

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Возної Наталії Ярославівни "Теорія, методи та засоби структуризації поліфункціональних даних у розподілених комп'ютерних системах", подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук на спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК РОБОТИ З НАУКОВИМИ ПРОГРАМАМИ, ПЛАНАМИ, ТЕМАМИ.

Важливим середовищем сучасного суспільства є інформаційні технології та телекомунікаційні системи. Удосконалення програмно-апаратних засобів та ефективне кодування даних у розподілених комп'ютерних системах, які здійснюють їх формування, передавання, опрацювання, зберігання та моніторинг технологічних процесів є актуальною проблемою. Одними з пріоритетних задач у названих системах є підвищення ефективності кодування та захисту інформаційних повідомлень.

Сучасні розподілені комп'ютерні системи як спеціального так і універсального призначення характеризуються великою кількістю потоків та властивостей поліфункціональних даних. Як правило, кожен потік даних аналізується окремо, і не існує на сьогодні достатньо розвиненого системного підходу для їх оцінки та аналізу в сукупності.

Тому розробка теорії та практичних методів, що дають узагальнений підхід до способу визначення оцінки поліфункціональних даних, які за способом представлення оптимізують їх подальші перетворення, є актуальною і перспективною проблемою. На основі запропонованого автором в роботі структурного підходу та методології оцінки структурної складності цифрових засобів обробки даних, які дозволяють порівнювати елементи та пристрої системи.

Тема дисертаційних досліджень є складовою частиною науково-дослідних робіт кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем Тернопільського національного економічного університету "Розробка теорії та комп'ютерних засобів спеціалізованих комп'ютерних систем на основі теоретико-числових базисів Крестенсона-Галуа" (д/р № 0106U012530), "Розробка теоретичних засад методів формування та цифрового опрацювання даних у розподілених спеціалізованих комп'ютерних системах" (д/р № 0112U008458) та господарських договорів, пов'язаних з розробкою методів, засобів розпізнавання збурень і систем моніторингу та реалізацією мікроелектронних компонентів у високовольтних електромережах, де автор виконувала обов'язки відповідального виконавця (д/р № 0112U007886, д/р № 0113U007679, д/р № 0115U002340, д/р № 0116U006790, д/р № 0117U000141, д/р № 0116U006792, д/р № 0117U005103, д/р № 0119U103069).

2. СТУПІНЬ ОБГРУНТОВАНОСТІ ТА ДОСТОВІРНІСТЬ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ ТА РЕКОМЕНДАЦІЙ.

Наукові положення, висновки та рекомендації, що викладені в дисертаційній роботі автором, необхідно вважати достатньо обгрунтованими та достовірними, оскільки вони підтверджені високим науковим рівнем теоретичних та експериментальних досліджень з використанням розроблених автором методів структурного перетворення поліфункціональних даних.

Наукові положення, висновки та рекомендації, що одержані Возною Н.Я. за результатами досліджень та відображені у загальних висновках, стосуються науково-технічної проблеми розвитку теорії, методології та удосконалення структур поліфункціональних обчислювальних засобів, які є компонентами складних розподілених кіберфізичних систем.

У роботі для теоретичного обгрунтування наукових положень та висновків коректно застосовано основні принципи теорії складних систем, теорії інформації, теорії сигналів, теорії чисел, теорії розпізнавання образів, теорії джерел інформації, технології проектування мікроелектронних компонентів на ПЛС та підтверджена математична коректність результатів, отриманих в ході наукових досліджень.

Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечується коректною постановкою проблеми та задач дисертаційного дослідження, які розв'язуються логічно, послідовно та аргументовано. Достовірність результатів підтверджується відповідністю методології дослідження поставленій проблемі структуризації поліфункціональних даних, повнотою розгляду об'єкта дослідження, застосуванням методів, що відповідають предмету дослідження.

Достовірність результатів базується також на експериментальних дослідженнях, які продемонстрували збіг теоретичних досліджень з реальними результатами, а також їх апробації на 37 Міжнародних та Всеукраїнських наукових конференціях та впровадженні отриманих рішень на промислових підприємствах та у навчальному процесі.

3. НАУКОВА НОВИЗНА ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.

