

ВІДГУК

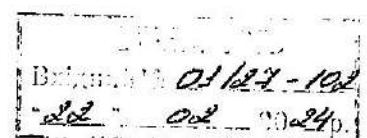
офіційного опонента доктора технічних наук, професора
Леонова Сергія Юрійовича
на дисертацію Хаханової Ганни Володимирівни
на тему: "Федеративний комп'ютинг векторно-матричних транзакцій
у кіберсоціальних системах",
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.13.05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

Актуальність теми. Актуальність пов'язана з тенденціями кіберфізичного комп'ютингу все більшої соціальної глибокої орієнтованості 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 у тригерній частині технологічної кривої Gartner тренд Computational Storage, який переносить обробку хоста з основної пам'яті центрального процесора на пристрій для підвищення продуктивності аналізу великих даних у кіберпросторі.

Запропоноване дослідження вирішує проблему машини фон Неймана – обміну даними між процесором та пам'яттю, за рахунок створення нового наукового напрямку in-memory комп'ютингу на основі read-write транзакцій на векторній логіці для обробки великих даних, що забезпечує суттєву економію енергії (+70%) та часу (+30%). Розглядається протиріччя використання потужної системи команд універсального процесора для комп'ютингу бітових структур великих даних, що знаходяться у пам'яті.

Для досягнення поставленої мети – забезпечення метричної якості моніторингу та управління процесами та явищами у кіберсоціальному просторі шляхом розробки та імплементації моделей, методів та архітектур in-memory комп'ютингу елементарних транзакцій на векторно-матричних розумних структурах даних – в роботі було отримано такі результати, які характеризуються науковою новизною:

1. *Вперше* розроблено сімейство нових векторних моделей, що характеризуються компактністю опису функцій, структур та інтерактивних архітектур та призначені для паралельного FMI-комп'ютингу на основі вичерпного моніторингу та online цифрового управління соціальними процесами. Запропоновано удосконалену модель-архітектуру кіберсоціального FMI-комп'ютингу, яка відрізняється від стандартної суміщенням процесу навчання, тестування, функціонування та розподілом ML-терміналів у просторі, що дає можливість на порядок зменшити час



навчання і підвищити якість сервісів з розпізнавання-прийняття рішень при обслуговуванні громадян.

2. *Вперше* розроблено сімейство нових векторних паралельних методів 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. Засоби паралельного аналізу унітарно кодованих великих даних на основі метрики подібності-відмінності дають можливість у реальному часі формувати коректні актуаторні керувальні дії в замкнутій комп'ютерній системі прийняття соціальних рішень.

3. Запропоновано сімейство *вдосконалених* розумних логічних структур даних та векторних методів технічної діагностики, які *відрізняються* від відомих цільовим застосуванням для побудови цифрових логічних архітектур прийняття метричних рішень та їх застосування у кіберсоціальному комп'ютерингу, що є істотним внеском у проектування ремонтпридатних цифрових систем реєстрового та системного рівня опису.

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. Удосконалена архітектура cloud-edge кіберсоціального комп'ютерингу для алгоритмів федеративного навчання містить чотири фази: локальне навчання (Training), завантаження параметрів (Upload) у хмарну модель, агрегування (Aggregating) параметрів на хмарі та повернення параметрів моделі до терміналів (D).

5. *Удосконалено* метрику подібності-відмінності обробки великих даних у кіберсоціальному просторі, яка відрізняється від аналогів використанням однієї конволюційної тотожності замість трьох відомих, а також представленням процесів та явищ у векторному вигляді патернів та унітарним кодуванням компонентів для паралельної обробки даних. Синтезовано нові характеристичні рівняння асиметричної подібності-відмінності процесів та явищ для точного пошуку інформації за ключовими словами у кіберфізичному просторі. Удосконалено поєднану архітектуру кіберсоціального комп'ютерингу, яка відрізняється від аналогів автоматичною взаємодією в часі і просторі двох механізмів: проектування моделей і методів розпізнавання соціальних патернів, а також використання створених обчислювальних структур для пошуку даних в кіберпросторі на основі асиметричної метрики подібності-відмінності.

6. *Вперше* розроблено паралельні методи та алгоритми пошуку та розпізнавання замовленого контенту в кіберпросторі, які відрізняються від аналогів використанням векторних розумних структур унітарно-кодованих даних, що дає можливість істотно зменшувати їх розмірність і паралельно виконувати процедури і алгоритми їх аналізу при пошуку і розпізнаванні соціальних патернів.

7. *Вперше* запропоновано сімейство нових схемних логічних структур, що характеризуються паралельністю виконання операцій на основі використання логічних векторів, що реалізує кібер-фізичний комп'ютинг для моніторингу, моделювання та управління social-процесами компанії на основі рівняння тестування $F \oplus T \oplus L = 0$. Введено логічну метрику якості розпізнавання патернів, дефектів і колізій, яка в сукупності з рівнянням комп'ютингу дає можливість формувати всі структурні та нормовані оцінки в процесі навчання.

