

Prof. dr hab. inż. Marian Adamski

Zielona Góra, 17.12. 2012

Profesor zwyczajny

Uniwersytet Zielonogórski,

Wydział Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji,

Instytut Informatyki i Elektroniki, M. Adamski@iie.uz.zgora.pl

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ DLA RADY
WYDZIAŁU ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI, INFORMATYKI I INŻYNIERII
BIOMEDYCZNEJ

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Tytuł rozprawy:

***IMPLEMENTACJA ZAAWANSOWANYCH ALGORYTMÓW PRZETWARZANIA, ANALIZY
I SZYFROWANIA OBRAZÓW W UKŁADACH REPROGRAMOWALNYCH***

Autor rozprawy: *mgr inż. Tomasz Kryjak*

Promotor: *dr hab. inż. Marek Gorgoń, prof. nadzw. AGH*

**1. Zagadnienia naukowe i naukowo-techniczne rozpatrywane w pracy, aktualność tematyki
rozprawy**

Rozprawa doktorska jest wynikiem prac naukowo-badawczych, umiejscowionych w dyscyplinie „Automatyka i Robotyka” oraz jest mocno powiązana z nowoczesnymi technikami informatycznymi i elektronicznymi. Zawarto w niej opis nowatorskiej koncepcji zintegrowanej, sprzętowej implementacji złożonych algorytmów przetwarzania, analizy i szyfrowania obrazów w modularnej, konfigurowalnej strukturze obliczeniowej.

Zgodnie z wykorzystaną metodologią, szybkie i elastyczne matrycowe struktury rekonfigurowalne FPGA zostały efektywnie wykorzystane do budowy wyspecjalizowanych, kompaktowych systemów mikroinformatycznych, wykonujących w sposób rozproszony współbieżne operacje cyfrowe. Dzięki takiemu posunięciu, algorytmy przetwarzania, analizy i szyfrowania obrazów, są umiejscowione wprost w odpowiednich blokach elastycznie kształtowanego i rozbudowywanego systemu mikroinformatycznego. Mogą one być skutecznie implementowane, symulowane oraz modyfikowane w komfortowym, profesjonalnym środowisku CAE i odwzorowywane w coraz to sprawniejszych matrycowych strukturach logicznych za pośrednictwem języków opisu sprzętu, takich jak Verilog lub VHDL.

Warto zwrócić uwagę, że zaproponowana modułarna struktura układu umożliwia wykorzystywanie już przetestowanych bloków, jako sprawdzonych rdzeni projektowych w nowocześniejszych wersjach konfigurowalnych platform obliczeniowych. Usuwanie zbytecznych elementów pośredniczących, poprzez odpowiednie zespajanie ściśle powiązanych ze sobą funkcjonalnie bloków, pozwala na oszczędniejszą realizację jeszcze szybszych jednostek.

Celem badań było poszukiwanie odpowiedniej architektury wewnętrznej oraz efektywniejszych metod implementacji konfigurowalnych systemów przetwarzania, analizy i szyfrowania obrazów, realizowanych zazwyczaj na konwencjonalnej drodze programowej, z wykorzystaniem jak najszybszych, kosztownych procesorów. W rezultacie rzetelnej i trafnej analizy dotychczasowych rozwiązań, opublikowanych w przytoczonej literaturze przedmiotu oraz wybitnych osiągnięć zespołu naukowego AGH, powstała oryginalna, autorska koncepcja nowego rodzaju dedykowanego, konfigurowanego i stosunkowo oszczędnego układu urządzenia cyfrowego. W pełni funkcjonalna struktura, charakteryzuje się dużą wydajnością obliczeniową, umożliwiającą integralną realizację wszystkich założonych zadań w czasie rzeczywistym. Realizowana koncepcja gwarantuje skuteczniejszą ochronę autorskiej własności intelektualnej twórców nowego urządzenia. Implementacja układowa dodatkowo zapewnia wysoki poziom bezpieczeństwa szybkiego procesu szyfrowania danych, wymaganego podczas transmisji we współczesnych sieciach komputerowych. Dzięki konfigurowalności struktur FPGA, uzyskano możliwość wyboru oraz swobodnej modyfikacji funkcjonalnej lub strukturalnej większości elementów składowych urządzenia.

