

Dr hab. inż. Ryszard Wojtyna
Profesor nadzwyczajny UTP
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
Wydział Telekomunikacji, Informatyki i Elektrotechniki
ul. Kaliskiego 7
85-789 Bydgoszcz

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
DLA RADY WYDZIAŁU ELEKTROTECHNIKI, ELEKTRONIKI, INFORMATYKI I
AUTOMATYKI
POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ**

Tytuł rozprawy: **Implementacja w układzie FPGA równoległego procesora do przetwarzania i segmentacji obrazu metodą inspirowaną działaniem sieci synchronizowanych oscylatorów**

Autor rozprawy: *mgr inż. Przemysław Brylski*

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

Oceniana rozprawa jest poświęcona problemowi skrócenia czasu przetwarzania i analizy obrazów. Zaproponowano rozwiązanie polegające na połączeniu dwóch technik, tj. techniki przetwarzania programowego z techniką przetwarzania realizowanego sprzętowo. Po rozpoznaniu różnych możliwości realizacji w tym zakresie, autor rozprawy zdecydował się na rozwiązanie oparte na połączeniu dwóch układów. Pierwszym jest układ mikrokontrolera, pełniący rolę wstępnego przetwarzania sekwencyjnego, a drugim jest układ FPGA do szybkiej analizy sprzętowej realizowanej równolegle. Sformułowana przez autora teza pracy brzmi:

Implementacja algorytmu inspirowanego działaniem sieci synchronizowanych oscylatorów z wykorzystaniem układu FPGA umożliwi szybką, równoległą segmentację obrazu (metodą detekcji obszarów lub detekcji krawędzi) wraz z jego jednoczesną filtracją morfologiczną.

Teza rozprawy jest sformułowana prawidłowo. Co do jasności jej sformułowania, to pewne zastrzeżenie recenzenta budzi użyte określenie „**inspiracja działaniem sieci synchronizowanych oscylatorów**” Dla czytelnika, który wcześniej nie wgłębiał się w publikacje promotora na ten temat, wyrażenie to może nie być w pełni zrozumiałe na tym etapie zapoznawania się z rozprawą. Staje się to zrozumiałe dopiero po przestudiowaniu całej rozprawy. Nie zmienia to jednak faktu, że zawarty w tezie pracy pomysł na rozwiązanie rozpatrywanego problemu i spodziewane efekty jego użycia zostały przedstawione jasno i czytelnie.

2. Jaka jest przydatność rozprawy z punktu widzenia nauk technicznych, czy założenia przyjęte przez autora są uzasadnione?

Tematyka pracy wpisuje się w dziedzinę komputerowej analizy i rozpoznawania obrazów, będącą ważną gałęzią przetwarzania sygnałów. Z wielu powodów skuteczność analizy i rozpoznawania obrazów jest ciągle daleka od doskonałości. Dlatego też nowe pomysły, prowadzące do poprawy obecnego stanu rzeczy, są potrzebnym i znaczącym krokiem naprzód w tej dziedzinie. Zaproponowana w pracy nowa metoda przetwarzania i analizy obrazów umożliwi duże skrócenie czasu ich przetwarzania. Tę istotną zaletę udało się uzyskać przede wszystkim dzięki wprowadzeniu współbieżnego przetwarzania obrazu w sposób sprzętowy. Autor zaproponował rozwiązanie wykorzystujące mikrokontroler współpracujący z układem FPGA. Jest to jedno z możliwych rozwiązań tego problemu. Innym rozwiązaniem jest realizacja w postaci układu ASIC. Przyjęte przez autora rozwiązanie procesora opartego na mikrokontrolerze i układzie FPGA jest stosunkowo uniwersalne i może być wykorzystywane do rozwiązania więcej niż jednego zadania. W pracy założono, że wstępne przetwarzania obrazów będzie realizowane przez mikrokontroler, a główne przetwarzania będzie zadaniem wykonywanym przez układ FPGA. Przyjęte przez autora założenia były słuszne, co zostało zweryfikowane przez testy wykonane z użyciem wykonanego prototypu. Jednym z problemów, których rozwiązanie miało istotne znaczenie, była segmentacja obrazów. Wynika to z faktu, że jakość przeprowadzonej segmentacji jest ważnym czynnikiem decydującym o skuteczności wykonania całego procesu analizy obrazu.

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienie i czy użył właściwej do tego metody?