Наукова новизна полягає в тому, що автором вперше виявлено, сформульовано та вирішено науково-технічну проблему розвитку теорії, методології та удосконалення структур поліфункціональних обчислювальних засобів, які є компонентами складних комп'ютерних систем, в ході вирішення якої автором отримано наступні наукові результати:

- вперше розроблена концепція структуризації поліфункціональних даних, яка охоплює процеси формування, кодування, передавання, опрацювання, зберігання та використання поліфункціональних даних;

- вперше узагальнені існуючі та розроблені нові критерії оцінки структурної та інформаційно-структурної складності поліфункціональних даних, що дозволили формалізувати аналіз та покращити результати синтезу системних характеристик удосконалених компонентів РКС;

- вперше розроблено метод структуризації ПФД у ТЧБ: Радемахера, Радемахера-Крестенсона та Хаара-Крестенсона, який дозволив зменшити обчислювальну складність та підвищити швидкодію алгоритмів цифрового опрацювання даних при побудові моделей станів квазістаціонарних об'єктів управління;

- вперше розроблено метод визначення ентропії станів квазістаціонарного об'єкта згідно ймовірнісної та кореляційної інформаційних мір оцінки ентропії, що дозволив розширити функціональні можливості визначення та уточнення статистичних та спектральних характеристик джерела інформації;

- вперше розроблено метод структуризованого перетворення кодів пікселів кольорових зображень шляхом їх кодування у базисі Крестенсона та Хаара-Крестенсона, що у порівнянні з існуючим методом кодування пікселів у базисі Радемахера, дозволяє перевести коди пікселів з трьохвимірної кодової системи в одновимірну;

- вперше розроблено метод інтегрально-диференціального розпізнавання збурень у високовольтних ЛЕП, що у порівнянні з існуючими методами, дозволяє здійснити розпізнавання збурень типу накидів, коротких замикань та запусків потужних електроприводів та підвищити швидкодію ідентифікації такого класу збурень;

- вперше розроблено метод моніторингу станів квазістаціонарного об'єкта на основі запропонованого характеристичного функціоналу цифрового опрацювання параметрів технологічного процесу та побудови образно-кластерної моделі, що дозволив, у порівнянні з існуючими способами моніторингу відхилень станів об'єктів від норми, зменшити структурну складність моделі, підвищити ергомічність та швидкість реакції операторів КС при виникненні нештатних ситуацій;

- удосконалено метод синтезованого формування алфавітно-цифрових даних шляхом запропонованого синтезованого формування символів, що дозволило удосконалити процеси їх введення з можливістю підвищеного криптозахисту;

- набув подальшого розвитку метод криптозахисту пікселів кольорових зображень методом згортки з псевдовипадковими послідовностями, який дозволив, у порівнянні з відомими методами, упростити обчислювальні операції над кодами RGB-пікселів Хаара-Крестенсона та кодами Радемахера.

4. ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЇХ ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ.

Практична цінність результатів дисертаційної роботи полягає у розробленні та у мікроелектронній реалізації структурних рішень елементів та функціональних компонентів складних РКС та кіберфізичних систем наступних типів:

- швидкодіючий АЦП паралельного типу на основі парафазних компараторів з розширеними функціональними можливостями та вихідними кодами у базисах Радемахера та Хаара-Крестенсона, у якому досягнуто зменшення апаратної складності, у порівнянні з відомими АЦП, при різних наборах модулів у 8-14 разів;

- однорозрядні неповні та повні двійкові суматори, а також багаторозрядні суматори, які у порівнянні з відомим суматорами названих класів дозволили досягнути покращених характеристик структурної, функціональної, апаратної та часової складностей.

- матричні та багаторозрядні потокові перемножувачі, які у порівнянні з відомими перемножувачами на основі класичних однорозрядних повних суматорів, характеризуються підвищеною швидкістю, зменшеною структурною складністю, зменшеною структурною складністю входу-виходів у залежності від розрядності перемножувачів. Досягнуто розширення функціональних можливостей у порівнянні з поточковими перемножувачами реалізацією функцій діагностування достовірності виконання операції множення та шифрування вихідних даних шляхом формування біт-орієнтованого потоку додавання по $\text{mod } 2$ вихідних кодів з багаторозрядними псевдовипадковими послідовностями.

- пристрій для визначення ентропії згідно інформаційної міри К.Шеннона, в якому шляхом структурного розпаралелення визначення мультиплікативних ймовірнісних та інтегральних функцій вилучено комутатор, що дозволило у порівнянні з відомими пристроями, підвищити регулярність структури, спростити топологію мікроелектронної реалізації на кристалі, досягнути зменшення структурної та апаратної складностей та підвищити швидкість.

