

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора Борисенко Олексія Андрійовича на дисертацію Хаханової Ганни Володимирівни на тему: "Федеративний комп'ютинг векторно-матричних транзакцій у кіберсоціальних системах", подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Вступ. Зміна клімату, збереження довкілля та соціальна стабільність розглядаються як проблеми, які мають бути вирішені за допомогою інженерних технологій. Вважається, що настав час вирішити протиріччя між точним цифровим комп'ютингом кіберфізичного простору та ручним управлінням соціальними процесами та явищами за рахунок створення елементів кіберсоціального комп'ютингу вичерпного моніторингу та цифрового управління. Одним з основних елементів кіберсоціального комп'ютингу є обробка великих даних в цілях подальшого вироблення точних управлінських рішень. Для моніторингу та управління соціальними процесами пропонується використовувати розроблені механізми кіберфізичного комп'ютингу. Пропонується новий науковий напрямок – інтеграцію комп'ютинг на основі read-write транзакцій на векторній логіці для обробки великих даних, що забезпечує суттєву економію енергії та часу. Апарат векторної логіки здатний ефективно вирішувати всі завдання кіберфізичного та соціального, моніторингу та управління соціальними процесами.

В останні роки тенденції кіберфізичного комп'ютингу все більше спрямовуються на соціальну глибоку орієнтованість на потреби людей, що включає розвиток інтернету етичної поведінки, узагальнення досвіду у різних сферах та впровадження його в управління кіберсоціальними процесами, підвищення конфіденційності даних під час їх обробки. Вперше з'явився тренд Computational Storage, який переносить обробку хоста з основної пам'яті центрального процесора на пристрій для підвищення продуктивності аналізу великих даних у кіберпросторі.

Сутність дослідження – введення компромісу між точним цифровим комп'ютингом кіберфізичного простору та ручним управлінням соціальними процесами за рахунок створення елементів кіберсоціального комп'ютингу вичерпного моніторингу та цифрового управління.

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи:

1. *Вперше* розроблені векторні моделі, які характеризуються компактністю опису функцій, структур та інтерактивних архітектур і призначені для паралельного комп'ютингу на основі вичерпного моніторингу та online цифрового управління соціальними процесами.



01/27 - 110
23 02 24

2. *Вперше* розроблені векторні паралельні методи аналізу структур унітарно кодованих даних, що характеризуються паралельністю виконання read-write транзакцій для пошуку ключових даних, розпізнавання патернів, метричного моніторингу та цифрового управління соціальними процесами.

3. Запропоновані *вдосконалені* логічні структури даних та векторні методи технічної діагностики, які відрізняються від відомих цільовим їх застосуванням для побудови цифрових логічних архітектур, прийняття метричних рішень та їх застосування у кіберсоціальному комп'ютингу.

4. Запропоновано *вдосконалену* топологічно розподілену Cloud-Edge архітектуру, яка відрізняється від стандарту IEEE Std 3652.1–2020 online суміщенням процедур навчання і тестування для активного моніторингу-верифікації та термінального навчання ML-моделей на великих даних соціальних процесів.

5. *Удосконалено* метрику подібності-відмінності обробки великих даних у кіберсоціальному просторі, яка відрізняється від аналогів використанням однієї конволюційної тотожності замість трьох відомих, а також поданням процесів та явищ у векторному вигляді патернів та унітарним кодуванням компонентів для паралельної обробки даних.

6. *Вперше* розроблено паралельні методи та алгоритми пошуку та розпізнавання замовленого контенту в кіберпросторі, які відрізняються від аналогів використанням векторних структур унітарно-кодованих даних.

7. *Вперше* запропоновані схемні логічні структури, що характеризуються паралельністю виконання операцій на основі використання логічних векторів, що реалізує кібер-фізичний комп'ютинг для моніторингу, моделювання та управління social-процесами компанії.

Формула дисертації – in-memory read-write транзакції на розумних структурах даних у пам'яті, що зменшують систему команд процесора, а також ітерації шиною даних між процесором і пам'яттю машини фон Неймана, що призводить до економії часу й енергії під час аналізу великих унітарно-кодованих даних на універсумі примітивів.

Об'єкт дослідження – in-memory комп'ютинг великих даних для розв'язання задач моніторингу та управління соціальними процесами.

Предмет дослідження – in-memory комп'ютинг великих даних для розв'язання задач моніторингу та управління соціальними процесами на основі інтелектуального аналізу великих даних, як адрес таблиці істинності.

Мета дослідження – зменшення часових, енергетичних та алгоритмічних витрат і підвищення адекватності комп'ютингу кіберсоціальних процесів за рахунок аналізу великих даних, як адрес, та експоненціальної надмірності структур даних на основі логічного вектора.

