



Prof. dr hab. inż. Jerzy Klamka
Zakład Pomiarów i Systemów Sterowania
Instytut Automatyki
Politechnika Śląska

Gliwice 10.10.2013

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, Politechnika Śląska

1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy /teza rozprawy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora?

Praktycznym celem recenzowanej rozprawy doktorskiej było zaprezentowanie architektury aplikacji Motion Data Editor (MDE), jako dedykowanej ogólnemu przetwarzaniu danych i zaprezentowanie implementacji nowych algorytmów analizy ruchu w ramach MDE. Na potrzeby badań naukowych często tworzy się specjalizowane narzędzia, które trudno później przystosować do nowych wymagań i potrzeb. Aplikacje te realizują taki sam schemat przetwarzania danych – ładowanie, konwersję, normalizację, przetwarzanie, opcjonalnie wizualizację danych i ostatecznie zapis wyników. W celu minimalizacji nakładów pracy na tworzenie niezależnych projektów programistycznych z podobnymi funkcjonalnościami dla różnego typu danych i związanych z nimi operacjami istnieje potrzeba stworzenia nowego narzędzia wspierającego dowolne typy danych i algorytmy. Standaryzacja procesu przetwarzania danych pozwoli ujednolicić tworzone algorytmy ułatwiając ich ponowne wykorzystanie i integrację w ramach bardziej ogólnych rozwiązań. Zastosowanie nowego podejścia do analizy ruchu człowieka w postaci kwaternionowej reprezentacji rotacji oraz wielorozdzielczej analizy realizowanej przez schemat liftingu dla kwaternionów pozwala na bardziej szczegółowy opis ruchu i jego interpretację. Otwiera to drogę dla nowych algorytmów kompresji i klasyfikacji ruchów przez ich dokładniejsze porównywanie w nowej reprezentacji. Cele praktyczne postawione w rozprawie należy uznać za aktualne, trudne i ważne z punktu widzenia prowadzonych badań nad aparatem ruchu w medycynie oraz architektury aplikacji na potrzeby ogólnego przetwarzania danych.

W rozprawie poruszono dwa zagadnienia naukowe. Głównym zagadnieniem naukowym rozprawy jest prezentacja i uzasadnienie architektury aplikacji MDE standaryzującej proces przetwarzania danych z gotowymi rozwiązaniami wspierającymi proces ładowania, normalizacji i zarządzania danymi, ich wydajne przetwarzanie, wizualizację i raportowanie wyników. Zagadnienia pomocnicze dotyczyły prezentacji i implementacji nowych algorytmów analizy ruchu człowieka w ramach funkcjonalności oferowanych przez MDE.

W rozprawie doktorant sformułował i wykazał dwie tezy. Tezy zostały sformułowane poprawnie, jednak można było je przedstawić zwięźle, bez obszernych wyliczeń, gdyż w oryginale zajmują niemal połowę obszaru edycyjnego strony. Tezy można było sformułować w następujący sposób:

Thesis 1 MDE software is designed as a general purpose data processing application with built in features supporting complete, well defined, data processing procedure.

Thesis 2 Proposed tools for motion analysis, based on lifting scheme for quaternions, provide reliable motion data representation with good features for noise reduction and loopy compression. They can be easily implemented for MDE software.

Wykazując postawione tezy Autor w pierwszej kolejności dokładnie przedstawił architekturę aplikacji oraz zaimplementował przedstawione wcześniej algorytmy analizy danych w ramach prezentowanej aplikacji. Posłużyły one do przeprowadzenia szeregu testów i zebrania wyników przedstawionych w pracy, weryfikując tym samym możliwości i właściwości nowych algorytmów analizy danych ruchu oraz możliwość użycia aplikacji dla tego typu danych i dedykowanych im algorytmów.

2. Zawartość rozprawy

Rozprawa jest napisana w języku angielskim. Praca liczy 200 stron i składa się z 6 rozdziałów, dodatku, streszczenia w języku polskim oraz wyczerpującego wykazu literatury, zawierającego 76 pozycji. Autor we wstępie przedstawił motywację podjętej tematyki badań oraz sformułował tezy pracy.

