

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.

Сучасний етап розвитку обчислювальної техніки характеризується бурхливим зростанням як об'ємів даних, що обробляються, так і обчислювальної потужності засобів їх обробки. Серед цих засобів програмовні логічні інтегральні схеми (ПЛІС) займають особливе місце завдяки їх швидкому і багаторазовому перепрограмуванню їх внутрішньої структури та великою потенційною продуктивністю. Завдяки цьому, ПЛІС сьогодні є обчислювальним середовищем для побудови спеціальних процесорів для цифрової обробки сигналів (ЦОС), систем штучного інтелекту тощо. Але програмування схем для ПЛІС вимагає високої кваліфікації розробників і має високу складність. Існують методи, засновані на теорії відображення паралельних алгоритмів у структури, деякі з котрих впроваджені у фірмових засобах високорівневого синтезу для ПЛІС. Але в багатьох випадках вони дають результати, які далекі від оптимальних. Тому тема дисертаційної роботи є надзвичайно актуальною в цьому контексті.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1) запропоновано новий метод проектування спеціалізованих конвеєрних обчислювачів, який відрізняється тим, що алгоритм ЦОС задається просторовим графом синхронних потоків даних (ГСПД), задача структурної оптимізації вирішується за допомогою генетичного програмування, яке ґрунтується на поданні хромосоми у вигляді закодованого просторового ГСПД та відповідних функціях її зміни, а також двохетапному алгоритмі оптимізації, завдяки чому синтез обчислювальних систем для ЦОС прискорюється з одержанням структурних рішень з оптимізованим співвідношенням продуктивність — вартість.

2) запропоновано спосіб проєктування рекурсивних фільтрів, що конфігуруються у ПЛІС, який, завдяки застосуванню методу відображення просторового ГСПД, використанню схем без блоків множення, а також пошуку коефіцієнтів фільтра за допомогою модельованого відпалювання забезпечує проєктування фільтрів з мінімізованими апаратними витратами та максимальною тактовою частотою.

Достовірність наукових результатів забезпечується коректним і логічним доведенням передумов для створення алгоритмів і методів, аналітичним доведенням їхньої високої ефективності, позитивними результатами моделювання пристроїв які розроблені за допомогою нових методів, у інструменті віртуального моделювання і тестування цифрових схем, зокрема у симуляторі на мові VHDL (VHSIC Hardware Description Language), а також результатами конфігурування і тестування цих пристроїв у ПЛІС.

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

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі обчислювальної техніки КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках науково-дослідної роботи «Створення засобів проєктування та розробка на їх основі високопродуктивних процесорів систем технічного зору» (ДР№0115U002326) та ініціативної науково-дослідної роботи «Методи і засоби відображення потокових алгоритмів у конфігуровані комп'ютери» (ДР№0119U102212).

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання розробити новий метод відображення алгоритму ЦОС у апаратні засоби, які конфігуруються в ПЛІС, який відрізняється високим рівнем формалізації та ефективності, розробити новий спосіб проєктування рекурсивних фільтрів на ПЛІС, який забезпечує одержання фільтрів з мінімізованими апаратними витратами та високою тактовою частотою. Це завдання виконано повністю, здобувач повною мірою опанував методологію наукової діяльності.

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 збіги, 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. Варто зазначити доступність викладення, використання загальноприйнятої термінології, пояснення термінів, які є незнайомими пересічному читачу.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 161 сторінок тексту.

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

У першому розділі проаналізовано сучасні методи і засоби високорівневого синтезу обчислювальних систем для ЦОС. На основі проведеного аналізу винесені вимоги щодо елементної бази, методів і засобів для проектування обчислювальних систем для ЦОС, а також розглянуто спосіб подання ГСПД на мові VHDL та зроблено висновок про перспективність методів еволюційної оптимізації під час синтезу систем ЦОС.

У другому розділі детально розглянуто метод синтезу конвеєрних обчислювальних систем для ЦОС на основі просторового ГСПД. Були проаналізовані еволюційні методи оптимізації і встановлено, що методи генетичного програмування можуть бути застосовані для оптимізації просторових ГСПД. В результаті було розроблено новий метод генетичного програмування просторового ГСПД, включаючи подання хромосоми, функції ініціалізації особин, їхньої придатності, селекції та репродукції, а також двоетапний алгоритм оптимізації.

