prof. dr hab. inż. Władysław Skarbek

Warszawa 7.06.2007

KWESTIONARIUSZ- RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY NAUKOWEJ POLSKO-JAPOŃSKIEJ WYŻSZEJ SZKOŁY TECHNIK KOMPUTEROWYCH

Tytuł rozprawy: ***Zastosowanie Dyskretnego, Ortogonalnego Operatora Hurwitza-Radona w Kompresji i Rekonstrukcji Konturów Obrazów Monochromatycznych***

Autor rozprawy: ***mgr Dariusz Jakóbczak***

Problematyka rozprawy

Rozprawa dotyczy aproksymacji krzywych dyskretnych i ciągłych określonych na płaszczyźnie i w przestrzeni trójwymiarowej na podstawie wybranych punktów interpolacyjnych.

Problematyka ta jest już od ponad 50 lat bardzo istotną w zastosowaniach grafiki komputerowej, w modelowaniu geometrii obiektów i w analizie obrazów tych obiektów. To właśnie zastosowania typu CAD i CAM wprowadziły do teorii aproksymacji funkcji, klasycznie opartej na analizie funkcjonalnej i analizie numerycznej funkcji rzeczywistych, zupełnie nowe podejścia uwzględniające efektywność rysowania i interakcyjnego definiowania parametrów krzywych modelujących. To właśnie krzywe Bezier, krzywe sklejane typu B (tzw. B splajny) oraz ich wersje wymierne (tzw. NURBS) stanowią dziś podstawę projektowania komputerowego. Krzywe te łączą w sobie koncepcję interpolacji i aproksymacji w jednym modelu. Mianowicie modelowany fragment krzywej jest interpolowany na swoich końcach i aproksymowany za pośrednictwem dodatkowych punktów kontrolnych określonych poza krzywą.

Praca doktorska będąca przedmiotem tej recenzji proponuje podobne choć odmienne podejście. Podobne, bo mamy tu interpolacje fragmentów krzywych tylko na podstawie ich dwóch końcowych punktów. Odmienne, bo nie ma tu osobnych punktów kontrolnych, a kontrolę nad aproksymacją danego fragmentu przejmują punkty interpolacyjne w bloku punktów.

Taki blok punktów interpolacyjnych może mieć 4, 8 lub 16 punktów, a cała krzywa jest podzielona na bloki fragmentów interpolowanych przez te właśnie bloki punktów interpolacyjnych. To nowe podejście autor uzyskał dzięki wykorzystaniu specyficznych własności układów macierzy Hurwitza-Radona.

Poza kwestią budowy modelu i analizy jego własności, znaczącą część pracy stanowią zastosowania tego modelowania w tomografii komputerowej i w kompresji konturów w obrazach monochromatycznych.

Recenzowana praca doktorska ma zarówno charakter teoretyczny jak i algorytmiczny. Opisane eksperymenty dotyczą ogólnych testów sprawdzających koncepcję, to jest nie działają na danych rzeczywistych występujących w konkretnej aplikacji. Problemy naukowe rozwiązywane w pracy przez doktoranta zdeterminowane są przez cel i tezę tej rozprawy. Rozwiązanie tych problemów stanowi uzasadnienie tezy o praktycznej stosowalności i efektywności modelowania krzywych na podstawie macierzy Hurwitza-Radona.

W zakresie oszacowania złożoności obliczeniowej kompresji konturów, tezę pracy można odrobinę uściślić uwzględniając liniową zależność od liczby bloków punktów interpolacyjnych określonych w algorytmie modelowania kompresowanego konturu.

Ocena analizy istniejących rozwiązań

We wstępie do pracy, na trzech stronach, doktorant dokonał zwartej analizy istniejących metod rekonstrukcji konturu poświęcając najwięcej miejsca krzywym Bezier i wymiernym krzywym Bezier. Pominął natomiast klasę modeli typu NURBS (Non Uniform Rational B Splines) odnoszącą się do wymiernych funkcji sklejanych typu B o nierównomiernie rozłożonych punktach węzłowych w dziedzinie parametru krzywej.

Na kolejnych dwóch stronach doktorant wymienił bezstratne i prawie bezstratne techniki kompresji obrazu statycznego. Choć kompresowane w tej pracy kontury występują w obrazach, same są sygnałami dyskretnymi jednowymiarowymi i wydaje się niefortunnym pominięcie w tym przeglądzie metod reprezentacji takich jak transformacja Fouriera DFT czy falkowa DWT. Istotną dla celu pracy jest też skalowalna analiza krzywizn CSS, która wykorzystywana jest też w doborze punktów interpolacyjnych na konturze.

Z kolei przegląd technik tomografii komputerowej uważam w zakresie algorytmicznym i sprzętowym za nadmiarowy dla tej pracy, która zajmuje się tylko konturami w modelu wokselowym zrekonstruowanego obiektu.

W kontekście analizy źródeł literaturowych należy podkreślić, że zestaw literatury, na którą doktorant się powołuje liczy około 123 pozycji, w tym prace własne to 10 pozycji. Referencje literaturowe są nie tylko liczne, ale też dobrane odpowiednio do prezentowanych zagadnień.

Ocena wkładu własnego autora

Wkład własny autora możemy oceniać z różnych perspektyw. W aspekcie merytorycznym i w dużym skrócie do samodzielnych i oryginalnych osiągnięć doktoranta zaliczyłbym następujące osiągnięcia:

1. Wprowadzenie nowej metody modelowania krzywych MHR.
2. Analiza błędu aproksymacji metody MHR w klasie wielomianów stopnia co najwyżej trzeciego.
3. Analiza złożoności obliczeniowej kompresji i dekompresji MHR.

W kontekście zastosowań w tomografii komputerowej i kompresji konturów brak porównania z podejściem sygnałowym jest powodem mojej wstrzemięźliwej oceny przewag uzyskiwanych techniką MHR.

Z perspektywy metodologicznej uważam, że teza pracy została teoretycznie i algorytmicznie w pełni uzasadniona.

Z perspektywy dalszego rozwoju metody MHR i konkurowania z funkcjami sklejanymi typu B moja ocena jest raczej negatywna. Widzę bowiem następujące ograniczenia:

1. Metoda MHR definiuje funkcje kawałkami wielomianowe, ale wielomiany te mają stopień co najwyżej drugi.
2. Pochodna funkcji MHR w punktach interpolacyjnych należących do tego samego bloku zależy od wszystkich punktów tego bloku, a więc scalanie kolejnych fragmentów krzywej określonych w kolejnych blokach interpolacyjnych nie gwarantuje gładkości funkcji interpolującej.
3. Przy przekształceniach afinicznych i projekcyjnych punkty interpolacyjne metody MHR nie przechodzą na punkty interpolacyjne obrazu krzywej. Ten brak inwariantności czyni technikę MHR mniej efektywną niż istniejące rozwiązania.

Mimo powyższych wewnętrznych wad metody MHR uważam, że metoda ta jest matematycznie bardzo nośną i może dać inspirację do ulepszania technik krzywych Bezier i NURBS. Na przykład warto szukać możliwości jednoczesnej generacji wielu interpolowanych fragmentów modelowanej krzywej, tak jak to ma miejsce w metodzie MHR. Warto też się zastanowić czy sąsiednie punkty interpolacyjne do danego fragmentu krzywej nie mogą przejąć część roli aproksymacyjnej przysługującej teraz punktom kontrolnym.