



dr hab. Ewa Grabska, prof. UJ  
Zakład Projektowania i Grafiki Komputerowej  
Wydział Fizyki Astronomii i Informatyki Stosowanej  
Uniwersytet Jagielloński

Kraków, 11. 10. 2013

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

**Tytuł rozprawy:** Quaternions based human motion analysis algorithms implemented with data flow processing framework for Motion Data Editor software

**Autor rozprawy:** mgr inż. Mateusz Janiak

**Promotor rozprawy:** prof. dr hab. inż. Konrad Wojciechowski

**Promotorzy pomocniczy:** dr inż. Agnieszka Szczęsna  
dr inż. Janusz Słupik

### 1. O przedmiocie rozprawy

Rozprawa pana mgr inż. Mateusza Janiaka dotyczy analizy ruchu na podstawie przetwarzania dużych zbiorów różnorodnych danych. Okazuje się, że analiza ruchu w pracach badawczych z różnych dziedzin, takich jak medycyna, sport, kryminalistyka czy rozrywka napotyka na trudności związane z brakiem narzędzi, które z jednej strony zapewniałyby wystarczającą wydajność w przetwarzaniu danych, a z drugiej byłyby łatwe w obsłudze. Istnieją wprowadzić pewne narzędzia do przetwarzania danych, ale dotychczasowe rozwiązania nie są ciągle w pełni zadowalające. Stąd w wielu dziedzinach obserwuje się rosnące zapotrzebowanie na metody przetwarzania danych związanych z analizą ruchu.

## 2. O postawionym w rozprawie zagadnieniu

Cel jaki postawił sobie w rozprawie doktorant to stworzenie, zaimplementowanie i przetestowanie nowych narzędzi do analizy ruchu na podstawie wielorozdzielczej analizy danych. Punktem wyjścia dla doktoranta była aplikacja Motion Data Editor (MDE) stworzona w Polsko-Japońskiej Wyższej Szkole Technik Komputerowych w Warszawie. Aplikacja jest przeznaczona do wspomagania potokowego przetwarzania danych niezależnie od typu i formatu. Testy przedstawione w rozprawie potwierdziły, że MDE jest narzędziem wielofunkcyjnym, wspierającym ładowanie, przetwarzanie i analizę dowolnego typu danych.

W rozprawie opisano rozszerzony grafowy model potokowego przetwarzania danych. W grafie wierzchołki stanowiące składowe struktury są wyposażone w tzw. piny, będące dodatkowymi elementami poszczególnych składowych. Definiuje się dwa rodzaje pinów: wejściowe (źródłowe) oraz wyjściowe (docelowe). Połączenia w grafie są definiowane pomiędzy pinami wejściowymi oraz wyjściowymi. Tego typu grafy z pinami (zwane również wiązaniami, lub portami) stosowane są do reprezentowania struktur dynamicznych i nazywane grafami ze stałym osadzeniem. Piny ułatwiają lokalne transformowanie grafów oraz pozwalają na bardziej szczegółowe opisy argumentów relacji. Zaprezentowany model umożliwia stworzenia wydajnego oraz wygodnego w obsłudze narzędzia do przetwarzania danych.

Zaproponowane dla aplikacji MDE standardy odnoszące się do architektury i struktury logicznej zostały przez doktoranta wykorzystane do analizy ruchu. Autor rozprawy zaprezentował badania kinematyki układu mięśniowo-szkieletowego, a następnie przedstawił podstawowy problem znalezienia efektywnej reprezentacji sygnałów uzyskanych z różnego rodzaju układów rejestrujących ruchy postaci. Zwykle pierwotna informacja uzyskiwana z rejestratorów zawiera wartości kątów Eulera wybranych punktów związanych ze szkieletem. Dane takie nie są wygodne, ani w badaniach narządu ruchu, ani w zastosowaniu do animacji. Niezależna obróbka trzech sygnałów przekazujących wartości kątów Eulera może być też źródłem dodatkowych błędów. Zastosowana przez Autora reprezentacja kwaternionowa dla danych pomiarowych w znacznym stopniu ułatwia zarówno dalszą obróbkę sygnałów jak i wykorzystanie ich do badań. Istotną rolę w prezentowanej przez Autora metodzie odgrywa analiza wielorozdzielcza. Wprowadzona w latach 80-tych ubiegłego wieku polega na wielopoziomowej reprezentacji sygnału, gdzie na każdym poziomie sygnał przedstawiany jest w postaci przebiegu wygładzonego i przebiegu oddzielonych od sygnału szczegółów. Zostały zastosowane różne formuły predykcji w transformacji falkowej drugiej generacji poszukując najefektywniejszego algorytmu filtrowania zakłóceń i odtwarzania brakujących danych oraz kompresji sygnałów w reprezentacji kwaternionowej.

### 3. Przegląd zawartości rozprawy

**Rozdział 1** prezentuje cele rozprawy oraz szkicuje jej zawartość. Autor przedstawił dwie tezy w rozprawie. Pierwsza z nich dotyczyła możliwości rozszerzenia narzędzia MDE na potrzeby różnych wymagań użytkowników. Natomiast druga z tez odnosiła się do analizy danych ruchu z wykorzystaniem zaproponowanego przez doktoranta narzędzia.