Realizacja modułów funkcjonalnych z wykorzystaniem układów FPGA pozwala na stopniowe usprawnianie szybkości działania oraz dostosowanie rozmiarów każdego elementu składowego urządzenia do konkretnych zadań. Realizując pracę naukowo-badawczą, wykorzystano praktycznie ogromny potencjał technologii logiki reprogramowalnej FPGA, w zapewnianiu większej niż dotychczas sprawności i bezpieczeństwa systemów przetwarzania i transmisji danych, stosowanych w automatyce i robotyce i powiązanych z przetwarzaniem obrazów. Rezultaty stosunkowo łatwo mogą być adoptowane w projektach realizowanych w systemie SoC (System on Chip).

2. Struktura rozprawy doktorskiej

Praca doktorska napisana jest w języku polskim. Treść pracy jest zgodna z jej tytułem. Rozprawa składa się z ośmiu numerowanych rozdziałów oraz starannie przygotowanej bibliografii. Pracę zamyka użyteczny spis skrótów, ułatwiający czytanie rozprawy. Struktura rozprawy jest przemyślana i logicznie uporządkowana. Podział treści rozprawy na następujące po sobie spójne rozdziały odpowiada naturalnemu tokowi przeprowadzonych badań naukowo-technicznych. Każdy

rozdział rozprawy poprzedzony jest krótkim, rzeczowym wprowadzeniem do jego zawartości i zakończony syntetycznym podsumowaniem oraz ma wyraźnie sprecyzowaną rolę w całości opracowania pisemnego.

We wstępie do rozprawy (rozdz.1) uzasadniono jej zakres, sprecyzowano obszar merytoryczny przeprowadzanych badań, wyraźnie przedstawiono cel zrealizowanej pracy naukowo-badawczej i sformułowano jej tezę.

Pracę doktorską czyta się w sposób płynny, gdyż Autor zachował rozsądny kompromis pomiędzy ścisłością i poglądowością w przedstawianiu stosunkowo skomplikowanych zagadnień i nie nadużywa żargonu technicznego. Dopiero po zapoznaniu się z całością rozprawy można przyznać rację Autorowi, że bez rozdziału 2 (Budowa oraz metody projektowania logiki dla układów FPGA), interdyscyplinarna praca doktorska nie miałaby charakteru zamkniętego, a docenienie jej wyraźnego nowatorstwa, na tle obecnego stanu technologii przez szersze grono czytelników, byłoby utrudnione.

W rozdziale 3 (Implementacja algorytmów kryptograficznych w układach FPGA na przykładzie algorytmu, CLEFIA) ujawniły się wysokie kompetencje zarówno naukowca, jak i wynalazcy oraz konstruktora, który perfekcyjnie i biegle wykorzystuje najnowsze technologie informatyczne i elektroniczne.

W rozdziale 4 przedstawiono metody sprzętowej realizacji algorytmów przetwarzania obrazów. Wybierając przykład o charakterze ilustracyjnym, szczególną uwagę zwrócono na algorytm filtracji PGF (Peer Group Filtering). Poddano analizie porównawczej różnorodne, alternatywne sposoby jego implementacji.

W rozdziale 5 zawarto syntetyczny opis sposobu implementacji operacji binaryzacji lokalnej z wykorzystaniem języka wysokiego poziomu, wnikliwie wskazując zarówno zalety, jak i niekorzystne konsekwencje wykorzystywania narzędzia Mitron-C. Rozdział ten ponownie potwierdza wysokie kompetencje naukowe Autora, powiązane z praktycznymi aspektami projektowania rekonfigurowanych układów cyfrowych, w tym dotyczące doboru elementów elektronicznych i sposobów wczesnego prototypowania oraz dostępnych środowisk CAE.

W rozdziale 6 (Implementacja operacji analizy obrazu na przykładzie zaawansowanej generacji tła i segmentacji obiektów) przedstawiono zrealizowane przez Autora badania nad sprzętową implementacją algorytmów generacji tła oraz zaawansowanej segmentacji z wykorzystaniem informacji o jasności, kolorze i teksturze. Zagadnienia te mają duże znaczenie praktyczne, gdyż wyniki pracy mogą zostać wykorzystane w dynamicznie rozwijających się systemach automatycznego monitoringu wizyjnego.