Сформульовано формулу дисертації – in-memory read-write транзакції на розумних структурах даних у пам'яті, що усувають потужну систему команд процесора, а також ітерації шиною даних між процесором і пам'яттю машини фон Неймана, що дозволяє економити час та енергію 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.

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

Завдання дослідження, поставлені в роботі: 1) розробка векторних двійкових моделей опису функцій, структур та архітектур FML-IMC 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-memory моделювання справної поведінки та несправностей для логічних елементів та цифрових схем; імплементація розумних структур даних та

методів векторного in-memory 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 здійснено у навчальний процес Харківського національного університету радіоелектроніки (акт про впровадження від 26.04.2023). Паралельні методи та алгоритми, засновані на векторних структурах унітарно-кодованих даних для пошуку та розпізнавання замовленого (негативного або позитивного) контенту в кіберпросторі, використовуються при виконанні науково-технічних робіт ННЦ ХФТІ (довідка від 14.04.2022). Результати дисертації впроваджено у бізнес-процеси та науково-дослідну діяльність ТОВ «Телесенс ІТ» (довідка від 17.05.2022) – векторні методи аналізу структур даних застосовуються для метричного моніторингу та цифрового управління соціальними групами. Окремі результати можуть бути імplementовані у бізнес-процеси ТОВ «Проектування та діагностування систем» (довідка від 14.02.2022), в програмні алгоритми та продукти моніторингу та управління соціальними групами, тестування та верифікації програмних продуктів з функціями пошуку ключових даних, розпізнавання патернів, моделювання соціальних рішень. Це дозволяє зменшити фінансові втрати, пов'язані з помилковими рішеннями.

Обґрунтованість і достовірність отриманих результатів досліджень, наукових висновків і практичних результатів підтверджується їх апробацією, проведеними експериментами, точністю розрахунків, схваленням на міжнародних науково-практичних конференціях, впровадженням результатів у виробничий та освітній процеси.

Структура дисертації містить 7 розділів:

1. Розглядається кіберсоціальна модель суспільства, як критичної системи, некоректне управління якою призводить до катастрофічних втрат

ресурсів, людських життів, економіки, історії, культури, науки, освіти та державності. Визначаються основні процеси та явища кіберфізичного простору з метою їх використання для формування сталого кіберсоціального світу. Пропонується новий кіберсоціальний комп'ютинг моральних відносин між державою та громадянами, які виконують ролі толерантних механізмів управління та виконання для створення моральних та матеріальних цінностей, підвищення якості життя людей. Пропонуються технології (computer engineering technologies), спрямовані на гармонійний сталий розвиток суспільства, що виключає соціальні колізії на основі метричного вичерпного моніторингу та морального цифрового управління. Показується відсутність практичних досліджень та розробок, які дозволяють створити 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 регіонів.

2. Формулюється першочергове соціально-технологічне завдання – захист суспільства та критичних об'єктів за допомогою створення Global Intelligent Cyber Security. Формулюються аксіоми конструктивного становлення країн, що розвиваються, на основі прийняття моральних відношень. Пропонуються моделі, методи та алгоритми кіберсоціального комп'ютингу, що базуються на обробленні великих даних, здійсненні пошуку ключових слів і тестових фрагментів. Нові характеристичні рівняння подібності-відмінності процесів та явищ використовуються для точного пошуку інформації за ключовими словами у кіберфізичному просторі. Інтерактивний комп'ютинг творчого процесу базується на метричному оцінюванні стану розробки зі світовими досягненнями. Основою метрики та структури комп'ютингу 2020-2022 є Top 12 Technology Trends, які впливають на інвестиції в науку, освіту та промисловість країн, що розвиваються.

3. Запропоновано метод і схеми кубітного моделювання соціальних процесів на основі моніторингу потоків великих даних для оптимізації за допомогою актуаторного керування всіма компонентами механізму виконання. Формулюються аксіоми соціального комп'ютингу, спрямовані на моральне, цифрове та без участі людини управління соціальними процесами на основі метричного моніторингу. На основі детермінованих розрахунків пропонується структура управління соціальними процесами з урахуванням інтересів кожного громадянина. Цифрове подання соціальних процесів у кіберфізичному просторі дозволило розробити

кубітно-матричні моделі та структури даних для обчислювальних архітектур, кубітні векторні структури даних для опису багатозначних змінних соціальних функціональностей, а також методи паралельного логічного аналізу великих потоків даних.

4. Однією з можливих технологій для оцифрування відносин є детермінований комп'ютинг, що базується на постійному моніторингу та інтелектуальному аналізі технічних, біологічних і соціальних об'єктів у кіберфізичному та кіберсоціальному просторі. Онлайн хмарне управління дозволяє відстежувати кіберсоціальні процеси у часі та просторі. Удосконалено метрику вимірювання процесів і явищ з метою покращення кількості даних (значного зменшення) для зберігання та передачі моделі вимірюваного об'єкта, на відміну від відомого рівняння конволюції. Удосконалено архітектуру кіберсоціального комп'ютингу, яка відрізняється від аналогів моделями і алгоритмами розпізнавання соціальних зразків, використанням 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. Це дозволяє зменшувати їх розмірність та паралельно виконувати процедури та алгоритми їх аналізу під час пошуку та розпізнавання соціальних патернів. Запропоновано асиметричну модель і формулу для обчислення функцій приналежності, що характеризується існуванням кількох інтервалів визначеної області, а також подібності-відмінності кіберсоціальних процесів і явищ.

