

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Korneliusza K. Warszawskiego
„**Modelowanie geometryczne terenu w oparciu o wybrane algorytmy systemu cząstek**”
Promotor: dr hab. inż. Sławomir S. Nikiel, prof. UZ

1. Tematyka rozprawy

Recenzowana rozprawa podejmuje zagadnienia związane z automatyzacją procesów projektowych w grafice obiektów dwu- i trójwymiarowych. Powiedzieć, że ten obszar nauk komputerowych jest dzisiaj niezwykle aktualny, że oczekiwania społeczne wobec jego wdrożeń i zakres zastosowań rosną z roku na rok, że w związku z tym rozwija się niezwykle dynamicznie, że jest przedmiotem i intensywnych badań naukowych, jak również spektakularnych zastosowań, to wszystko pewnie mało. Doktorant zresztą bardzo zgrabnie zarysowuje we Wprowadzeniu do dysertacji główne nurty prowadzonych obecnie badań nad obrazami generowanymi komputerowo (ang. computer-generated imagery, CGI), wyróżniając wśród nich systemy rozszerzonej rzeczywistości, rzeczywistości wirtualnej oraz mieszanej. Każdy z tych systemów posiada dzisiaj bogatą literaturę przedmiotu i oddzielne (czasami też wspólne) problemy badawcze.

Praktycznie każdy z wymienionych wyżej nurtów CGI styka się z problemem modelowania (dodajmy automatycznego) terenu jako swego rodzaju podłoża dla wirtualnego ekosystemu. Można pokusić się o sprowadzenie większości stawianych tutaj wyzwań do dwóch postulatów: aby generowane obiekty graficzne były jak najbardziej zbliżone do tych obserwowanych w naturze oraz aby proces ich tworzenia umożliwiał interakcję z odbiorcą w czasie rzeczywistym. I właśnie to zagadnienie badawcze wraz z owymi postulatami stanowi zasadniczy obszar zainteresowań Doktoranta.

Celem recenzowanej rozprawy było wykazanie tezy postawionej na stronie 39. dysertacji, iż zastosowanie algorytmów bazujących na systemach cząstek w geometrycznym modelu terenu opartym o strukturę twardości, pozwala na uzyskanie obiektów graficznych o sferycznej oraz asferycznej topologii w czasie zbliżonym do rzeczywistego. W tak sformułowanej tezie mieszczą się nietrywialne wątki, jak odwzorowanie sferycznych i

niesferycznych topologii, zastosowanie modelu twardości podłoża i nowatorskie wykorzystanie systemu cząstek.

Warto tu wspomnieć niejako na marginesie, że nie jest to pierwsza praca doktorska zrealizowana w zespole Promotora z tej tematyki, poprzednia dotyczyła również modelowania obiektów graficznych 3D (trójwymiarowych), ale z wykorzystaniem tzw. podejścia proceduralnego. W omawianej rozprawie do modelowania wirtualnego świata wykorzystano interakcję fraktalnie kształtowanego terenu z kolekcją cząstek.

W świetle powyższych uwag można stwierdzić, że **problematyka rozprawy jest ważna i w pełni uzasadniona.**

2. Kompozycja i redakcja rozprawy

Recenzowana rozprawa składa się z czterech rozdziałów, wprowadzenia, bibliografii, kilku spisów, wykazu ważniejszych oznaczeń i skrótów oraz pięciu dodatków, i obejmuje 127 numerowanych stron maszynopisu.

We Wprowadzeniu Autor na zarysowuje obszar badawczy związany z CGI, poczynając od przedstawienia skrótowo historii rozwoju tej dziedziny, wymieniając wyjątkowo szeroki wachlarz jej zastosowań, dochodząc do aktualnych dzisiaj trzech obszarów badawczych, tj. systemów rzeczywistości rozszerzonej, systemów rzeczywistości wirtualnej oraz systemów rzeczywistości mieszanej, na końcu wspominając o dostępnych technologiach.

W rozdziale 1 zatytułowanym „Problem badawczy” znajduje się wyjaśnienie podstawowych pojęć i metod, które są w rozprawie wykorzystywane. Mowa jest więc o potoku graficznym, animacji czasu rzeczywistego, geometrii fraktalnej oraz najistotniejszych i bezpośrednio prowadzących do sedna proponowanych rozwiązań metod modelowania terenu i systemie cząstek. W przypadku zagadnienia automatycznego generowania ukształtowania terenu Autor skupia się zasadniczo na modelach fraktalnych, procesach erozyjnych, topologiach modelu, wreszcie stosowanych reprezentacjach. Pisząc o systemach cząstek, które stanowią będą zasadnicze novum wprowadzonych algorytmów, czytelnik jest zapoznawany z podstawowymi definicjami oraz właściwościami, choć akurat odpowiedniejszym zatytułowaniem sekcji byłoby chyba „Istniejące implementacje i obszary zastosowań”. Rozdział kończą krótkie sekcje określające: motywację stojącą za podjętymi badaniami (w świetle poprzednich rozdziałów sekcja raczej zbędna i nic niewnosząca), teza pracy oraz weryfikujące tezę cele badawcze. Całość zamyka podsumowanie rozdziału.