Завдання дослідження: 1) розробка векторних двійкових моделей опису функцій, структур та архітектур FML-ІМС комп'ютингу для вичерпного моніторингу та цифрового управління кіберсоціальними

унітарно кодованими процесами та явищами; 2) розробка векторних методів синтезу та аналізу розумних структур великих даних для метричного моніторингу та цифрового управління бізнес-процесами; 3) розробка розумних структур даних та методів векторного in-memo моделювання справної поведінки та несправностей для логічних елементів та цифрових схем; імплементація розумних структур даних та методів векторного in-memo моделювання для побудови елементів архітектур прийняття метричних рішень у кіберсоціальному комп'ютингу; 4) створення розподіленої Cloud-Edge архітектури на основі стандарту IEEE Std 3652.1–2020 для навчання та агрегування ML-моделей аналізу великих даних кіберсоціальними процесами; 5) розробка метрики подібності-відмінності вимірювання процесів і явищ у кіберсоціальному просторі, представлених у векторному вигляді, для паралельної обробки двійкових даних; 6) розробка паралельних методів та алгоритмів пошуку та розпізнавання замовленого контенту у кіберпросторі на основі використання розумних структур даних; 7) розробка схемно-логічних векторних структур для моделювання та розпізнавання соціально-значущих даних та пошуку ключових даних, слів, ідентифікаторів патернів; 8) імплементація, тестування та верифікація моделей, методів, архітектур та додатків моніторингу та управління соціальними процесами.

Впровадження результатів дисертації. Результати дисертації у складі моделей, методів та інфраструктури впроваджені у: навчальний процес Харківського національного університету радіоелектроніки (акт про впровадження від 26.04.2023); наукову діяльність в ННЦ ХФТІ (довідка від 14.04.2022), а саме – паралельні методи та алгоритми, які базуються на векторних структурах унітарно-кодованих даних для пошуку та розпізнавання замовленого (негативного або позитивного) контенту в кіберпросторі, використовуються при виконанні науково-технічних робіт; бізнес-процеси та науково-дослідну діяльність ТОВ «Телесенс ІТ» (довідка від 17.05.2022), а саме – векторні методи аналізу структур даних для метричного моніторингу та цифрового управління соціальними групами; бізнес-процеси ТОВ «Проектування та діагностування систем» (довідка від 14.02.2022), а саме – можуть бути імплементовані в програмні алгоритми та продукти моніторингу та управління соціальними групами, тестування та верифікацію програмних продуктів з функціями: пошуку ключових даних, розпізнавання патернів, моделювання соціальних рішень, які використовуються в компанії як засоби підтримки прийняття рішень шляхом їх моделювання, що дозволяє зменшити фінансові втрати, пов'язані з помилковими рішеннями. Отримані в процесі виконання досліджень наукові висновки і практичні результати є достовірними, що підтверджується достатньою кількістю проведених експериментів, точністю розрахунків, апробацією результатів на міжнародних науково-



практичних конференціях, впровадженням результатів у виробничий та освітній процеси.

Структура дисертації представлена вступом і сімома розділами:

1) Пропонується новий кіберсоціальний комп'ютинг моральних відносин між державою та громадянами, які створюють моральні та матеріальні цінності, підвищують якість життя та зберігають екологію. Формуються computer engineering technologies, цілеспрямовані на гармонійний сталий розвиток суспільства на основі метричного вичерпного моніторингу та морального цифрового управління. Визначаються основні процеси та явища кіберфізичного простору з метою їх використання для формування сталого кіберсоціального світу. Показується недостатня кількість практичних досліджень та розробок, спрямованих на замкнутий цикл вичерпного метричного моніторингу та цифрового управління ресурсами і соціальними процесами без участі людини. Пропонуються інноваційні моделі, методи та алгоритми для формування масштабованого кіберсоціального human-free online комп'ютингу, що має на меті підвищення якості життя громадян та збереження екології. Розглядається кіберсоціальна модель суспільства, як критичної системи, некоректне управління якою призводить до втрат ресурсів, людських життів, економіки.

2) Пропонуються моделі, методи та алгоритми кіберсоціального комп'ютингу, актуальні для обробки великих даних, пошуку ключових слів та тестових фрагментів. Синтезуються нові характеристичні рівняння подібності-відмінності процесів та явищ для точного пошуку інформації, за ключовими словами, у кіберфізичному просторі. Пропонується структура інтерактивного комп'ютингу творчого процесу на основі метричного оцінювання стану розробки зі світовими досягненнями. Пропонується метрика і структура комп'ютингу 2020-2022 на основі Top 12 Technology Trends, які впливатимуть на інвестиції в науку і освіту. Формулюється першочергове соціально-технологічне завдання – захист суспільства та критичних об'єктів за допомогою створення Global Intelligent Cyber Security.