W rozdziale 7 (Implementacja sprzętowa algorytmów wykorzystywanych

w zaawansowanych systemach monitoringu wizyjnego Autor przedstawił realizację trzech złożonych algorytmów, stosowanych w analizie obrazów w monitoringu wizyjnym: detekcji naruszenia strefy zabronionej, detekcji głowy i ramion z wykorzystaniem cech LBP i klasyfikatora SVM, a także detekcji aktów sabotażu kamery. Warto podkreślić, że każda z aplikacji została przetestowana w praktyce, a testy potwierdziły możliwość przetwarzania w czasie rzeczywistym danych obrazowych dostarczanych z kamery do opracowanego systemu FPGA.

Rozprawa zakończona jest podsumowaniem (rozdział 8), w którym Autor zestawiał wszystkie, wykonane w ramach opisywanych badań, moduły sprzętowe oraz wskazał potencjalne kierunki dalszych prac.

Bibliografia pracy obejmuje 196 pozycji trafnie wyselekcjonowanych z literatury światowej, w tym 14 prac podkreślających indywidualny dorobek Autora rozprawy, uzyskany w zespole badawczym, kierowanym przez prof. Marka Gorgonia.

Należy podkreślić, że zarówno zawartość merytoryczna rozprawy, jak i jej kompozycja potwierdza walory techniczne wykonanych badań, ich rzetelność oraz wysokie kwalifikacje naukowe Autora rozprawy.

3. Cel i teza rozprawy

Podstawowym problemem naukowym, rozpatrywanym w pracy doktorskiej jest zaproponowanie i opracowanie użytecznej metody projektowania szybkich rekonfigurowanych jednostek obliczeniowych, przeznaczonych do przetwarzania, analizy i szyfrowania obrazów. Zakres rozprawy doktorskiej jest w pełni zgodny z jej tematem.

Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają stwierdzić, że teza: *Implementacja złożonych operacji i algorytmów przetwarzania, analizy i szyfrowania obrazów w układach reprogramowalnych umożliwia powstanie modułów sprzętowych charakteryzujących się zdolnością do realizacji zadań w czasie rzeczywistym* została uzasadniona.

Tematyka pracy jest aktualna, nowatorska i oryginalna i opiera się na solidnych podstawach naukowych z obszaru elektroniki, automatyki i informatyki. W badaniach eksperymentalno-konstrukcyjnych wykorzystano zaawansowaną technologię projektowania cyfrowych układów elektronicznych, stosowaną w wiodących, światowych ośrodkach naukowo-technicznych w tym sprawne, autorskie profesjonalne środowisko komputerowe, przeznaczone do modelowania, symulacji i prototypowania matrycowych układów cyfrowych.

Autor rozprawy popisał się dobrą znajomością projektowania specjalizowanych struktur obliczeniowych, oraz ogólnych zasad konstruowania współczesnych mikrosystemów cyfrowych. Do prototypowania wykorzystywano standardowe, stosunkowo tanie, nowoczesne elementy scalone

FPGA. W żaden sposób nie umniejsza to walorów poznawczych przeprowadzonych eksperymentów i zasługuje na życzliwą uwagę.

Wyniki teoretyczne pracy są wsparte odpowiednimi analizami oraz uzupełnione przydatnymi i sprawnymi algorytmami. Wyniki eksperymentalne potwierdzają słuszność przyjętych tez rozprawy.

4. Analiza stanu wiedzy (literatura światowa, zastosowania w przemyśle) i wyciągnięte wnioski

Przegląd literatury wykonano w sposób rzetelny, wybierając pozycje najbliższe związane z tematyką rozprawy. Wnioski z przeglądu źródeł przekonują, że problematyka rozprawy jest aktualna i użyteczna, równocześnie dobrze świadcząc o ugruntowanej wiedzy Autora, nie tylko w zakresie objętym rozprawą.

