Prof. Konrad Wojciechowski
Wydział Automatyki Elektroniki i Informatyki
Instytut Informatyki

Gliwice 11.04.2007

Recenzja rozprawy doktorskiej

Tytuł rozprawy:
Zastosowanie dyskretnego, ortogonalnego operatora Hurwitza-Radona w kompresji i rekonstrukcji konturów obrazów monochromatycznych

Autor rozprawy:
mgr inż. Dariusz Jakóbczak

Promotor rozprawy:
Prof. dr hab. Witold Kosiński

Cel zakres i charakter rozprawy
Rozprawa jest niejednolita tematycznie. Można wyróżnić w niej co najmniej trzy wątki. Pierwszy - najbardziej podstawowy i wartościowy - dotyczy reprezentacji i interpolacji krzywych płaskich i przestrzennych z wykorzystaniem macierzy Hurwitza-Radona. Fragment tego wątku, który dla celów recenzji chciałbym traktować oddzielnie, zawiera przykłady, których celem w intencji Autora było wykazanie wyższości rozwiązania proponowanego w rozprawie nad rozwiązaniami innymi, takimi jak krzywe parametryczne, w tym krzywe Beziera. Trzeci wątek to opisy zastosowań opracowanej metody, ukierunkowane na kompresję obrazów, modelowanie, tomografię komputerową. Ponieważ w mojej ocenie wymienione wątki mają bardzo zróżnicowaną wartość naukową w ocenie celu i zakresu rozprawy, będę odnosił się głównie do pierwszego z nich. Przy takim założeniu można stwierdzić, że celem rozprawy było opracowanie metody reprezentacji i interpolacji krzywych płaskich i przestrzennych z wykorzystaniem macierzy Hurwitza-Radona. W tym zakresie Autor opracował kilka technik odpowiednio dla 2, 4, 8 zadanych punktów na krzywej 2D i 3D oraz wykazał kilka podstawowych własności opracowanej metody. Praca ma charakter teoretyczny jednak jest oczywistym, że jej wyniki mogą mieć bardzo szerokie zastosowania praktyczne.

Zawartość rozprawy i jej dyskusja
Rozprawa liczy 153 strony, składa się z siedmiu rozdziałów, jednego dodatku, spisu treści, spisów rysunków i tabel oraz wykazu literatury. W pierwszym, wprowadzającym rozdziale przedstawiono wybrane pojęcia, jednak trudno jest zrozumieć, czym kierował się Autor w ich wyborze i związanych z nimi uwagach. Przykładowo poprawnie przedstawione są krzywe Beziera i ich zastosowania natomiast niezrozumiałe i tendencyjnie (w sensie dążenia do wykazania przewagi MHR) są związane z nimi uwagi. Zależność punktu na krzywej Beziera od wszystkich punktów kontrolnych jest oczywistą cechą tej krzywej ale nie można nazywać jej „niestabilnością metody" Zamiennie i chyba losowo używane są określenia kształt i kontur. Dwa wypunktowane stwierdzenia na str. 7 są bezpodstawne jeśli przyjąć, że kompresowana krzywa reprezentowana jest przez zbiór swoich punktów. Znów pojawia się błędnie rozumiana „niestabilność metody" Nieoczekiwanie w p.1.2 pojawia się zagadnienie kompresji obrazu, a przecież rozprawa poświecona jest kompresji konturu - więc po co rozpoczynać nieistotne wątki. Podobna uwaga dotyczy p.1.3. W p.1.4. Autor powraca do głównego wątku rozprawy. Niestety każde z trzech pierwszych zdań ma jakąś usterkę. W pierwszym pojawia się „kontur obrazu", drugie jest niezrozumiałe w całości, trzecie jest błędne, czwarte zawiera sformułowanie „rząd kompresji" a powinno być współczynnik lub stopień kompresji.. Kolejny akapit zaczynający się wierszem 14^7 powraca do kompresji obrazu a powinien dotyczyć konturu w R^3. Podobnie pierwsze zdanie kolejnego akapitu mówi o kompresji konturu i

