

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу

Молчанової Анастасії Анатоліївни

на тему «Методи і засоби проектування спеціалізованих конвеєрних  
обчислювачів на базі ПЛІС для обробки сигналів»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань **12 Інформаційні технології**  
за спеціальністю **123 Комп'ютерна інженерія**

### **Актуальність теми дисертації**

До сучасних обчислювальних систем цифрової обробки сигналів (ЦОС) пред'являються такі суперечливі вимоги, як висока продуктивність, низьке енергоспоживання, низька ціна і висока надійність. Причому при зростаючій складності проектів комп'ютерних систем для ЦОС, необхідно прискорювати процес їх проектування та підвищення їх якості. Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС) мають ряд переваг, таких як високий ступінь розпаралелювання обчислень і можливість програмування різних алгоритмів, завдяки чому вони широко використовуються для ЦОС. Але розробка проектів для ПЛІС є дуже складною та відповідальною роботою, для виконання якої потрібно бути досвідченим та високопрофесійним розробником. Більш того, зі збільшенням складності проектів значно зростає складність проектування.

Отже, завдання проектування комп'ютерних систем на ПЛІС для ЦОС, яке ставить перед собою сучасний етап розвитку цифрової обробки сигналів, неможливо виконати без розробки нових методів і засобів втілення алгоритмів ЦОС у апаратних засобах, особливо тих, що виконані на ПЛІС. Тому робота дисертантки є актуальною.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни**

Наукова новизна дисертації полягає в наступному:

1) запропоновано метод проектування спеціалізованих конвеєрних структур на основі генетичного програмування. Метод відрізняється тим, що задається алгоритм ЦОС, який відображається в структуру з використанням просторового графу синхронних потоків даних (ГСПД) і розв'язується задача мінімізації апаратних витрат із заданими часовими обмеженнями за допомогою еволюційного підходу, що базується на представленні хромосоми у вигляді закодованого просторового ГСПД та відповідних функцій придатності і розмноження, а також двоетапного алгоритму оптимізації;

2) запропоновано спосіб побудови рекурсивних цифрових фільтрів на основі ПЛІС. Спосіб відрізняється тим, що використання методу відображення

просторового ГСПД і схем без помножувачів, а також пошук коефіцієнтів фільтра методом імітаційного відпалу забезпечують отримання фільтрів з мінімальними апаратними витратами і високою пропускну здатністю.

Достовірність наукових результатів забезпечуються коректним і логічним висновлюванням передумов для створення алгоритмів і методів, аналітичним доведенням їхньої високої ефективності, позитивними результатами моделювання пристроїв які розроблені за допомогою нових методів, у VHDL-симуляторі, а також результатами конфігурування і тестування цих пристроїв у експериментальних зразках на базі ПЛІС.

При цьому методи досліджень ґрунтуються на використанні теорії графів, теорії алгоритмів, теорії моделювання, методів комбінаторної оптимізації та штучного інтелекту, які використовувались при синтезі конвеєрних структур, а також тверджень та висновків, які доведені в дисертації.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене і вирішене наукове завдання розробити новий метод відображення алгоритму ЦОС у апаратні засоби, які конфігуруються в ПЛІС, який відрізняється високим рівнем формалізації та ефективності, та розробити спосіб проектування рекурсивних фільтрів на ПЛІС, який забезпечує одержання фільтрів з мінімізованими апаратними витратами та високою тактовою частотою.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Молчанової А.А повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «123 Комп'ютерна інженерія».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «системи цифрової обробки сигналів».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Молчанової Анастасії Анатоліївни є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

### **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота написана українською мовою. Необхідно відзначити доступність викладення, використання загальноприйнятої термінології, пояснення маловживаних термінів.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 161 сторінка текстового матеріалу.



У вступі обґрунтовується актуальність теми дисертаційної роботи, приведені мета й завдання дослідження, основні положення, що виносяться на захист.

У першому розділі проаналізовано алгоритмічні моделі обробки потоків даних з використанням ГСПД, зазначено, що ГСПД варто вибрати базовою моделлю для подання алгоритмів ЦОС, проаналізовано відомі методи синтезу комп'ютерних систем для ЦОС, розглянуто можливості опису ГСПД мовою VHDL, а також висунута гіпотеза про перспективність методів еволюційної оптимізації в синтезі систем ЦОС.

У другому розділі детально розглядається метод синтезу конвеєрних обчислювальних систем для ЦОС з застосуванням ГСПД, аналізуються еволюційні методи оптимізації та методами генетичного програмування, які пропонується використовувати для оптимізації просторових ГСПД. В результаті був розроблений новий метод генетичного програмування просторових ГСПД, який заснований на запропонованих поданні хромосоми, функцій придатності, ініціалізації, відбору та відтворення.