5. Metoda badawcza i oryginalny dorobek Autora. Umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych wyników

Mgr inż. Tomasz Kryjak rzetelnie umiejscawia swój własny dorobek naukowy na tle wcześniej opublikowanych publikacji o zasięgu światowym na zbliżony temat, w tym wybranych prac zespołu naukowego prof. Marka Gorgonia. W jego dorobku znajduje się 14 własnych i współautorskich artykułów i referatów cytowanych w pracy doktorskiej.

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć naukowo-technicznych Autora, zaprezentowanych w rozprawie, należy zaliczyć:

1. Opracowanie nowatorskiej koncepcji kompletnej, modularnej i elastycznej architektury sprzętowej, przeznaczonej do przetwarzania, analizy i szyfrowania obrazów, realizowanej z wykorzystaniem matrycowych układach FPGA.
2. Trafny wybór, opracowanie i wdrożenie efektywnych sposobów sprzętowej realizacji nowych algorytmów dla różnorodnych zadań wizyjnych.
3. Zaproponowanie szczegółowego sposobu funkcjonowania oraz zaprojektowanie struktury wewnętrznej konfigurowalnych modułów obliczeniowych.
4. Wprowadzenie szeregu nowatorskich, szczegółowych rozwiązań konstrukcyjnych, zapewniających polepszenie parametrów czasowych modułów obliczeniowych oraz wyraźne zmniejszenie niezbędnych zasobów sprzętowych.

6. Umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia wyników badań w rozprawie

Praca napisana jest poprawnie pod względem merytorycznym i redakcyjnym i ma charakter zamknięty. Szkoda, że Autor bardziej konkretnie i skrótowo nie przedstawił zadań, których

pomyślna realizacja doprowadza bezpośrednio do uzasadnienia tezy. Osiągnięte, wymierne i nowatorskie rezultaty pracy naukowo-badawczej zostały jednak rzeczowo wymienione i ocenione w rozdziale 8 (Podsumowanie).

7. Słabe strony rozprawy i jej główne wady

Rozprawa spełnia wszystkie kryteria formalne, stawiane pracom doktorskim, więc trudno dostrzec jej słabsze strony. Drobne wady redakcyjne są mało istotne, szczególnie na tle przedstawianych w rozprawie interesujących i nowatorskich, możliwych do skomercjalizowania, wyników badań naukowo-technicznych. Wiarygodne, ale za bardzo szczegółowe opisy aplikacyjne podkreślają wartość oryginalnych rezultatów koncepcyjnych, o bardzo dużej przydatności praktycznej. Autor w kilku miejscach nie uniknął niedopowiedzeń, powiązanych z nieustabilizowaną jeszcze terminologią oraz drobnymi zawiłościami stylistycznymi.

8. Przydatność rozprawy dla nauk technicznych

Rozprawa doktorska świadczy dobrze o ugruntowanej teoretycznej wiedzy Autora i opanowaniu przez niego warsztatu naukowego, wspomagającego badania eksperymentalne. Wykonany przez niego modułowy układ cyfrowy, potwierdza jego biegłość w wykorzystywaniu profesjonalnego oprogramowania i nowoczesnych układów konfigurowanych FPGA do rozwiązywania trudnych zadań projektowych o wyraźnym charakterze innowacyjnym. Solidnie przeprowadzone eksperymenty świadczą o trafności przyjętej koncepcji naukowej, mocno wspierając postawioną tezę. Praca doktorska ma charakter teoretyczny (koncepcja) i doświadczalny (trafna i nowatorska układowa realizacja koncepcji).

Na uwagę zasługuje podjęcie ambitnego tematu, wyraźnie inspirowanego interdyscyplinarnymi potrzebami praktycznymi w obszarach automatyki i robotyki, elektroniki i telekomunikacji oraz informatyki.

9. Podsumowanie

Rozprawa doktorska umiejscowiona jest dyscyplinie naukowej „Automatyka i Robotyka”. Praca z dużym nadmiarem spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim w obszarze nauk technicznych przez obowiązujące przepisy, a jej rezultaty zostały rozpowszechnione w publikacjach o zasięgu światowym. W związku z powyższym wnioskuje do Rady Wydziału o jej przyjęcie i wyróżnienie.



Prof. dr hab. inż. Marian Adamski