O ile rozdział pierwszy był wprowadzeniem w tematykę rozprawy, o tyle rozdział drugi „Synteza ukształtowania terenu” formułuje już oryginalne propozycje Doktoranta. I tak, w rozdziale opisano używane obecnie (fraktalne) modele geometryczne ze znanym z literatury przedmiotu formowaniem uskoku metodą Poissona z funkcją skokową, tak w przestrzeni dwuwymiarowej (algorytm LFF), jak i trzywymiarowej (algorytm PFF). Po prezentacji znanych rozwiązań, Doktorant wprowadza pierwszą własną propozycję generowania uskoku przez kolizję kolekcji cząstek generowanych przez pojedynczy emiter z terenem. W miejsce liniowej krawędzi uskoku (algorytm LFF w przestrzeni 2D) lub określonej przez płaszczyznę (algorytm PFF w przestrzeni 3D), otrzymujemy propozycję krawędzi uskoku w kształcie okręgu (algorytm CFF w przestrzeni 2D) oraz w kształcie sfery (algorytm SFF w przestrzeni 3D). Dodatkowo wysokość uskoku zależy od wielkości cząsteczki. W kolejnej sekcji rozdziału Autor wprowadza dodatkowy, drugi model geometryczny terenu, który opisuje strukturę wewnętrzną terenu (geologiczną) w postaci dwuwymiarowej (dla przestrzeni 2D) lub trzywymiarowej mapy twardości (dla przestrzeni 3D). Mapa twardości może składać się z wielu różnych materiałów, każdy o zadanej twardości. Na rys. 2.17 do 2.20 znajdują się ilustracje map twardości, każda dla różnej liczby materiałów, podzielone na przestrzenie dwu- i trzywymiarowe oraz algorytmy tworzące uskoki funkcją skokową oraz poprzez system cząstek. Kolejna sekcja dotyczy połączenia metody kolizji cząstek z mapą twardości. O ile przy modelowaniu samego uskoku obserwujemy agregację w punkcie styczności terenu z cząsteczką (niestety pojęcie „agregacji” nie zostało przez Autora zdefiniowane), o tyle mając do dyspozycji dodatkową mapę twardości, można modelować proces erozji terenu. Doktorant założył oddziaływanie stałej siły erozyjnej (i tu pytanie do Doktoranta: a co by się działo, gdyby tzw. siła erozyjna była zmienna – w czasie i/lub przestrzeni?) i uzyskał syntetyczne formacje terenowe w typie tzw. mesy, czyli struktur stołowych (i tu kolejne pytanie do Doktoranta, dlaczego uzyskujemy „głównie” takie struktury, jaki wpływ ma lub może mieć inny algorytm emisji cząstek?). Na modelowanie struktury erozyjnej dodatkowy wpływ ma również wielkość opadającej cząsteczki. Pod koniec rozdziału Doktorant prezentuje dosyć oczywistą strukturę danych dla modelu wysokościowego i objętościowego. Rozdział zamyka podsumowanie.

Rozdział 3 rozprawy dotyczy Analizy uzyskanych wyników. Doktorant pisze o analizie jakościowej, przez którą rozumie oszacowanie złożoności obliczeniowej, empirycznym pomiarze czasu pracy oraz wyliczeniu wymiarów fraktalnych. Ową analizę wykonuje dla modelu uskoku, dla klasyfikacji materiałów oraz dla modelu symulującego erozję podłoża. Dla każdego z rozpatrywanych modeli oszacowano jego liniową złożoność

obliczeniową, potwierdzoną numerycznym eksperymentem, a w przypadku dwóch pierwszych modeli obliczono ich wymiar fraktalny. Uzyskane wyniki czasów działań poszczególnych modeli uprawniają Autora do sformułowania wniosku o zaproponowaniu wydajnych technik syntezy ukształtowania terenu.

Rozdział 4 zawiera Wnioski i podsumowanie badań, wraz ze zbędną w kontekście wcześniejszych rozdziałów sekcją o Możliwości zastosowania praktycznego oraz sekcją definiującą kierunki dalszych badań.

Po rozdziale czwartym następuje pięć dodatków opisujących odpowiednio użyte stanowisko testowe, wizualizację wybranych modeli, otrzymane przez Autora nagrody, wyróżnienia i granty, prawa autorskie oraz zawartość dołączonego do pracy nośnika danych.

