

Dr hab. Barbara Strug, prof. UJ

Kraków, 15 czerwca 2022

Instytut Informatyki Stosowanej,

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,

Uniwersytet Jagielloński,

ul. Łojasiewicza 11, Kraków

barbara.strug@uj.edu.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Krzysztofa Podsiadło

pt. „Efficient algorithms for three-dimensional computational mesh generation and air pollution simulations based on hypergraph grammars”

promotor: prof. dr hab. Maciej Paszyński

Recenzja została opracowana na podstawie pisma Rady Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja AGH z dnia 20 kwietnia 2022.

1 Aktualność i znaczenie rozprawy oraz cel pracy

Przedstawiona rozprawa dotyczy opracowania wydajnych algorytmów generowania trójwymiarowych siatek obliczeniowych oraz ich wykorzystania w symulacji zanieczyszczeń powietrza. Oprócz opracowania odpowiednich algorytmów przedstawione zostały także metody ich zrównoleżenia z wykorzystaniem gramatyk hipergrafowych. Problem zanieczyszczenia powietrza jest jednym z większych problemów cywilizacyjnych, szczególnie odczuwalnym w Krakowie, co sprawia, że przedstawiona rozprawa ma nie tylko wartość teoretyczną, ale także praktyczną.

Podsumowując, podjęta w pracy tematyka jest aktualna i ważna nie tylko z punktu widzenia naukowego, ale ma także duże znaczenie praktyczne i może wspomagać procesy związane z ochroną środowiska i ograniczeniem zanieczyszczeń.

2. Zawartość pracy, zakres i cele

Przedłożona rozprawa doktorska podzielona jest na cztery części, w skład których wchodzi cztery rozdziały, ponadto zawiera bibliografię oraz spisy rysunków i tabel, miała zapewne zawierać także spis listingów, ale jest on pusty. Sumarycznie praca liczy 118 stron plus streszczenia w języku polskim i angielskim oraz spis treści. Bibliografia liczy 86 pozycji, ale w tym tylko jedną pozycję, której współautorem jest mgr inż. Podsiadło, drugi wpis w bibliografii to odnośnik do archiwum na github, więc nie wliczam go. Tak mała liczba pozycji autora rozprawy w bibliografii jest nieco zaskakująca, tym bardziej, że w innym miejscu rozprawy autor wymienia 7 pozycji, których jest współautorem, i które dotyczą zagadnień

prezentowanych w tej rozprawie. Nie bardzo też rozumiem dlaczego autor podzielił prace na części, skoro w każdej z nich jest tylko jeden rozdział; w takiej sytuacji lepiej byłoby ograniczyć się albo do podziału na części albo na rozdziały.

Część pierwsza pracy przedstawia motywację podjęcia tematyki pracy, aktualny stan wiedzy w zakresie generacji i adaptacji siatek na potrzeby metody elementu skończonego oraz wykorzystania gramatyk (hiper)grafowych w tego typu zagadnieniach. Autor przedstawił tu także podstawowe informacje dotyczące zakresu pracy oraz postawił tezę pracy mówiącą, że jest możliwe opracowanie nowych i wydajnych algorytmów generacji trójwymiarowych siatek obliczeniowych oraz solverów na potrzeby symulacji rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza w oparciu o model gramatyk hipergrafowych. Ponadto opracowany na podstawie gramatyk algorytm będzie automatycznie gwarantował poprawność siatki obliczeniowej i pozwalał na równoległą symulację zanieczyszczeń w oparciu o równania adwekcji-dyfuzji-reakcji. Tak sformułowaną tezę autor udowadnia w pozostałej części pracy. Postawiona teza jest dość długa i złożona, dlatego też lepszą charakterystyką zakresu pracy wydają się główne cele pracy, które autor przedstawił w następujący sposób: 1) zaprojektowanie, implementacja i przetestowanie nowych algorytmów generacji i adaptacji siatek obliczeniowych, 2) przedstawienie solvera MES na potrzeby symulacji rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza z wykorzystaniem produkcji gramatyk hipergrafowych. Realizację tak postawionych celów autor przedstawia w kolejnych częściach rozprawy.

Druga część pracy, dotycząca metod i algorytmów, zawiera wprowadzenie do wykorzystywanych w pracy zagadnień. W szczególności przedstawione zostały podstawowe definicje dotyczące hipergrafów oraz gramatyk hipergrafowych i procesu stosowania produkcji. Przedstawiona jest w tym rozdziale także implementacja gramatyk z wykorzystaniem środowiska GALOIS. Autor opisał tu także rozszerzenie siatek obliczeniowych do postaci trójwymiarowej opartej o czworościany. W kolejnych podrozdziałach autor opisał także zastosowanie solvera zmiennie-kierunkowego oraz metodę wprowadzenia danych topograficznych do omawianych narzędzi.