Jako metodę realizacji szybkiego przetwarzania obrazów autor zaproponował opracowanie procesora do współbieżnego przetwarzania z wykorzystaniem mikrokontrolera i układu FPGA. Skuteczność tej metody została w pełni potwierdzona przez wyniki przeprowadzonych testów. Wykonane pomiary wnoszą szereg nowych informacji o specyfice analizy obrazów i wskazują kierunki dalszych badań w tej dziedzinie. Do kluczowych zadań, których realizacji podjął się autor, należą:

- a) zaproponowanie schematu działania procesora opartego na idei sieci synchronicznych oscylatorów, odpowiedniego do szybkiej analizy obrazów w sposób równoległy;
- b) opracowanie algorytmów segmentacji i przetwarzania obrazów pracujących współbieżnie, zgodnie z zaproponowanym schematem działania procesora;
- c) cyfrowa realizacja sieci synchronizowanych oscylatorów oparta na układzie FPGA współpracującym z mikrokontrolerem oraz implementacja kompletnego procesora obrazu;
- d) wykonanie testów poprawności działania zrealizowanego prototypu.

Wymienione zadania zostały prawidłowo rozwiązane, a użyte metody były właściwe.

4. Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, konstrukcyjny), jaka jest jej pozycja w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Rozprawa ma charakter zarówno teoretyczny jak i doświadczalno-konstrukcyjny. Część teoretyczną stanowi opracowany model sieci synchronizowanych oscylatorów, który doprowadził do implementacji współbieżnego przetwarzania obrazów. Model powstał na bazie teorii chwilowej korelacji, której autorem jest promotor pracy. Częścią doświadczalno-konstrukcyjną jest wykonany projekt procesora obrazów oparty na mikrokontrolerze i układzie FPGA. Doświadczalny charakter mają także przeprowadzone testy działania tego procesora w praktyce.

5. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora?

Oryginalność rozprawy polega na opracowaniu metody współbieżnego przetwarzania sygnałów dla potrzeb analizy obrazów. Oryginalny jest także sposób implementacji tej metody, oparty na mikrokontrolerze i układzie FPGA. W porównaniu do możliwej implementacji tej metody w postaci układu scalonego ASIC, zaproponowane rozwiązanie jest prostsze, tańsze i bardziej odpowiednie do testowania różnych konfiguracji procesora w celu dopasowania go do konkretnych zadań i charakteru analizowanych obrazów. Jeśli chodzi o uzyskanie możliwie największej szybkości przetwarzania, to najkrótszy czas analizy można osiągnąć w przypadku użycia układu ASIC. Jest tak dlatego, że w układzie scalonym typu ASIC możliwa jest realizacja takiego rozmieszczenia magistral wewnątrz układu scalonego, by były one krótkie, co jest kluczem do zwiększenia częstotliwości zegarów i tym samym szybkości transmisji danych w magistralach. Magistrale wewnątrz układu scalonego mogą pracować z częstotliwościami zegarów rzędu kilku gigaherców. Nie zmienia to jednak faktu, że w początkowej fazie testowania zaproponowanej w pracy metody współbieżnego przetwarzania, opartego na układzie FPGA współpracującym z mikrokontrolerem, jest rozwiązaniem w pełni uzasadnionym. W ocenianej rozprawie przedstawiono także plany dalszych badań na tym polu. Autor rozprawy rozważa możliwość wykonania układu procesora obrazów w formie jednego układu scalonego integrującego układ FPGA z układem mikrokontrolera. Takie połączenie obu układów w jedną całość jest już dostępne na rynku. Umieszczenie w jednym układzie scalonym bloku FPGA i bloku mikrokontrolera z pewnością skróci czas transmisji danych między tymi blokami. Jest to ważne, ponieważ z testów przeprowadzonych w pracy wynika, że nie najlepsza szybkość komunikacji między mikrokontrolerem i układem FPGA jest wąskim gardłem i głównym czynnikiem spowalniającym analizę obrazu.

6. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Słabą stroną rozprawy jest jej język. W tekście jest dużo wyrazów obcego pochodzenia także w sytuacjach, gdy można je zastąpić polskimi wyrazami, w pełni zrozumiałymi dla czytelnika. Dotyczy to przede wszystkim czasowników. Rozwój nowych dziedzin nauki i techniki generuje oczywiście nowe pojęcia i terminy. Wprowadzanie nowych pojęć do tekstów powinno jednak mieć miejsce tylko wtedy, gdy nie ma znanych, polskich odpowiedników tych pojęć. Dla przykładu w publikacjach angielskojęzycznych relatywnie mała jest liczba nowych terminów i pojęć tzn. takich, których nie można znaleźć w żadnym angielskojęzycznym słowniku. Pod tym względem oceniana rozprawa różni się od publikacji angielskojęzycznych, a szkoda, bo warto brać z nich przykład. Uważam, że teksty rozpraw doktorskich, podobnie jak publikacje książkowe, powinny być wzorem poprawnej, a jednocześnie precyzyjnej polszczyzny.

7. Czy rozprawa świadczy o dostatecznej wiedzy autora i znajomości współczesnej literatury z zakresu dyscypliny naukowej, jakiej rozprawa dotyczy?

Ze spisu literatury obejmującego 48 pozycji i treści pracy widać wyraźnie, że autor dobrze zna problematykę analizy obrazów. Widać także, że jest on dobrze przygotowany do korzystania z programowych i sprzętowych narzędzi do cyfrowego przetwarzania sygnałów. Prawie wszystkie publikacje podane w spisie literatury są w języku angielskim i to jest zaletą pracy. Recenzent nie znalazł w rozprawie żadnej publikacji napisanej przez autora rozprawy.

8. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

Układ, kolejność rozdziałów i kompletność pracy nie budzą zastrzeżeń. Co do poprawności językowej, recenzent ma pewne uwagi i zastrzeżenia? Poniżej podano niektóre zauważone niezręczności, usterki, powtórzenia i błędy edytorskie oraz wprowadzone do tekstu niefortunne spolszczenia wyrazów angielskich.

- str. 10 – jest -„informacja”, **powinno być** „informację”
- str. 12 – jest -„polega łączeniu”, **powinno być** „polega na łączeniu”
- str. 13 – jest -„różnych obiektu”, **powinno być** „różnych obiektów”
- str. 13 – jest -„umożliwi detekcji”, **powinno być** „umożliwi detekcję”
- str. 13 – jest -„krzywej, której”, **powinno być** „krzywej, która”
- str. 17 – jest -„na wskutek”, **powinno być** „wskutek”
- str. 20 – jest -„oraz i inne”, **powinno być** „oraz inne”
- str. 20 – jest -„akceleracja obliczeń”, **powinno być** „przyspieszanie obliczeń”
- str. 22 – jest -„należą do nich przetwarzanie...”, **powinno być** „należą do nich: przetwarzanie... ”
- str. 23 – jest -„ustandaryzowany interfejs”, **powinno być** „standardowy interfejs”
- str. 23 – jest -„problem ten adresuje”, **powinno być** „problem ten dotyczy”
- str. 24 – jest -„arytmetyki stałopozycyjnej”, **powinno być** „arytmetyki stałoprzecinkowej”
- str. 24 – jest -„stanowią wparcie”, **powinno być** „stanowią wsparcie”
- str. 24 – jest -„prototypowanie”, **powinno być** „wykonywanie prototypów”
- str. 28 – jest -„komórkom .. odpowiadających”, **powinno być** „komórkom .. odpowiadającym”
- str. 37 – jest -„obliczane taki sposób”, **powinno być** „obliczane w taki sposób”
- str. 39 – jest -„jedynie na pikseli”, **powinno być** „jedynie dla pikseli”

.....

itd.

str. 85 – dwukrotne powtórzenie tego samego zdania o treści:

„Na uwagę zasługuje fakt, iż czas T_p jest zwykle mały w porównaniu do T_{MASK} (czas ten może zostać znacznie zredukowany po zastosowaniu modyfikacji sprzętowych proponowanych w p. 4.1.).

9. Czy rozprawa spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy?

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa przedstawia oryginalny pomysł badawczy i wykorzystuje nowoczesne metody badawcze, a uzyskane rezultaty rzucają nowe światło na możliwości i ograniczenia oraz stanowią dobrą podstawę do dalszych badań w dziedzinie analizy obrazów. Dotyczy to zarówno rozwiązań wykorzystujących układy FPGA, jak i układów ASIC. Mimo pewnych usterek językowych uważam, że przedłożona rozprawa spełnia wymagania określone przez stosowne przepisy i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.


Ryszard Wojtyna