Sama kompozycja i struktura rozprawy nie budzą większych zastrzeżeń. Czytelność rozprawy i jej jednorodność zwiększyłoby umieszczenie części sekcji 2.1, opisującej znany z literatury algorytm Poissona z funkcją uskoju, w rozdziale 1, w którym zdefiniowano wszystkie niezbędne podczas lektury podstawowe pojęcia i metody. Jak wspomniano wyżej, niepotrzebne, bo redundantne, zdają się sekcje 1.6 oraz 4.2.

Na uwagę zasługuje staranna strona edytorska pracy i praktycznie bezbłędny język rozprawy (Recenzent napotkał raptem pojedyncze błędy interpunkcyjne – zaznaczone w otrzymanym egzemplarzu oraz kilka literówek wymienionych później).

Bibliografia zawiera 197 pozycji, w tym 26 publikacji, których autorem lub współautorem jest Doktorant. Liczba ta świadczy o dużej aktywności publikacyjnej Autora, ale również stosunkowo już długim okresie publikacyjnym, gdyż pierwsza praca pochodzi z 2004. W bibliografii zamieszczono kilka linków wraz z datą, Recenzent zakłada, że jest to rok dostępu (choć poprawniejsze byłoby użycie konkretnej daty dostępu).

3. Oryginalne osiągnięcia Autora

Sformułowana we Wprowadzeniu teza rozprawy wymagała zaprojektowania przez Doktoranta, a później zaimplementowania własnego modelu geometrycznego (a właściwie modeli, licząc również model twardości) wraz z kilkoma nietrywialnymi algorytmami modelującymi.

Do najważniejszych i oryginalnych wyników przedstawionych w recenzowanej rozprawie należy zaliczyć:

- Opracowanie i zweryfikowanie algorytmów formujących uskoki poprzez kolizję cząstek generowanych przed pojedynczym emitorem z terenem. Zaproponowano algorytm działający w przestrzeni dwuwymiarowej (LFF) oraz trójwymiarowej (SFF).
- Opracowanie i zweryfikowanie map twardości wraz z odpowiednią ich reprezentacją znajdujących zastosowanie w przestrzeni dwuwymiarowej oraz trójwymiarowej.
- Opracowanie i zweryfikowanie cząsteczkowego algorytmu osuwiskowego (LS), wykorzystującego zaproponowane modele geometryczne i pozwalającego na realistyczne modelowanie struktur stołowych.
- Oszacowanie złożoności obliczeniowej oraz wymiaru fraktalnego dla nowych algorytmów formujących uskoki. Wymiar fraktalny został obliczony również dla algorytmów literaturowych CFF i PFF.
- Oszacowanie złożoności obliczeniowej oraz wymiaru fraktalnego dla algorytmu klasyfikacji materiałowej. Wymiar fraktalny został obliczony również przy zastosowaniu algorytmów literaturowych CFF i PFF.
- Oszacowanie złożoności obliczeniowej dla cząsteczkowego algorytmu osuwiskowego.
- Zaimplementowanie algorytmów w wersji dla CPU oraz GPU (to ostatnie osiągnięcie nie zostało w pracy dostatecznie wykazane).

Zgodnie z powyższym można sformułować wniosek, że uzyskane wyniki eksperymentalne potwierdzają postawioną tezę.

4. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Podczas lektury recenzowanej dysertacji nasuwają się pewne uwagi natury ogólnej i szczegółowej. Do uwag natury ogólnej można zaliczyć poniższe kwestie:

- Podczas lektury dysertacji zaobserwować można pewną dysproporcję, polegającą na porównywalnej liczbie stron poświęconych na wprowadzenie w tematykę (Rozdział 1), a tych przeznaczonych na sformułowanie zasadniczych osiągnięć Autora (Rozdział 2). Wydaje się, że Doktorant miejscami zbyt lakonicznie opisuje nowy numeryczny model terenu, dbając o w miarę jego precyzyjne zdefiniowanie,

ale zaniehbując wiele istotnych i interesujących szczegóhbów, dotyczących chociażby jego implementacji.