У третьому розділі описано розроблення програмного застосунку SDFCAD, включаючи розроблення алгоритмів виконання етапів методу, вибір форми представлення проєкту, вибір мови програмування, розроблення бібліотеки типів і функцій, необхідних для програмування вводу-виводу проєкту й виконання оптимізації просторового ГСПД за допомогою запропонованого методу генетичного програмування. Описано також структуру програмного забезпечення та хід виконання алгоритму оптимізації.

У четвертому розділі запропоновано спосіб проектування рекурсивних фільтрів, який використовує метод відображення просторового ГСПД, схеми без блоків множення, а також пошук коефіцієнтів фільтра за допомогою

модельованого відпалювання, проведено перевірку ефективності програмного застосунку SDFCAD під час проєктування конвеєрних обчислювальних систем для ЦОС. Детально розглянуто проєктування спецпроцесора для дискретного косинусного перетворення, що продемонструвало переваги нового методу. Також розглянуті питання проєктування інших обчислювальних систем, таких як конвеєрні процесори швидкого перетворення Фур'є, рекурсивні та нерекурсивні фільтри, генератор синусоїдальних функцій.

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

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 15 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 1 стаття у виданні зі списку МОН, у 2 статтях у періодичних виданнях, які входять у наукометричні бази Scopus, WoS, а також у 4 статтях у збірниках праць, які входять у наукометричні бази Scopus і WoS.

Також результати дисертації були апробовані на 13 наукових фахових конференціях.

Високий рівень публікацій здобувача підтверджується тим, що 6 статей опубліковано у фахових виданнях, які входять у наукометричні бази Scopus, WoS, а 1 стаття у виданні зі списку МОН та які пройшли реферування. При цьому в наукових публікаціях дотримані принципи академічної доброчесності, а особистий внесок здобувача в них має коректне відображення в тексті дисертації і не перетинається із внесками співавторів.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Вибір еволюційних методів оптимізації як основи для досліджень мусив би бути більш детально описаним. Так, у першому розділі еволюційні методи оптимізації згадуються лише один раз при описі системи SPIRAL. Натомість, методам динамічного програмування відводиться кілька сторінок. Тому у висновках до першого розділу вибір саме еволюційних методів у протизагу іншим методам виглядає недостатньо повно обґрунтованим.

У розділі 2 використовуються функція придатності $v(g,x)$ та функція (критерій) оптимальності $Q(x)$, які є дуже схожими, як у формулі (2.19). Отже, не зовсім зрозуміло, яка відміна між цими функціями і коли слід використовувати одну чи іншу.

У висновках до третього розділу вказано, що синтез процесора для розв'язання диференційного рівняння за запропонованим алгоритмом дав оптимальне рішення, яке не гірше за точне рішення, знайдене за алгоритмом цілочисельної оптимізації. Таке твердження не є достатньо переконливим при відсутності у висновках порівнянь числових параметрів цих процесорів.

У четвертому розділі при порівнянні синтезованих процесорів використовується маловідомий інтегральний критерій відношення пропускну здатність — апаратні витрати у МГц/LUT, але не пояснена його суть — чому, якщо він більший, то рішення є кращим.

Також у цьому розділі стверджується, що в ньому було доведено, що якщо коефіцієнти фільтра, що не містить блоків множення, мають у своєму поданні не більш як три ненульові розряди, то його конвеєрна реалізація в ПЛІС має найвищу тактову частоту. Насправді, це доведення виглядає як пояснення і стосується лише тих серій ПЛІС, які мають багатовходові логічні таблиці.

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

Висновок про дисертаційну роботу.

Робота дуже цікава і надзвичайно перспективна, особливо з огляду на значну динаміку зростання публікацій на тему використання еволюційних алгоритмів для завдань проектування в широкому колі застосувань.

Отримано цікаві і значні теоретичні та експериментальні результати, які втілено у вигляді в програмного комплексу (а саме SDFCAD) для подальшої практичного використання в дуже важливому прикладному контексті для потреб проектування обчислювачів на основі ПЛІС.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Молчанової Анастасії Анатоліївни на тему «Методи і засоби проектування 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 комп'ютерної інженерії. 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:

професор кафедри обчислювальної техніки
КПІ ім. Ігоря Сікорського,
д.ф-м.н., с.н.с.

« 16 » січня 2024 року