- пристрій релейного захисту високовольтних ліній електропередач дозволяє розпізнавати типи збурень та характеризується інваріантністю до амплітуди струмів збурень.

Удосконалено структуру протоколів обміну даними в мережах низових рівнів кіберфізичних систем шляхом використання надлишкових кодів на виходах АЦП при різних класах точності сенсорів, що дозволило розширити можливості використання регістрових кодів та підвищити завадозахищеність кодів фреймів.

Удосконалено метод синтезованого формування алфавітно-цифрових даних на основі малогабаритної клавіатури, яка містить 16 клавіш та формує символи двома 4-бітними фрагментами, що дозволило зменшити кількість клавіш, а також забезпечило криптозахист при передаванні алфавітно-цифрових даних шляхом застосування кодових масок, відомих тільки абонентам, які здійснюють обмін даними.

5. ОЦІНКА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ.

Дисертаційна робота містить з анотацію, вступ, шість розділів, висновки, перелік використаних джерел із 389 найменувань на 41 сторінці і 25 додатків на 146 сторінках. Загальний обсяг дисертації становить 524 сторінки (298 сторінок основного тексту), які включають 133 рисунки та 54 таблиці.

У вступі обґрунтовано актуальність тематики дослідження, визначено предмет, об'єкт, мету і завдання дослідження; визначено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, а також вказано на зв'язок роботи з

науково-дослідними роботами, надано інформацію щодо публікацій та апробації результатів дисертації.

У першому розділі автором визначено стан та тенденції розвитку розподілених моніторингових комп'ютерних систем. Визначено типи даних за формами подання, що дозволило визначити та обґрунтувати поняття "поліфункціональні дані". Здійснена формалізація структур інформаційних потоків з позиції оптимізації процесів обчислень при формуванні, опрацюванні та використанні поліфункціональних даних. В результаті чого визначено, що перспективним напрямом реалізації вказаних процесів є розвиток теоретичних засад структуризації даних на основі їх проблемної орієнтації до процесів цифрового перетворення та опрацювання.

Розроблена концепція структуризації даних, що охоплює теорію, методи та засоби цифрового опрацювання даних в РКС, стала важливим інструментом підвищення ефективності та розширення функціональних можливостей сучасних інформаційних систем. Здійснена постановка завдань досліджень.

У другому розділі досліджені існуючі критерії структурної складності поліфункціональних даних та визначено їх функціональні обмеження. Тому автором запропоновані нові критерії структурної складності, які враховують класифікацію компонентів структур, їх інформативні характеристики та вагові експертні оцінки.

Проведена систематизація способів організації руху даних у структурах РКС та визначені класи інформаційних потоків даних у середовищі структури багаторівневих РКС, що дало змогу визначити типи потоків даних, які використовуються при обміні повідомленнями між компонентами РКС.

Розроблений характеристичний функціонал контролю стану ОУ, який дозволяє визначити стан відхилень об'єкта від норми та застосовується для моніторингу станів складних квазістаціонарних об'єктів.

Проведений аналіз методів ентропійного опрацювання структурізованих даних. Показано, що визначення ентропії за оцінкою Я. Николайчука, яка враховує марківські, кореляційні та спектральні характеристики даних, є найбільш інформативною на відміну від оцінки мір ентропії ентропії Р. Хартлі, яка є верхньою оцінкою і не враховує статистичні та динамічні характеристики ПФД, та оцінки міри ентропії К. Шеннона, яка враховує тільки ймовірнісні характеристики даних і не реагує на зміну кореляційних та спектральних характеристик вхідних даних.

У третьому розділі розроблені основи теорії структуризації поліфункціональних компонентів складних комп'ютерних систем, здійснений диференційний аналіз елементів структур складних систем та визначені атрибути зв'язків між ними.

Розроблені теоретичні основи кодування структурізованих даних у системах числення теоретико-числових базисів: унітарному, Радемахера, Крестенсона, Радемахера-Крестенсона та Хаара-Крестенсона.