Część trzecia stanowi opis wykonanych przez autora symulacji opartych na przedstawionych w rozdziale drugim metodach i algorytmach. W części czwartej autor przedstawił podsumowanie pracy oraz potencjalne możliwości i kierunki dalszej pracy nad omawianymi zagadnieniami.

3. Ocena pracy i uwagi szczegółowe

Przedstawiona rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Krzysztofa Podsiadło niewątpliwie potwierdza zarówno wiedzę teoretyczną i umiejętności praktyczne doktoranta. Autor udowodnił tu dobre opanowanie skomplikowanego aparatu matematycznego związanego z modelowaniem i symulacją zagadnień numerycznych oraz ich połączenie z metodami lingwistycznymi, wykorzystanymi tu zarówno do opisu procesu generacji siatek obliczeniowych jak i samego procesu obliczeniowego i jego zrównoleglenia.

Główne wyniki autora przedstawione zostały w rozdziale drugim. Na początku autor sformułował podstawowe koncepcje dotyczące gramatyk hipergrafowych. Wprowadzenie to pozwala zapoznać się z najważniejszymi definicjami, jednak jest tu kilka błędów. W definicji hipergrafu funkcja *val* jest w rzeczywistości funkcją częściową, gdyż nie dla każdej pary elementów hipergrafu i atrybutu będzie istniała wartość (nie każdy element musi mieć te same atrybuty). W definicji 2 (podgrafu) autor używa oznaczenia HE na zbiór hiperkrawędzi, a dalej w treści definicji używa oznaczenia E; taki błąd pojawia się zresztą jeszcze w innym miejscu pracy. Na kolejnej stronie uwaga 1 (remark 1) jest niepełna, pierwsze zdanie jest najwyraźniej niedokończone, co w sumie sprawia, że uwaga, która miała wyjaśnić ważne zagadnienie jest zupełnie niezrozumiała.

Podrozdział 2.2 rozpoczyna opis własnych osiągnięć autora. Zaproponował on tu po raz pierwszy przedstawienie klasycznego algorytmu poprawy siatki Rivary za pomocą gramatyki hipergrafowej. Podejście takie pozwala na jednorodne podejście zarówno do reprezentacji siatki jak i samego procesu jej poprawy. Autor pisze tu, że elementy siatki obliczeniowej będą reprezentowane za pomocą wierzchołków, krawędzi i hiperkrawędzi hipergrafu, jednak w samej definicji hipergrafu nie ma mowy o krawędziach, są tylko wierzchołki i hiperkrawędzie. Można oczywiście domyślać się, że krawędzie to skrótowy zapis hiperkrawędzi o dwóch wierzchołkach, brakuje tu jednak odpowiedniego komentarza na ten temat. Warte pochwały jest natomiast zilustrowanie koncepcji przez dobrze opisany przykład, który pozwala prześledzić kolejne kroki procesu poprawy siatki. Moje zastrzeżenia wzbudził tytuł podrozdziału 2.2.1 sugerujący, że zawiera on definicję hipergrafu, która została już przedstawiona wcześniej. Tymczasem w podrozdziale tym autor opisuje konkretny przykład hipergrafu, określając poszczególne zbiory etykiet, atrybutów itp. Co więcej opisuje tu także konkretne produkcje, więc tak naprawdę wprowadza całą gramatykę hipergrafową, a nie tylko hipergraf. Nie jest to jednak definicja, a konsekwencją takiego nazewnictwa jest pojawienie się na stronie 22 sformułowania o poprawianiu definicji. Definicji raczej się nie poprawia, natomiast tu niewątpliwie autorowi chodzi o udoskonalenie opisywanej gramatyki grafowej. Mimo pewnych błędów i nieprecyzyjnych sformułowań autor dobrze opisał wszystkie produkcje gramatyki przeznaczonej do reprezentacji siatek obliczeniowych, ponadto zilustrował je przykładami siatki trójkątnej.

Do implementacji gramatyki autor wykorzystał środowisko GALOIS. Zabrakło mi tu troszkę szerszego opisu tego środowiska, zamiast tego większość rozdziału o implementacji składa się z fragmentów kodu. Wydaje się, że lepszym rozwiązaniem byłoby przedstawienie samego środowiska, sposobu zaimplementowania w nim hipergrafów, a same kody można było umieścić w załączniku.