3) Формулюються аксіоми соціального комп'ютингу, сутність яких полягає у моральному, цифровому управлінні соціальними процесами без участі людини на основі метричного моніторингу. На основі детермінованих метричних розрахунків пропонується структура управління соціальними процесами, яка враховує інтереси кожного громадянина. В контексті цифрового подання соціальних процесів у кіберфізичному просторі розглядаються кубітно-матричні моделі та структури даних для обчислювальних архітектур, кубітні векторні структури даних для опису багатозначних символічних змінних соціальних функціональностей, а також методи паралельного логічного аналізу великих потоків даних. Запропоновано метод і схеми кубітного



моделювання соціальних процесів на основі моніторингу потоків великих даних для оптимізації за допомогою актуаторного керування всіма компонентами механізму виконання.

4) Удосконалюється архітектура кіберсоціального комп'ютингу, що на відміну від аналогів автоматично взаємодіє у часі та просторі наступними двома механізмами: моделі і алгоритми для розпізнавання соціальних зразків, використання створених обчислювальних структур, спрямованих на пошук даних в кіберпросторі на основі показників подібності-відмінності, що визначаються асиметричною метрикою. Пропонується ієрархічна модель синтезу соціальних відношень між процесами та явищами, яка відрізняється від аналогів кубітно-векторним представленням функціональних описів соціально-логічних елементів, що дає можливість суттєво зменшувати їх розмірність та паралельно виконувати процедури та алгоритми їх аналізу при пошуку та розпізнаванні соціальних патернів. Однією з можливих технологій для оцифровки відносин є детермінований комп'ютинг, заснований на ретельному моніторингу та інтелектуальному аналізі технічних, біологічних і соціальних об'єктів у кіберфізичному та кіберсоціальному комп'ютингу. Розглядається перенесення процесів до онлайн-хмарного управління, що дозволяє відстежувати кіберсоціальні процеси у часі та просторі. Удосконалено метрику вимірювання процесів і явищ, що покращують кількість даних (значно зменшують) для зберігання та передачі моделі вимірюваного об'єкта. Запропоновано асиметричну модель і формулу для обчислення функцій приналежності, що характеризується існуванням кількох інтервалів визначеної області, а також подібності та відмінності кіберсоціальних процесів і явищ у три суттєві підмножини.

5) Удосконалено архітектуру керованого пам'яттю кіберфізичного комп'ютингу, що відрізняється паралелізмом процедур синтезу та аналізу логічних схем, призначених для моделювання social-процесів та явищ з метою моніторингу та управління. Модернізовано кубітно-матричні моделі логічних схем, що відрізняються унітарним кодуванням багатозначних змінних з метою синтезу секвенсорів для паралельного аналізу кіберсоціальних процесів. Розроблено кубітно-матричні векторні методи синтезу та аналізу логічних схем, що характеризуються унітарним кодуванням значень багатозначних змінних для паралельного моделювання social-процесів та явищ. Запропоновано кубітно-матричні моделі, структури даних, методи синтезу та аналізу логічних схем social-процесів. Пропонується розвиток технології цифровізації відношень, пов'язаний з розробкою кубітного логічного секвенсора для моделювання та розпізнавання social-явищ у потоках великих даних на основі інтерпретативних кубітних матричних моделей, методів та архітектур кіберсоціального комп'ютингу, спрямованого на автоматичний синтез та



аналіз соціально-логічних схем, орієнтованих на моніторинг і управління соціальними процесами та явищами.

6) Подається ієрархічна модель структурних компонентів соціального комп'ютингу, що формують відношення включення елементів нижчого рівня до компонентів, які їх покривають. Наводиться архітектура обробки для визначення подібності кадрів (фреймів) і обчислення відмінностей і подібності на основі унітарного кодування даних і порівняння XOR. Описується метрика для вимірювання подібності геометричних форм у кіберпросторі, яка працює з нормованими параметрами (координати, орієнтація, суперпозиція та масштабування). Пропонується перетворювати скалярні матриці подібності в двійкові матриці шляхом примусового введення порогів параметрів (threshold), що значно спрощує синтез автоматних моделей соціального процесингу. Розробляються моделі і методи диференціації соціальних явищ, які використовують еталонні шаблони за допомогою матричних структур даних. Модель соціального процесу включає потік, функціональність, фрагмент, кадр, параметр, значення, логіку та графічні компоненти, які мають логічні зв'язки один з одним. Запропоновано соціальний процесор розпізнавання образів (Social-Processor for Pattern Recognition) на основі хог операції для розпізнавання соціально значущих інформаційних кадрів. З метою подальшого запуску соціальних дій зі створення компонентів соціального комп'ютингу описується матрична модель автоматизації для моніторингу процесів і явищ.