Rozdział drugi ma charakter przeglądowy. Autor prezentuje typy danych opisujące ruch oraz narzędzia i technologie pozwalające na ich akwizycję. Zebrano również odniesienia do publicznie dostępnych baz danych ruchu w Internecie. Autor porusza problemy mnogości formatów plików dedykowanych składowaniu danych ruchu i regulacji prawnych związanych z przechowywaniem i przetwarzaniem danych osobowych (dane wrażliwe). Na koniec porównane są dwie aplikacje wspierające przetwarzanie danych ruchu oraz wskazane są ich braki, uniemożliwiające kompletną analizę danych.

W rozdziale trzecim Autor jasno opisuje zaprojektowaną przez niego architekturę wraz z logiką dla aplikacji Motion Data Editor, przedstawiając w jaki sposób poszczególne jej komponenty wspierają kolejne etapy procedury przetwarzania danych. Szczególnie dokładnie przedstawiony jest mechanizm wtyczek pozwalający rozszerzać aplikację o własne typy, formaty i perspektywy (wizualizacje) danych oraz nowe funkcjonalności. Jest on jedną z wiodących zalet aplikacji, stawiając ją zdecydowanie przed istniejącymi już rozwiązaniami. Autor pokazał również realizację ujednoczonego przechowywania danych dowolnego typu dla ściśle typowanego języka C++, w jakim zrealizowana jest aplikacja oraz koncepcję kanałów danych standaryzującą obsługę danych indeksowanych np. czasem. W rozdziale tym Autor zaprezentował swoją szeroką wiedzę i doświadczenie w zakresie inżynierii oprogramowania, projektowania aplikacji i programowania w C++.

Rozdział czwarty przedstawia zaproponowany przez Autora mechanizm potokowego przetwarzania danych (data flow) w ramach MDE. Poprzez analogię do struktur grafowych wyjaśniono jak przepływ danych jest automatycznie optymalizowany przez wykorzystanie wielowątkowego przetwarzania danych w poszczególnych węzłach struktury grafu, którą tworzą kolejne operacje na danych. Tłumacząc te zagadnienia Autor zaprezentował szeroką wiedzę z zakresu wielowątkowego przetwarzania danych i współbieżności.

Rozdział piąty zawiera szczegółowy opis nowych algorytmów analizy ruchu w reprezentacji kwaternionowej w oparciu o wielorozdzielcze metody w formie schematu liftingu. Autor

przedstawił problem związany z uśrednianiem rotacji oraz pokazał, iż schemat liftingu pozwala na zastosowanie różnych interpretacji tej własności. W sposób wyczerpujący przedstawiono różne metody interpolacji rotacji będące podstawą dla realizacji poszczególnych bloków schematu liftingu. Autor zaprezentował sposób uśredniania i interpolacji obrotów w przestrzeni stycznej kwaternionów, co może posłużyć do stworzenia metod interpolacji wyższego stopnia dla rotacji. Na bazie zaproponowanych schematów liftingu dla kwaternionów Autor przedstawia algorytmy kompresji stratnej oraz redukcji szumu wraz z wynikami przeprowadzonych testów i ich implementację dla potokowego przetwarzania danych w MDE. Wyniki przedstawione zostały w formie wykresów przedstawiające rotacje w formie kątów Eulera oraz tabel podsumowujących otrzymane rezultaty.

W rozdziale szóstym Autor zawarł podsumowanie i dyskusję architektury aplikacji Motion Data Editor oraz właściwości przedstawionych algorytmów analizy ruchu. Wartościowym uzupełnieniem pracy jest załączona płyta CD, na której umieszczono wersję demonstracyjną aplikacji wraz z zaimplementowanymi algorytmami analizy ruchu, ich kodem źródłowym i danymi testowymi.

3.Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Wykazując tezy pracy Autor wykonał prace o charakterze teoretycznym, implementacyjnym oraz doświadczalnym.

Do prac o teoretycznych należą opracowanie koncepcji podstawowych elementów architektury aplikacji MDE, jej logiki oraz projekt potokowego przetwarzania danych z wykorzystaniem wielowątkowości. Dodatkowo Autor opracował algorytm kompresji stratnej dla reprezentacji kwaternionowej danych ruchu w formie wielorozdzielczej po dekompozycji schematem liftingu.