Za kolejne istotne osiągnięcie autora można uznać rozszerzenie siatki obliczeniowej na siatki trójwymiarowe czworościenne. Autor przedstawił całą metodę bardzo dokładnie, ilustrując ją przykładami. Przedstawiona została także oryginalna metoda połączenia ich z modelami terenu. W kilku miejscach autor przechodzi od opisywania poprawy siatki do modeli terenu oraz rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń dość nagle, ale sam opis jest zrozumiały i precyzyjny. Ponadto w pracy została także przedstawiona metoda modelowania propagacji zanieczyszczeń z wykorzystaniem solwera zmiennie-kierunkowego. Za wkład autora można tu

uznać metodę wprowadzenia danych o terenie do solwera. Biorąc pod uwagę jeden z celów pracy jakim było opracowanie wydajnych algorytmów zabrakło mi podrozdziału poświęconego złożoności obliczeniowej zaproponowanych algorytmów. Informacje te są w pracy, jednak są one rozproszone w wielu miejscach.

Zaproponowane przez autora algorytmy zostały sprawdzone poprzez wykonanie licznych symulacji komputerowych. W pracy autor opisał siedem symulacji numerycznych korzystających z różnych podejść. Przeprowadzenie tylu eksperymentów pozwoliło zweryfikować różne aspekty zaproponowanych algorytmów. Opis eksperymentów jest wyczerpujący i zilustrowany licznymi rysunkami. W niektórych miejscach jest tych rysunków wręcz zbyt dużo, na przykład seria rysunków od 12 do 27 jest zbyt szczegółowa, część z nich można było pominąć bez straty na zrozumieniu samego przebiegu symulacji. Podobnie sytuacja wygląda w opisach kilku innych symulacji. Ciekawym elementem tej części pracy jest porównanie solwerów: zmiennie-kierunkowego oraz opartego na gramatykach grafowych. Zabrakło mi natomiast w tej części krótkiego podsumowania i uzasadnienia wyboru takich a nie innych podejść do symulacji. Wart było wskazać, które z podejść lepiej sprawdza się w konkretnych sytuacjach lub dla określonego rodzaju zagadnień. Niezależnie od tego autor niewątpliwie wykazał, że zaproponowane przez niego rozwiązania teoretyczne dobrze sprawdzają się w praktyce i pozwalają osiągnąć znaczące wyniki.

Uwagi dodatkowe:

1. Autor w całej pracy posługuje się zaimkiem „my”, rozumiem oczywiście, że pracuje on w zespole, jednak rozprawa doktorska przedstawia osiągnięcia i wkład własny autora. Znacznie lepiej czytałoby się pracę napisaną w bardziej bezosobowej formie, biorąc pod uwagę, że praca napisana jest w języku angielskim strona bierna wydawałaby się tu naturalną formą pisania pracy.
2. Jak już wspomniałam wcześniej praca ma długie sekwencje stron zawierających wyłącznie rysunki, z wielu z nich można było zrezygnować lub umieścić w załączniku na końcu rozprawy.
3. Bibliografia zawiera wiele niepełnych pozycji, brak w nich numerów stron, daty wydania, a nawet nazwiska autora(ów) pracy. Niektóre nazwiska zostały też napisane z błędami.
4. Jeden z podrozdziałów pracy zawiera niemal same fragmenty kodów, tą część także można było umieścić w załączniku, co pozwoliłoby na płynniejsze czytanie pracy.
5. W pracy znalazło się też nieco literówek i błędów gramatycznych, nie są one jednak aż tak liczne aby znacząco wpływały na odbiór pracy.
6. Nie podoba mi się określenie „Lesser district of Poland” występujące w pracy wielokrotnie, nie ma w Polsce regionu o nazwie Mniejszy, jest albo Małopolska, albo ostatecznie Lesser Poland.

4. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska przedstawiona przez Pana mgr. inż. Krzysztofa Podsiadło potwierdza jego szeroką wiedzę teoretyczną oraz praktyczną w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja. Autor wykazał się dobrą znajomością metod obliczeniowych oraz ich praktycznego stosowania. Na szczególne podkreślenie zasługuje znacząca liczba przeprowadzonych eksperymentów symulacyjnych, które pozwoliły na zweryfikowanie w praktyce zaproponowanych rozwiązań teoretycznych.

Podsumowując, uważam, że rozprawa doktorska pana mgr. inż. Krzysztofa Podsiadło spełnia wymagania ustawy i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

B. Stuz