obrazu, a chodzi o kompresję tylko konturu. Definicje 1.1., 1.2. są nietypowe dla wizji komputerowej. Definicja 1.3. jest nieprecyzyjna, co w takim razie nazywamy brzegiem zbioru? Wytłuszczone określenie celu pracy ze strony 15 jest niestaranne i niejasne. Czy kompresja może być stratna a bezstratna ma być rekonstrukcja? „Zrekonstruowanie skompresowanych danych" Co to znaczy? Jakie znaczenie teoretyczne i praktyczne ma założenie o „stałym kroku" dla jednej składowej? W dalszej części rozprawy znalazłem sformułowanie: „Dobór węzłów w taki sposób, że posiadają stały krok w jednej ze współrzędnych powoduje, że węzły „dobrze" opisują daną część krzywej, tzn. jest możliwe znalezienie dowolnego punktu na krzywej" W punkcie „Sformułowanie podstawowego zagadnienia" w przedostatnim akapicie na str. 15 poprawnie zacytowano znany problem rekonstrukcji krzywej na podstawie zadanego zbioru jej punktów. Niestety pominięto aspekty jednoznaczności rozwiązania problemu i parametryzacji. Chodzi o to, czy informacją wystarczającą do odtworzenia krzywej jest podanie skończonego zbioru jej punktów. Rozdział 2 zawiera główne wyniki rozprawy. Zamieszczono w nim podstawowe informacje o rodzinie macierzy Hurwitza-Radona. Niestety również w tym rozdziale można znaleźć nietrafne sformułowania. Przykładowo w akapicie trzecim na str.21 niepoprawnie jest użyta funkcja celu. Kolejny akapit na tej stronie sprawia pozory definicji problemu rozpatrywanego w rozprawie, jednak jeśli traktować go formalnie, to rozwiązań jest dowolnie wiele. Co wynika z faktu ortogonalności macierzy W(w_0, $\underline{w}$)? Spostrzeżenie 2.1. powinno być szerzej skomentowane. Brak próby oceny gładkości krzywej. Z algorytmu wyliczania punktów krzywej wynika, że w węzłach mamy C^0. Na jaką cechę krzywej ma wpływ wymiar macierzy M? Jakie własności ma krzywa w punktach łączenia fragmentów? Tytuł punktu 2.2.2 sugeruje odpowiedzi na postawione jak powyżej pytania, jednak już jego pierwszy akapit zniechęca do dalszego czytania. W szczególności proszę o wyjaśnienie w trakcie obrony sformułowania „Nasza metoda MHR pozwala jednak na wierniejsze odtworzenie oryginalnego konturu niż tylko za pomocą wielomianu" Takie stwierdzenie nie ma sensu bo przecież oryginalny kontur nie jest znany. Proszę zatem o podanie kryteriów pozwalających na ocenę różnych algorytmów odtwarzania krzywej na podstawie jej znanych punktów. Czy znajomość samych punktów jest wystarczająca? Rozważania przedstawione w punkcie 2.2.3. są najbardziej wartościowe w całej rozprawie. Wartość tego punktu nie polega na wyliczaniu różnicy pomiędzy dowolnie wybieranymi funkcjami (schodkowa, liniowa, kwadratowa...) a na wyznaczeniu jawnej zależności punktu na krzywej od punktów, na podstawie których jest interpolowana (pośrednio od szerokości przedziału h). Analiza tej zależności jako funkcji c - w tym analiza przypadków granicznych - dostarczyłaby odpowiedzi na postawione powyżej pytania. Szkoda, że zależność taką wyznaczono jedynie dla najprostszego przypadku, to jest dla wymiaru macierzy W równego 2. Porównanie z analogiczną zależnością dla 4 i 8 dostarczyłoby wiedzy, jaki jest skutek podnoszenia wymiaru operatora W. Przykład porównania z krzywą Beziera jest zupełnie nietrafiony o czym piszę szerzej omawiając usterki rozprawy. Punkt 2.2.4 dotyczy reprezentacji obrazu cyfrowego rozumianego jako zbiór linii. Ogólnie uważam, że przedstawiona koncepcja jest niedojrzała. Gdyby jednak koniecznie chcieć przez krzywe reprezentować powierzchnie, to bardziej dojrzała byłaby koncepcja analogiczna jak dla powierzchni parametrycznych. Punkt 2.3 zawiera liczbowe przykłady krzywej interpolowanej na podstawie danych punktów. Lepszym miejscem dla tego punktu byłoby wstawienie go po 2.2.1. Rozdział 3 dotyczy interpolacji krzywej w 3D. Umieszczenie na początku tego rozdziału punktu 3.1, dotyczącego reprezentacji powierzchni 3D przez izolinie, uważam za niewłaściwe. Rozdział powinien zaczynać się od punktu 3.2, w którym krzywa w 3D reprezentowana jest przez dwie krzywe 2D będące rzutami na dwie płaszczyzny utworzone przez osie x, y oraz x, z prostokątnego układu współrzędnych. Tytuł tego punktu powinien być jednak inny. Dalsze fragmenty tego rozdziału poświęcone przykładowym zastosowaniom uważam za niepotrzebne rozmywanie głównego wątku rozprawy. Wartościowy pod względem koncepcyjnym jest rozdział 4, w którym przedstawiono rozszerzoną definicję krzywej zdanej przez wybrane punkty. Wprawdzie nadal funkcjonuje w nim błędne pojęcie dokładności rekonstrukcji, jednak pojawia się kilka ciekawych konstrukcji i jest to niewątpliwą wartością tego rozdziału. Jest dla mnie niezrozumiałe, dlaczego