Do prac implementacyjnych implementacja dedykowanej biblioteki dla potokowego przetwarzania danych w MDE oraz w ramach jej możliwości implementacja zaprezentowanych algorytmów analizy i przetwarzania danych ruchu.

Do prac doświadczalnych należą testy algorytmów analizy danych dla różnych poziomów szumu danych wejściowych oraz poziomów kompresji i zniekształceń sygnału, jakie powodują.

Autor użył dobrze znanych wzorców projektowych opisując poszczególne komponenty aplikacji. W implementacji wykorzystał zaawansowane mechanizmy programowania generycznego oraz informacji o typach danych w trakcie działania aplikacji (RTTI).

Podsumowując oceniam, że Autor rozwiązał wszystkie problemy teoretyczne, implementacyjne i doświadczalne niezbędne do osiągnięcia celu rozprawy używając właściwych zaawansowanych metod i środków.

4.Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora? Jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Autor zaprezentował w sposób przejrzysty koncepcję architektury i logiki aplikacji MDE zorientowanej na ogólne przetwarzanie danych. Na rynku można znaleźć aplikacje specjalizowane dla wąskiej dziedziny zastosowań, jednak brak jest rozwiązań umożliwiających przetwarzanie dowolnych typów danych, które użytkownik może łatwo rozszerzać o swoje narzędzia. Zaproponowana architektura standaryzuje proces przetwarzania danych dostarczając gotowych rozwiązań w zakresie ich ładowania, normalizacji, prezentacji i przetwarzania. Autor zaprojektował również elastyczny i wydajny mechanizm potokowego przetwarzania danych w oparciu o strukturę grafu, co pozwala na tworzenie dowolnych schematów przetwarzania danych w ramach MDE automatycznie wykorzystujących wszystkie dostępne zasoby obliczeniowe na lokalnej maszynie.

Dla nowych metod dekompozycji danych ruchu w reprezentacji kwaternionowej do postaci wielorozdzielczej Autor zaproponował algorytm stratnej kompresji ruchu. Wyniki prac nad nowym podejściem do analizy ruchu opublikował wraz z pozostałymi członkami zespołu badawczego na wysoko punktowanej międzynarodowej konferencji poświęconej wizji komputerowej i grafice International Conference on Computer Vision and Graphics (A.Szczesna, J.Słupik, M.Janiak: The Smooth Quaternion Lifting Scheme Transform for Multi-resolution Motion Analysis. International Conference on Computer Vision and Graphics, Warszawa, 2012, Strony: 657-668, Lecture Notes in Computer Science), co świadczy pośrednio o wysokiej jakości uzyskanych wyników w tej dziedzinie.

**5.Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy/?
Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?**

Biorąc pod uwagę zrealizowane oprogramowanie MDE oraz rozszerzenia implementujące wybrane algorytmy wielorozdzielczej analizy sygnału z wykorzystaniem schematu liftingu, uważam, że Autor w sposób zwięzły i przekonujący przedstawił zasadnicze rezultaty rozprawy. Drobną usterką pracy jest stosunkowo słaby związek logiczny pomiędzy dwoma częściami rozprawy poświęconymi odpowiednio oprogramowaniu i analizie wielorozdzielczej.

6.Podsumowanie

Podsumowując całość rozprawy stwierdzam, że Autor wykazał się pracowitością biorąc pod uwagę zakres rozprawy, starannością i rzetelnością naukową widoczną w opracowaniu poszczególnych zagadnień oraz doskonałym opanowaniem warsztatu naukowego zademonstrowanym szczególnie wyraźnie w fragmentach poświęconych schematom liftingu dla kwaternionów. Istotną umiejętnością wykazaną w rozprawie jest projektowanie i dekompozycja złożonych funkcjonalności aplikacji do prostych elementów architektury i dobrze sprecyzowanej logiki, która je łączy.