**Rozdział 2** przedstawia problemy związane z analizą ruchu. Dokonany jest w nim przegląd najważniejszych typów danych oraz zaprezentowane różne formaty i technologie umożliwiające ich zapis. Opisane są istniejące algorytmy analizy ruchu wraz z ich ograniczeniami. W dalszej części Autor rozprawy przedstawił motywację poszukiwania uniwersalnych metod przetwarzania danych oraz algorytmów analizy ruchu.

**Rozdział 3** przedstawia oprogramowanie edytora MDE, szkicuje jego schemat logiczny oraz architekturę, nie wnikając w szczegóły techniczne i implementacyjne. W rozdziale tym Autor skupia się na zaletach rozważanego narzędzia informatycznego porównując go z innymi narzędziami o podobnym przeznaczeniu. Rozszerzenie możliwości MDE odbywa się za pomocą dodatkowych modułów (ang. plugin).

**Rozdział 4** prezentuje koncepcje efektywnego przetwarzania danych w postaci potokowego przepływu danych. W dalszym ciągu przedstawione jest graficzne środowisko programowania. Umożliwia ono realizację modeli przetwarzania poprzez wizualizację poszczególnych zadań w postaci prostych bloków oraz grupowanie ich w bardziej złożone funkcjonalności.

W **Rozdziale 5** nowa metoda analizy ruchu jest zaprezentowana. Metoda ta używa kwaternionów do opisu obrotów w przestrzeni trójwymiarowej.

Części urojone kwaternionu służą do zdefiniowania płaszczyzny obrotu a część rzeczywista do określenia kąta obrotu. Kwaterniony używane są w grafice komputerowej, często w zastosowaniach dotyczących gier komputerowych (silniki 3D). Opisują obroty w sposób zwarty i dostarczają lepszych metod interpolacji z punktu widzenia ich realizacji. Autor przedstawia własności i operacje na kwaternionach i opisuje ich wykorzystanie zarówno do obróbki danych ruchu, jak i do wizualizacji. Dodatkowo, w rozdziale tym proponuje się zastosowanie zaprezentowanych metod do kompresji danych i redukcji szumów. Przeprowadzono testy opracowanych transformacji dla sygnałów obrazujących pracę stawu kolanowego podczas chodu i przedstawiono je w formie wykresów.

**Rozdział 6** prezentuje oryginalne wyniki Autora oraz szkicuje wybrane kierunki kontynuacji badań, natomiast w **Rozdziale 7** Autor posumował wyniki rozprawy.

### 4. Ocena wyników rozprawy

Trzeba przyznać, że cel pracy został osiągnięty. Do najciekawszych wyników pracy związanych z rozwinięciem aplikacji MDE zaliczam:

- propozycję modelu hierarchicznego logowania wiadomości,

- projekt grafowego modelu potokowego przetwarzania danych wspomagany graficznym środowiskiem programowania,
- standaryzację obsługi danych o charakterze czasowym,
- możliwość kontroli liczby wątków aplikacji.

Interesującymi wynikami dotyczącymi analizy ruchu są:

- opracowana przez doktoranta nowa metoda analizy ruchu z użyciem wielorozdzielczej analizy danych ruchu w zapisie kwaternionowym,
- projekt uniwersalnego mechanizmu ładowania danych medycznych.

Przedstawione rozwiązanie problemu ma, moim zdaniem, pewną wartość poznawczą oraz poważną wartość praktyczną. Autor najwyraźniej zna poruszany temat oraz ma własne pomysły, które umie zrealizować.

Wyniki rozprawy doktorskiej p. mgr inż. Mateusza Janiaka świadczą o dobrym opanowaniu praktyki z dziedziny informatyki. Rozprawa jest napisana po angielsku. Nie czuję się w pełni kompetentną do oceny rozprawy pod względem językowym, ale jakość jej i pod tym względem wydaje mi się w pełni zadowalająca.

Rozprawa ma również i słabsze punkty.

I tak, jeżeli idzie o język rozprawy, to w wielu miejscach bardziej przypomina język używany w dokumentacjach lub materiałach reklamowych sprzętu informatycznego i oprogramowania, aniżeli język obowiązujący w dysertacjach doktorskich.

Przykład: *We want to familiarize potential users and developers with application structure...*

Brakuje szczegółowej analizy efektywności zastosowanych rozwiązań przetwarzania danych ruchu. Dowodzenie tez pracy za pomocą kilku wykresów pracy stawu kolanowego różniących się w zauważalny sposób nie jest w pełni przekonujące.

## 5. Konkluzja

W sumie nie mam jednak żadnych poważniejszych zastrzeżeń do rozprawy i oceniam ją zdecydowanie pozytywnie. Uważam, że spełnia ona wszystkie warunki stawiane rozprawom doktorskim i na tej podstawie wnoszę o dopuszczenia jej Autora – mgr inż. Mateusza Janiaka – do publicznej obrony.



*Opaska*