Autor porzucił tak ciekawą tematykę i w kolejnych rozdziałach zajął się tomografią komputerową i kompresją obrazu. Zamieszczone w tych rozdziałach rozważania są w większości poprawne ale niekiedy dość naiwne. Czy zawartość strony 109 można nazwać porównaniem? Jaką tezę formułuje Autor na przykładzie rys.6.6. Rozdział 7 o tytule „Zakończenie" zawiera podsumowanie i plan przyszłych badań.. Jeśli chodzi o plany przyszłych badań to sugerowałbym pogłębienie analizy krzywej będącej wynikiem interpolacji zadanych punktów. Dobry jest dodatek A.

Oryginalne rezultaty rozprawy

Dla oceny rozprawy kluczową jest ocena stopnia oryginalności MHR w przypadku krzywych 2D i 3D. Inspiracją podejścia przedstawionego w rozprawie mógł być znany z przetwarzania sygnałów tzw. „space-time block coding" oparty na wykorzystaniu macierzy Hurwitza-Radona i tworzonej na ich podstawie kombinacji liniowej macierzy będącej również macierzą ortogonalną. Podobieństwo jest jednak jedynie w koncepcji tworzenia bazy ortogonalnej dla wybranej liczby punktów. Oceniam zatem, że przedstawiona w rozprawie metoda wraz z wszystkimi jej modyfikacjami i uogólnieniem z rozdziału 4 jest wartościowa i cechuje się znacznym stopniem oryginalności. Szkoda jednak, że Autor znając prace w obszarze „space-time block coding" (niektóre cytowane są w wykazie literatury zamieszczonym w rozprawie) nie zaadaptował koncepcji analizy wpływu zakłóceń oraz nie wyjaśnił dokładniej na tej podstawie znaczenia ortogonalności w aspekcie opracowanej metody. Na końcu rozdziału 1 Autor wymienił 6 najważniejszych w swojej ocenie wyników rozprawy. Zgadzam się z dwoma pierwszymi, aczkolwiek ich sformułowanie mogłoby być bardziej precyzyjne. Niestety nie zgadzam się z trzema kolejnymi stwierdzeniami, a w szczególności ze stwierdzeniem, że dokonano porównania MHR z innymi metodami. Błąd leży już w samym rozumieniu porównania. Skrajnym przykładem takiego nieporozumienia jest przykład zaczynający się na str.47 od akapitu „Oszacowano teraz dla przykładowej krzywej błąd ..." zawierający wykresy i kończący się trzema wnioskami na str.50. Zgadzam się z ostatnim stwierdzeniem jeśli rozumieć pod nim przypadek krzywych przestrzennych. Oryginalny i wartościowy jest wątek, który pojawił się w fragmencie rozprawy poświęconym oszacowaniu różnicy pomiędzy różnymi krzywymi interpolującymi zadane punkty a krzywą proponowaną w rozprawie. Wartość tego wątku polega na jawnym wyrażeniu punktu na krzywej w funkcji zadanych punktów i dodatkowych parametrów takich jak przykładowo odległość pomiędzy zadanymi punktami. Oceniam, że kontynuacja tego wątku doprowadzić może do bardzo wartościowych wyników. Jak już wspomniałem w punkcie omawiającym cel i charakter rozprawy oprócz wartościowego fragmentu dotyczącego interpolacji krzywej zawiera ona poprawne opisy technik CAD, reprezentacji powierzchni 3D, tomografii komputerowej wraz z klasyfikacją podejść, jednak w konwencji rozprawy doktorskiej, która polega na wykazaniu przez doktoranata przygotowania i dojrzałości warsztatu naukowego umożliwiających samodzielne prowadzenie badań naukowych, fragmenty te są zbędne.

Analiza źródeł

Bibliografia rozprawy liczy 123 pozycje. Ponieważ skład wykonany został z użyciem profesjonalnego procesora teksu zakładam, że wszystkie pozycje wymienione w bibliografii gdzieś zostały zacytowane, jednak w przypadkach niektórych pozycji nie potrafię wskazać dla niej miejsca właściwego tematycznie, przykładowo [103], ale takich pozycji jest więcej. Konsekwencją dużego rozrzutu tematycznego rozprawy jest również rozrzut bibliografii. Niektóre z pozycji wydają mi się zbyt ogólne i takich na ogół nie wprowadzamy do bibliografii, przykładowo dotyczy to [4, 5, ...]

Znaczenie uzyskanych wyników

Przedstawiona w rozprawie metoda interpolacji krzywych wraz z przypadkami szczegółowymi i uogólnieniami jest ciekawym i wartościowym wynikiem. Po jej rozwinięciu i dopracowaniu niektórych szczegółów możliwości zastosowań są nieograniczone.