

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Молчанової Анастасії Анатоліївни

на тему «Методи і засоби проєктування 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.

Сучасна обчислювальна техніка, така як персональні комп'ютери, засоби мобільного зв'язку, Інтернет речей, військові та медичні прилади тощо, використовує різні алгоритми для цифрової обробки сигналів (ЦОС). Такі системи та засоби ЦОС характеризуються високою продуктивністю та повинні задовольняти критерії енергоефективності, вартості та надійності. Програмовні логічні інтегральні схеми (ПЛІС) мають переваги над надвеликими інтегральними схемами та процесорами загального призначення через можливість програмування пристроїв, що виконують алгоритми з високим ступенем паралелізму та високу надійність, тому вони часто використовуються для ЦОС. Програмування ПЛІС є складним та відповідальним завданням. Причому зі збільшенням складності проєктів ще більше зростає їх трудомісткість. Розвивається напрямок високорівневого проєктування ПЛІС, який дає змогу прискорити проєктування в десятки разів. Але методи високорівневого синтезу, які застосовуються у відомих експериментальних та комерційних системах автоматизованого проєктування, потребують від розробника складного керування процесом синтезу та дають гідні результати тільки для певних типів алгоритмів ЦОС.

Головною метою дисертації здобувача є підвищення ефективності проєктування конвеєрних обчислювачів на базі ПЛІС для ЦОС шляхом

формалізації проектування та нових алгоритмів пошуку апаратних рішень з мінімальними апаратними витратами, тому тема дисертації є актуальною.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна дисертаційної роботи Молчанової А. А. відповідає поставленій меті, спрямованій на підвищення ефективності проектування систем ЦОС на основі ПЛІС. Основні результати, отримані в рамках цієї роботи, можна узагальнити так:

1. Запропоновано новий метод проектування конвеєрних структур на основі генетичного програмування, який відрізняється від існуючих методів тим, що алгоритм ЦОС, який відображається в структуру, задається просторовим графом синхронних потоків даних (ГСПД), мінімізація апаратних витрат при обмеженнях на час виконання розв'язується за допомогою генетичного алгоритму, який базується на поданні просторового ГСПД як хромосоми та відповідних функціях селекції та розмноження, а також на двоетапному алгоритмі оптимізації. Метод дозволяє формалізовано розв'язувати задачу синтезу обчислювальних систем для ЦОС та отримувати структури з високим співвідношенням продуктивність – вартість.
2. Запропоновано спосіб проектування рекурсивних фільтрів на ПЛІС, який відрізняється тим, що за допомогою просторового ГСПД, використання схем без блоків множення та пошуку коефіцієнтів фільтра методом модельованого відпалювання забезпечується отримання фільтрів з мінімальними апаратними витратами та високою тактовою частотою.

Запропоновані метод і спосіб характеризуються значними вдосконаленнями порівняно з існуючими методами та способами, що сприяє підвищенню ефективності проектування систем ЦОС на ПЛІС з їх застосуванням. Достовірність та наукова обґрунтованість отриманих

результатів підтверджені чіткими теоретичними доведеннями та експериментальними дослідженнями. Всі основні тези та теоретичні оцінки підтверджені результатами імітаційного моделювання та експериментами з реальними схемами, що побудовані на ПЛІС.

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 «Комп'ютерна інженерія».

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

Після розгляду звіту подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, слід 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

Мова дисертації — українська. Дисертація має логічну та, в основному, послідовну структуру. У ній використано наукову термінологію та методику, яка відповідає сучасним вимогам. Дисертант аргументовано висуває свої положення на захист. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 161 сторінка.

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульована мета і завдання дослідження та вказані основні положення, що виносяться на захист.

У першому розділі дисертаційної роботи детально аналізуються алгоритми і пристрої ЦОС, вимоги до засобів проєктування систем ЦОС, вибрано модель для подання алгоритмів ЦОС у вигляді ГСПД, досліджені методи й засоби високорівневого синтезу обчислювальних систем, встановлені вимоги до елементної бази, методів і засобів проєктування систем ЦОС та зроблено висновок про перспективність методів еволюційної оптимізації для синтезу таких систем.

У другому розділі розроблено метод синтезу конвеєрних обчислювальних систем для ЦОС на основі просторового ГСПД. Для цього викладені основи відображення просторового ГСПД у апаратні засоби та детально розглянуті еволюційні методи оптимізації, в тому числі методи генетичного програмування. Ці методи адаптовано для оптимізації просторових ГСПД за допомогою запропонованих подання хромосоми, функцій ініціалізації особин, їхньої придатності, селекції та репродукції, а також створено двоетапний алгоритм оптимізації конвеєризованих схем.

У третьому розділі створено програмний фреймворк SDFCAD, який реалізує новий метод. Для цього обрано проміжну форму представлення проєкту та його частин, мову програмування, розроблена бібліотека типів та функцій, які необхідні для подання, обробки, оптимізації і відображення просторового ГСПД.

У четвертому розділі перевірено ефективність фреймворку SDFCAD під час проєктування конвеєрних схем для ЦОС. При цьому розглянуто проєктування процесора для дискретного косинусного перетворення, процесорів швидкого перетворення Фур'є, рекурсивних та нерекурсивних фільтрів, генератора синусоїдальних функцій. Аналіз параметрів одержаних структур показує, що вони не поступаються або переважають параметри відомих аналогічних процесорів і засобів, розроблених іншими методами.

У висновках перелічено основні теоретичні та практичні результати роботи, приведені перспективні напрямки їх впровадження та подальших досліджень.

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 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.

Також результати дисертації були апробовані на 12 наукових фахових конференціях.

Аналіз наукових праць здобувача показав, що основні наукові результати дисертаційного дослідження у достатній мірі відображені в наукових публікаціях, які перелічені в роботі. Вказаний внесок здобувача у конкретні статті у фахових наукових журналах свідчить про те, що вона є авторкою відповідних отриманих наукових результатів. У цих працях відсутній плагіат і дотримані принципи академічної доброчесності.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

В дисертації з першого разу складно зрозуміти, де закінчується огляд відомих результатів і починаються власні здобутки дисертантки. Наприклад, у другому розділі огляд відомих методів еволюційної оптимізації і генетичного програмування суміщається з описом розробки методу, який презентується авторкою. Також, у четвертому розділі опис відомих способів проектування рекурсивних цифрових фільтрів суміщається з описом способу проектування, що пропонується та з експериментальним дослідженням цих фільтрів. Так само у третьому розділі, який присвячено практичній розробці системи SDFCAD,

також наводяться приклади систем — аналогів. Отже, текст дисертації має недостатньо структурованим.

Формулювання предмету дослідження не є повним, бо не описує задачі, які вирішуються новими методами і засобами проектування чи мету, яку слід досягти.

У першому розділі викладено вагомий огляд відомих методів оптимізації структур. Причому, огляду методів штучного інтелекту виділено дуже мало місця. Проте, дисертант робить висновок про переваги цих методів та їх вибір для подальшого дослідження, що не є переконливим.

У підрозділі 4.4. викладено здобутки дисертанта в області створення апаратних генераторів синусоїдальних сигналів. Хоча ця область також відноситься до ЦОС, даний матеріал є логічно мало пов'язаним з загальним змістом дисертації.

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 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 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»**.

Офіційний опонент:

Провідний науковий співробітник
Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова
НАН України
доктор технічних наук, професор



Володимир ОПАНАСЕНКО



М.П.

« 16 » січня 2024 року