- Z uwagą powyższą wiąże się też spostrzeżenie, że zadeklarowana wśród postawionych celów pracy optymalizacja algorytmów (strona 39) jest niemożliwa do weryfikacji przez czytelnika rozprawy.
- Podobna uwaga dotyczy wspomnianej na str. 88 informacji, że algorytmy zostały zaimplementowane na procesorze CPU oraz GPU. Poza dosłownie jednym zdaniem na ten temat, trudno szukać w rozprawie choćby słowa więcej, porównania tychże implementacji, weryfikacji efektywności, nie mówiąc o wnioskach.
- W rozdziale 2 recenzji zostały sformułowane do Doktoranta dwa pytania, które tu zostaną powtórzone: co by się stało, gdyby tzw. siła erozyjna była zmienna w czasie i/lub przestrzeni? Jakby mogło to zmienić formowanie ukształtowania terenu. Oraz pytanie drugie, dlaczego uzyskujemy „głównie” struktury stołowe, jaki wpływ ma lub może mieć zastosowanie innego algorytmu emisji cząstek, a precyzyjniej algorytmu generującego inne kształty kolekcji cząstek, jak ma to miejsce chociażby w bibliotece „Shuriken” symulującej system cząstek w silniku graficznym Unity.
- Do powyższych pytań można dołożyć również kolejne, jak zmieniłoby się formowanie terenu, gdyby do modelu dołożyć np. oczywistą siłę grawitacyjną?
- W pracy boleśnie brakuje badań porównawczych z innymi, literaturowymi metodami. Owszem, Doktoranta może tłumaczyć fakt, że w artykułach naukowych z dziedziny CGI często prezentuje się tylko własną metodę oraz fakt umieszczenia w rozprawie przykładów map twardości (rys. 2.17 do 2.20), oszacowania wymiaru fraktalnego (rys. 3.5 do 3.8), modelu struktury wewnętrznej (rys. B1 do B2) dla metod własnych i metody Poissona, wreszcie wspomnienie na str. 86 wyników czasowych uzyskanych przez „adekwatne modele”. Zdecydowanie jednak jest to zdaniem Recenzenta niewystarczające, zwłaszcza jeśli prezentowane rysunki są pozbawione komentarza. Może też możliwe byłoby w przyszłości porównanie uzyskiwanych wyników z podejściem niefraktalnym, a proceduralnym, stosowanym np. przez dra Tomasza Zawadzkiego, współautora wielu wspólnych publikacji z Doktorantem?

- Uwaga powyższa mogłaby znaleźć swoje miejsce właśnie w rozdziale 3 zatytułowanym „Analiza uzyskanych wyników”, w którym Autor pisze o analizie jakościowej proponowanych rozwiązań, pomijając jednak badania porównawcze.
- Doktorant pisze na str. 59, że „Maksymalna wartość tego współczynnika (liczby materiałów – przypis Recenzenta) osiągnięta jest, gdy model twardości jest tożsamy z bazowym modelem geometrycznym.”. Chodzi raczej nie o tożsamość modeli, co ich rozmiarów.

Poniżej wyszczególniono uwagi natury szczegółowej:

- W rozprawie zbyteczne zdają się przypisy do cytowanych nazwisk uczonych.
- Literówki: str. 18 „samopodobieństw”, str. 75 „fraktanej”.
- Na str. 20 błąd składniowy w wyrażeniu „... Mandelbrot zaproponował algorytm uskoku Poissona, nazywanym również ..”.
- Na str. 20 zbyteczne jest odwoływanie czytelnika do rozdziału, w którym akurat jest („zob. Rozdział 1.4.1”).
- Na str. 26 wieloznaczne co najmniej jest podawanie szeregu referencji literaturowych po odwołaniu czytelnika do własnego rysunku (Rysunek 1.12). Podobnie rzecz się ma na str. 27 (Rysunek 1.13) i str. 30 (Rysunek 1.15).
- Na str. 50 pojawia się niezdefiniowane w pracy pojęcie „agregacji materiału”.
- Na str. 50 pojawia się Przykład 2.1, który powinien być umieszczony kilka stron wcześniej, przy opisie algorytmu LFF. Podobnie rzecz się ma z przykładem 2.2 ze str. 55.
- Na str. 59 pojawia się sformułowanie „ilość materiałów” w miejsce prawidłowej, bo policzalnej „liczby materiałów”.
- Na str. 74 niepotrzebne zapożyczenie językowe „komparacja” w miejsce swojskiego „porównania”.
- W Bibliografii można znaleźć pisownię dotyczącą nazwisk Doktoranta i Promotora z wymienionym skrótem pierwszego i drugiego imienia oraz tylko ze skrótem pierwszego imienia. Należałoby pisownię ujednoczyć.

Wszystkie wymienione wyżej krytyczne uwagi i spostrzeżenia nie podważają pozytywnej oceny pracy.

5. Wniosek końcowy

Mimo zawartych w recenzji uwag uważam, że rozprawa mgra inż. Korneliusza K. Warszawskiego spełnia warunki określone w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65 z 2003 r., poz. 595 z późn. zm.). Recenzowana dysertacja niewątpliwie stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego, istotnie rozszerzając wiedzę o numerycznym modelowaniu terenu. Doktorant wykazał się właściwą wiedzą teoretyczną i praktyczną w dziedzinie nauk technicznych, w dyscyplinie naukowej Informatyka, dowiódł też opanowania umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Biorąc pod uwagę powyższe fakty stwierdzam, że recenzowana rozprawa w pełni spełnia wymagania odpowiedniej Ustawy i **wniosuję o dopuszczenie mgra inż. Korneliusza K. Warszawskiego do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.**

Olgierd Uzna