У третьому розділі описана розробка програмного застосунку SDFCAD, в якому впроваджено новий метод. При цьому вибрано проміжну форму представлення алгоритму і структури, розроблена бібліотека необхідних типів та функцій для оптимізації та відображення просторового ГСПД.

У четвертому розділі було перевірено ефективність програмного застосунку SDFCAD під час проектування конвеєрних обчислювальних систем ЦОС. Приклад проектування спеціалізованого процесора для дискретного косинусного перетворення показав високу ефективність нового методу – синтезований має на 11% менші апаратні витрати та на 19% вищу тактову частоту ніж процесор, розроблений іншим відомим засобом високорівневого проектування. Також були розглянуті питання розробки процесорів швидкого перетворення Фур'є, рекурсивних та нерекурсивних фільтрів та генератора синусоїдальних функцій. Там же описано новий спосіб побудови рекурсивних цифрових фільтрів на основі ПЛІС.

У висновку наведено основні результати роботи, а також рекомендації з їхнього використання.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем в рамках науково-дослідної роботи кафедри системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» №2012-п «Методи, моделі, структури та компоненти спеціалізованих комп'ютерних систем моніторингу об'єктів критичного застосування» (2017-2019 рр.), номер державної реєстрації 0117U004280.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Наукові результати дисертації висвітлені у 17 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 1 стаття у науковому виданні, включеному на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України і 2 статті у періодичних виданнях, які входять у наукометричні бази Scopus, WoS.

При цьому в наукових публікаціях дотримані принципи академічної доброчесності, а особистий внесок здобувача в них має коректне відображення в тексті дисертації і не пересікається із внесками співавторів.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи**

Загалом, в дисертації не до кінця витримана типова структура викладення матеріалу. Так, у другому розділі, який присвячений теоретичній розробці нового методу, спочатку йде огляд відомих методу просторового ГСПД та методів еволюційної оптимізації структурних рішень, а потім вже виконується опис і обґрунтування запропонованого методу. При додержанні типової структури дисертації ці огляди варто було б перенести у перший розділ. Так само, у підрозділі 4.3 спочатку йде огляд існуючих способів удосконалення рекурсивних фільтрів, а потім описується запропонований спосіб. Незважаючи на це, в цілому, така структура дисертації не сильно впливає на зрозумілість її змісту, хоча й додає зусиль на виокремлення наукового внеску авторки від внесків дослідників, на які вона посилається.

У першому розділі, який присвячений огляду відомих методів проектування спеціалізованих обчислювальних засобів, не розглянуто метод FSMD – метод проектування блоків оброблення даних (datapath), що керуються автоматом (FSM), який запропонований Д. Гайським, викладається у багатьох університетах світу і часто використовується розробниками систем ЦОС.

Як висновок до першого розділу, дисертант висуває тезу про те, що перспективними є методи еволюційної оптимізації, зокрема, генетичні алгоритми. Але ця теза мало чим підтверджується у тексті розділу.

У другому розділі при описі генетичних алгоритмів часто використовується операція схрещування, але не пояснено чітко, чим вона відрізняється від операції рекомбінації. Також у цьому розділі для необізнаного читача не пояснено, за рахунок чого метод генетичного програмування здатний оптимізувати спеціалізовані обчислювальні структури. Варто також було б порівняти приведену у цьому розділі множину відомих методів генетичного програмування та їх функцій селекції і придатності у відповідних морфологічних таблицях.



Також у другому розділі пропонується дослідити алгоритми селекції для макроеволюції, коли використовуються шаблонні гени. Але, на жаль, такого дослідження в дисертації не виконано і не вказано у висновках до дисертації, що подальші дослідження слід виконувати у цьому напрямку.

У третьому розділі розроблені процесори порівнюються з аналогами за критерієм відношення МГц/LUT. Варто було б порівняти цей критерій з функцією придатності QS-QT (2.19), яка є основною при синтезі цих процесорів.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.



### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Молчанової Анастасії Анатоліївни на тему «Методи і засоби проєктування спеціалізованих конвеєрних обчислювачів на базі ПЛІС для обробки сигналів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань «Інформаційні технології». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Молчанова Анастасія Анатоліївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія».

### **Рецензент:**

доцент кафедри системного програмування  
і спеціалізованих комп'ютерних систем  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, к.т.н., доцент

  
Ярослав КЛЯТЧЕНКО  
« 15 »  2024 року  