7.Wniosek końcowy

Stwierdzam, że w recenzowanej rozprawie, został poprawnie sformułowany, a następnie wyjaśniony z zastosowaniem metod naukowych oraz inżynierii oprogramowania, złożony problem wydajnego i uniwersalnego przetwarzania danych. Oceniana rozprawa doktorska z wyraźnym nadmiarem spełnia wymagania, jakie Ustawa o Stopniach i o Tytule Naukowym z dnia 14 marca 2003 roku, Dziennik Ustaw Nr 65, poz. 595 formułuje w zakresie stopnia doktora nauk technicznych. Wobec powyższego wnioskuje o jej przyjęcie, jako rozprawy doktorskiej i dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Autor zaprezentował w sposób przejrzysty koncepcję architektury i logiki aplikacji MDE zorientowanej na ogólne przetwarzanie danych. Na rynku można znaleźć aplikacje specjalizowane dla wąskiej dziedziny zastosowań, jednak brak jest rozwiązań umożliwiających przetwarzanie dowolnych typów danych, które użytkownik może łatwo rozszerzać o swoje narzędzia. Zaproponowana architektura standaryzuje proces przetwarzania danych dostarczając gotowych rozwiązań w zakresie ich ładowania, normalizacji, prezentacji i przetwarzania. Autor zaprojektował również elastyczny i wydajny mechanizm potokowego przetwarzania danych w oparciu o strukturę grafu, co pozwala na tworzenie dowolnych schematów przetwarzania danych w ramach MDE automatycznie wykorzystujących wszystkie dostępne zasoby obliczeniowe na lokalnej maszynie.

Dla nowych metod dekompozycji danych ruchu w reprezentacji kwaternionowej do postaci wielorozdzielczej Autor zaproponował algorytm stratnej kompresji ruchu. Wyniki prac nad nowym podejściem do analizy ruchu opublikował wraz z pozostałymi członkami zespołu badawczego na wysoko punktowanej międzynarodowej konferencji poświęconej wizji komputerowej i grafice International Conference on Computer Vision and Graphics (A.Szczesna, J.Słupik, M.Janiak: The Smooth Quaternion Lifting Scheme Transform for Multi-resolution Motion Analysis. International Conference on Computer Vision and Graphics, Warszawa, 2012, Strony: 657-668, Lecture Notes in Computer Science), co świadczy pośrednio o wysokiej jakości uzyskanych wyników w tej dziedzinie.

**5.Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy/?
Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?**

Biorąc pod uwagę zrealizowane oprogramowanie MDE oraz rozszerzenia implementujące wybrane algorytmy wielorozdzielczej analizy sygnału z wykorzystaniem schematu liftingu, uważam, że Autor w sposób zwięzły i przekonujący przedstawił zasadnicze rezultaty rozprawy. Drobną usterką pracy jest stosunkowo słaby związek logiczny pomiędzy dwoma częściami rozprawy poświęconymi odpowiednio oprogramowaniu i analizie wielorozdzielczej.

6.Podsumowanie

Podsumowując całość rozprawy stwierdzam, że Autor wykazał się pracowitością biorąc pod uwagę zakres rozprawy, starannością i rzetelnością naukową widoczną w opracowaniu poszczególnych zagadnień oraz doskonałym opanowaniem warsztatu naukowego zademonstrowanym szczególnie wyraźnie w fragmentach poświęconych schematom liftingu dla kwaternionów. Istotną umiejętnością wykazaną w rozprawie jest projektowanie i dekompozycja złożonych funkcjonalności aplikacji do prostych elementów architektury i dobrze sprecyzowanej logiki, która je łączy.

7.Wniosek końcowy

Stwierdzam, że w recenzowanej rozprawie, został poprawnie sformułowany, a następnie wyjaśniony z zastosowaniem metod naukowych oraz inżynierii oprogramowania, złożony problem wydajnego i uniwersalnego przetwarzania danych. Oceniana rozprawa doktorska z wyraźnym nadmiarem spełnia wymagania, jakie Ustawa o Stopniach i o Tytule Naukowym z dnia 14 marca 2003 roku, Dziennik Ustaw Nr 65, poz. 595 formułuje w zakresie stopnia doktora nauk technicznych. Wobec powyższego wnioskuje o jej przyjęcie, jako rozprawy doktorskiej i dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

