchybień redakcyjnych. Z obowiązku recenzenta przyczepię się chociaż do drobiazgów.

- Ani ja, ani mieszkańcy Monte Carlo, nie widzimy powodów by nazwę grupy metod symulacji stochastycznych wywodzących swą nazwę od lokalizacji geograficznej siedliska hazardu pisać jako „Monte–Carlo", tj. z wykorzystaniem łącznika (strony 5, 7, 15, 17).

- Po separatorze (przecinku) dziesiętnym pojawiły się nienaturalne odstępy: wartości τ^* i p_c na stronie 20, η i φ na stronie 44, podpisy pod rysunkami 2.1 i 2.3, równania (2.1), (3.21) i (3.22).

- Nie sądzę by w pracy występowały „błędy", które doktorant usiłuje szacować w punkcie 4.3.1. Zgodnie z obowiązującą nomenklaturą, liczbową ocenę jakości otrzymanych wyników nazywamy ich niepewnością i to niepewności otrzymanych wyników doktorant szacuje. Ten błąd prawdopodobnie wziął się z bezpośredniego tłumaczenia tytułu punktu w publikacji (w której też powinno się mówić o niepewnościach).

5 Konkluzje

Praca doktorska mgr. Piotra Brzeskiego spełnia formalne i zwyczajowe wymogi dla tego typu prac. W punkcie 2 recenzji wykazałem **spełnienie przez doktorat mgr. Piotra Brzeskiego ustawowych wymogów** stawianym pracom doktorskim.

Reasumując, z pełnym przekonaniem **rekomenduję** Radzie Dyscyplin Astronomii oraz Nauk Fizycznych Uniwersytetu Wrocławskiego **dopuszczenie mgr. Piotra Brzeskiego do dalszych czynności w prowadzonym przewodzie doktorskim**, w tym do publicznej obrony.