7) Пропонується Faults As Addresses Simulation (FAAS) technique для цифрових схем, де елементи представлені логічними векторами як компактною формою таблиці істинності. Пропонується використовувати таблицю істинності як ідеальну явну структуру даних для моделювання несправностей вхідних та внутрішніх ліній логічних схем. Логічний вектор у складі таблиці істинності та вхідний тестовий набір використовуються для побудови вектора дедуктивного, який транспортує будь-які поєднання несправностей ліній схеми на її зовнішні виходи. Пропонуються алгоритми та структури даних для in-memory моделювання поодиноких несправностей, як адрес, логічної схеми будь-якої структурної складності. Розумні структури даних складаються з трьох макрокомпонентів: опис схеми (circuit description), матриця моделювання (simulation matrix), таблиця виявлення несправностей (fault detection table). Метрика алгоритму моделювання несправностей схеми містить такі пункти новизни: 1) синтез дедуктивного вектора на двійковому вхідному наборі для транспортування вхідних несправностей на вихід елемента; 2) розробка квадратичної матриці схемної структури для моделювання константних несправностей вхідних, внутрішніх і вихідних ліній, включаючи збіжні розгалуження; 3) моделювання несправностей схеми, як адрес, шляхом використання матриці моделювання та дедуктивних векторів логічних елементів для

отримання вектора дефектів, що перевіряються на вхідному тестовому наборі; 4) формування таблиці перевірюваних дефектів з метою визначення якості вхідних наборів та всього тесту загалом. Алгоритм моделювання несправностей використовує read-write транзакції на розумних структурах даних у будь-якій пам'яті SoC, FPGA, ASIC, RISC-V, не вимагає команд процесора та попереднього синтезу схеми з метою приведення логічних функціональностей до певного базису елементів. Ринкова мета пропонованої FAAS-Technique – вирішення задач IP-core верифікації на основі in-memory computing на основі стандарту IEEE 1500 SECT. Метрика структур даних – формат логічного вектора чи таблиці істинності. Метрика алгоритмів моделювання – хог-перетворення таблиці істинності на тест-наборі TL з наступним упорядкуванням стовпців за адресами. In-memory simulation використовують read-write транзакції, що робить FAAS-technique вільною від використання системи команд центрального процесора та економічними за витратами енергії та часу моделювання несправностей.

Результати дисертаційної роботи опубліковані у 45 друкованих працях, зарахованих за темою докторської дисертації, серед яких 1 розділ у закордонній монографії, що індексується Scopus, 24 статті у міжнародних науково-метричних базах: 4 статті в міжнародних наукових журналах за кордоном, з них 1 – у журналі Академії Наук; 19 – у наукових журналах, включених до «Переліку наукових фахових видань України», з них 3 – категорії А, що входять до наукометричної бази Web of Science, та 1 у Scopus; а також 18 тез доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій, що входять до науково-метричної бази Scopus. Академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації результатів не виявлено.

Зауваження та дискусійні питання щодо тексту дисертації:

- 1) Автор вводить поняття векторно-логічного комп'ютингу, але не пише детально, чим він відрізняється від класичного комп'ютингу і в чому проявляється його ефективність.
- 2) Не дано формального визначення розумності структури даних і їх особливості в порівнянні зі звичайними даними.
- 3) Таблиця істинності є універсальною і найбільш простою моделлю будь-якого обчислювального процесу. Чому тоді на IT-ринку мало хто використовує цю модель, а використовують більш складні мови для написання програм під центральний процесор.
- 4) В роботі недостатньо показано, які завдання вирішує запропонований автором векторний комп'ютинг на основі read-write транзакцій і в чому проявляється його ефективність.
- 5) Немає вичерпної відповіді на питання, чи можна будь-який процес або явище в соціальній сфері представити у вигляді логічного вектора, і якщо це так, то що це дає суспільству.



6) В роботі запропоновано метод моделювання тестів в вигляді адресів відповідних схем. Не в повній мірі показано, як це впливає на їх швидкодію.

7) Теоретично не доведена перевага застосування логічних векторів замість формул для аналізу цифрових схем.

Загальні висновки: дисертація Хаханової Ганни Володимирівни являє собою завершене наукове дослідження за темою: «Федеративний комп'ютинг векторно-матричних транзакцій у кіберсоціальних системах». Розв'язані в дисертації задачі повністю відносяться до паспорта спеціальності 05.13.05 - комп'ютерні системи та компоненти. Докторська дисертація відповідає вимогам Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197. З огляду на сказане вище, авторка Хаханова Ганна Володимирівна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за вказаною спеціальністю.

Офіційний опонент:
доктор технічних наук, професор
Борисенко Олексій Андрійович