Викладені теоретичні засади формування та кодування пікселів у двовимірних структурах напівтонових зображень. Визначені кількісні оцінки квантів структурної складності такого класу даних. Розроблені методи кодування пікселів кольорових зображень, які базуються на математичних основах модульної арифметики та системи числення залишкових класів, дають

змогу підвищити швидкодію виконання алгоритмів незалежно від розрядності чисел.

Удосконалений спосіб криптозахисту даних в теоретико-числовому базисі Галуа на основі запропонованого методу шифрозахисту окремих RGB-пікселів кольорових зображень, представлених кодами Радемахера, Радемахера-Крестенсона та Хаара-Крестенсона.

У четвертому розділі запропонований інтегрально-диференціальний метод розпізнавання збурень у високовольтних електромережах шляхом квадратичного перетворення структури гармонічних сигналів та накопичення інтегралу модульних різниць фазних струмів зсунутих на інтервал півперіода промислової частоти. На основі запропонованого методу сформульовано алгоритм розпізнавання сигналів промислової частоти та ідентифікації типів збурень, який дозволив реалізувати технологію програмного моделювання різних типів замикань та запуску потужних електроприводів у високовольтних електромережах. В результаті моделювання розроблена структура та розраховані характеристики структурної складності перетворень мікроелектронного пристрою релейного захисту високовольтних ЛЕП.

У п'ятому розділі запропонований метод побудови образно-кластерної моделі контролю квазістаціонарних технологічних процесів на основі розробленого функціоналу станів технологічного процесу, на основі якого запропоноване відображення на моніторі оператора стану об'єкту контролю у вигляді структур образно-кластерних моделей, які ідентифікують стани норми, розвитку аварії та аварії.

Побудовані порівняльні діаграми оцінок структурної складності аналітичних виразів розрахунку моделей, алгоритмів реалізації моделей, порівняльних таблиць виявлення та ідентифікації нештатних станів технологічного процесу, структур систем моніторингу та контролю та образно-кластерної моделі. В результаті доведено, що структурна складність розробленої образно-кластерної моделі у порівнянні з іншими формами представлення станів технологічного процесу дозволяє суттєво зменшити об'єми реєстрованих інформаційних даних, а також підвищити швидкодію реакції оператора при виникненні нештатних ситуацій.

У шостому розділі представлені нові та удосконалені структурні рішення компонентів обчислювальних засобів складних комп'ютерних систем з покращеними (наближеними до граничних) характеристиками структурної, апаратної складностей та підвищеної швидкодії на основі запропонованих критеріїв структурної та інформаційно-структурної складностей.

Зокрема розроблені та досліджені швидкодійні АЦП паралельного типу, однорозрядні неповні та повні суматори, багаторозрядний пірамідальний суматор та суматор з прискореним переносом, багаторозрядні перемножувачі, пристрій для визначення ентропії, пристрій синтезованого формування алфавітно-цифрових даних, системи перетворення та захищеного від несанкціонованого доступу передавання даних в комп'ютерних мережах.

Висновки по роботі сформульовані чітко та повністю відображають отримані результати. За своїм рівнем висновки відповідають вимогам, що висуваються до результатів докторської дисертації.

Список літератури достатньо повно охоплює предметну галузь та відображає опрацювання автором значної кількості джерел.

Додатки є змістовними, доповнюють і продовжують дисертаційну роботу та підтверджують позитивні результати. У додатках представлені акти впровадження результатів дисертаційного дослідження на промислових підприємствах та у навчальному процесі.

6. СТИЛЬ, ОФОРМЛЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ, АВТОРЕФЕРАТУ. ПОВНОТА ВИКЛАДЕННЯ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ, ВИСНОВКІВ ТА РЕКОМЕНДАЦІЙ У ПУБЛІКАЦІЯХ ТА ВІДПОВІДНІСТЬ СПЕЦІАЛЬНОСТІ.

Основні наукові результати дисертації опубліковані у необхідному обсязі у періодичних зарубіжних виданнях, індексованих у наукометричних базах, фахових наукових виданнях України, апробовані на 37 Міжнародних та Всеукраїнських наукових конференціях. За темою дисертації опубліковано 107 наукових праць, з них 5 монографій (1 - одноосібна), 20 праць входять в міжнародну наукометричну базу SCOPUS, 1 навчальний посібник у співавторстві, 25 статей у фахових наукових виданнях України (з них 8 одноосібних), 8 статей у закордонних періодичних наукових виданнях, 5 статей у наукових журналах, 5 патентів України на винаходи, 12 патентів України на корисні моделі, 48 доповідей в тезах та матеріалах міжнародних та національних конференцій.

Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Возної Н.Я. оформлена у відповідності до вимог "Порядку присудження наукових ступенів" щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Матеріал викладено логічно, чітко, зрозуміло, а висновки відображають суть проведених наукових досліджень.

В цілому оформлення дисертаційної роботи та автореферату, з урахуванням поданих вище зауважень, відповідають вимогам та нормам щодо представлення результатів наукових досліджень.

Дисертація за змістом та отриманими науковими результатами відповідає паспорту спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти, зокрема п.1 "Теоретичні основи створення та вдосконалення високоефективних технічних і програмних компонентів комп'ютерних систем і мереж загального та спеціального призначення, розподілених систем та їх компонентів відповідно до різних ієрархічних рівнів їх організації й умов експлуатації", п. 2 "Методи та засоби забезпечення ефективності, надійності, контролю, діагностики, визначення параметрів, відлагодження, випробування, а також проектування високоефективних, надійних, придатних для контролю та діагностики комп'ютерних систем і мереж, їх пристроїв і компонентів", п.5 "Теоретичні засади, методологічні, алгоритмічні та програмно-апаратні засоби опрацювання інформації, представленої формалізованими знаннями та природомовними об'єктами".

7. ЗАУВАЖЕННЯ ДО ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ.

1. В третьому розділі дисертаційної роботи, п.3.4.5 ст.164-166 запропонований метод криптозахисту пікселів кольорових зображень. В той же час не досліджена ефективність застосованого методу, не приведені алгоритми синтезу послідовності кодів Галуа з найвищим рівнем криптозахисту RGB-пікселів. Також не досліджений оптимальний метод хешування при шифрозахисті.

2. На ст.22 автореферату і в дисертації стверджується, що досягнуто зменшення структурної складності реєстрації станів "норма", "розвиток аварії" та "аварія" у 105, 80 і 24 рази, але не пояснено у порівнянні з якими характеристиками здійснено даний висновок.

3. На ст.309 дисертації (рис.6.42) представлена структура розробленого потокового перемножувача з криптозахистом вихідних біт-орієнтованих даних, але не наведені приклади застосування таких перемножувачів у якості компонентів арифметико-логічних пристроїв мікроконтролерів та універсальних комп'ютерів.

4. В авторефераті (ст.23, рис.19) представлена структурна схема комбінаційного суматора, проте відсутні рекомендації щодо створення на їх основі багаторозрядних суматорів з оцінкою їх структурної, апаратної та часової складності.

5. На ст.228 дисертації та автореферату ст.21 у формулах оцінки дисперсії містяться описки у вигляді відсутності показників степеня, що правильно показано у формулі $D_x = \sigma_x^2$ на цій же сторінці.

Однак, наведені зауваження не стосуються наукової новизни роботи, сформульованих висновків та положень, які виносяться на захист і не впливають на загальну позитивну оцінку представленої роботи.

8. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.

Дисертаційна робота Возної Н.Я. "Теорія, методи та засоби структуризації поліфункціональних даних у розподілених комп'ютерних системах" є завершеною науково-дослідною роботою, яка виконана особисто здобувачем та не містить матеріалів кандидатської дисертації. В дисертаційній роботі отримано нові науково обґрунтовані результати вирішення актуальної науково-технічної проблеми розвитку теорії, методології та удосконалення структур поліфункціональних обчислювальних засобів, які є компонентами складних комп'ютерних систем на основі вдосконалення структурної організації поліфункціональних даних.

За темою та змістом подана робота відповідає паспорту спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти. Публікації автора у фахових, цитованих та закордонних наукових виданнях з достатньою повнотою висвітлюють положення і результати дисертаційної роботи.

Вважаю, що докторська дисертація Возної Наталії Ярославівни за актуальністю теми, ступенем обґрунтованості наукових положень, рівнем

апробації та публікацій, науковою новизною та практичною цінністю отриманих результатів відповідає вимогам, що висуваються до докторських дисертацій згідно п. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а сам автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри обчислювальної техніки та програмування
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»

доктор технічних наук, професор



Підпис Семенов Сергій Геннадійович
ЗАСВІДЧУЮ:
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
Заковоротний О.Ю.
11 20 20 р.