5. Модернізовані кубітно-матричні моделі логічних схем відрізняються унітарним кодуванням багатозначних змінних з метою синтезу секвенсорів для паралельного аналізу кіберсоціальних процесів. Запропоновані кубітно-матричні векторні методи синтезу та аналізу логічних схем характеризуються унітарним кодуванням значень багатозначних змінних для паралельного моделювання соціальних процесів та явищ. Удосконалена архітектура керованого пам'яттю кіберфізичного комп'ютингу відрізняється паралелізмом процедур синтезу та аналізу логічних схем, призначених для моделювання соціальних процесів та явищ. Запропоновано кубітно-матричні моделі, структури даних, методи синтезу та аналізу логічних схем соціальних процесів. Розвиток технології цифровізації відношень, пов'язаний з розробкою кубітного логічного секвенсора для моделювання та розпізнавання соціальних явищ у потоках великих даних на основі інтерпретативних

кубітних матричних моделей, методів та архітектур кіберсоціального комп'ютингу, спрямовий на автоматичний синтез та аналіз соціально-логічних схем, орієнтованих на моніторинг і управління соціальними процесами та явищами.

6. Розроблено ієрархічну модель структурних компонентів соціального комп'ютингу, що формують відношення включення елементів нижчого ієрархічного рівня до компонентів, які їх покривають. Наведена архітектура обробки даних призначена для визначення подібності кадрів (фреймів) і обчислення відмінностей і подібності на основі унітарного кодування даних і порівняння XOR. Метрика для вимірювання подібності геометричних форм у кіберпросторі базується на використанні нормованих параметрів (координат, орієнтації, суперпозиції та масштабування). Скалярні матриці подібності перетворюються в двійкові матриці шляхом примусового введення порогів параметрів (threshold), що значно спрощує синтез автоматних моделей соціального процесингу. Запропоновані моделі і методи диференціації соціальних явищ базуються на еталонних шаблонах і матричних структурах даних. Модель соціального процесу містить такі компоненти: 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 xor операції для розпізнавання соціально значущих інформаційних кадрів. Матрична модель автоматизації для моніторингу процесів і явищ дозволяє здійснити подальший запуск соціальних дій у рамках створення компонентів соціального комп'ютингу.

7. Метрика алгоритму моделювання несправностей схеми характеризується новизною, а саме: 1) пропонується синтез дедуктивного вектора на двійковому вхідному наборі для транспортування вхідних несправностей на вихід елемента; 2) здійснюється розробка квадратичної матриці схемної структури для моделювання константних несправностей вхідних, внутрішніх і вихідних ліній; 3) моделювання несправностей схеми, як адрес, шляхом використання матриці моделювання та дедуктивних векторів логічних елементів з метою отримання вектора дефектів (несправностей), які перевіряються на вхідному тестовому наборі; 4) формування таблиці дефектів, що перевіряються, для визначення якості вхідних наборів та всього тесту. Пропонується метод моделювання цифрових схем Faults As Addresses Simulation (FAAS) technique, який базується на представленні елементів логічними векторами, що є компактною формою таблиці істинності. Пропонується використовувати таблицю істинності як явну структуру даних для моделювання

несправностей вхідних та внутрішніх ліній логічних схем. Логічний вектор як складова таблиці істинності та вхідний тестовий набір використовуються для побудови дедуктивного вектора, який транспортує будь-які комбінації несправностей ліній схеми на її зовнішні виходи. Пропонуються алгоритми та структури даних для моделювання одиночних несправностей логічної схеми, як адрес, у пам'яті (in-memory), для будь-якої структурної складності. Три макрокомпоненти формують розумні структури даних: опис схеми (circuit description), матриця моделювання (simulation matrix), таблиця виявлення несправностей (fault detection table). Алгоритм моделювання несправностей базується на read-write транзакціях у розумних структурах даних та будь-якій пам'яті SoC, FPGA, ASIC, RISC-V, не потребує команд процесора та попереднього синтезу схеми з метою приведення логічних функціональностей до певного базису елементів. Пропонований метод FAAS-Technique спрямований на вирішення задач IP-core верифікації на основі in-memory комп'ютингу на основі стандарту IEEE 1500 SECT. Використовувані структури даних – формат логічного вектора чи таблиці істинності. Основою алгоритмів моделювання є xor-перетворення таблиці істинності на тест-наборі T \oplus L з наступним упорядкуванням стовпців за адресами. In-memory симуляція базується на read-write транзакціях, що дозволяє суттєво зменшити витрати енергії та часу під час моделювання несправностей.

За результатами виконаних досліджень опубліковано 45 друкованих праць, до яких входять: 1 розділ у закордонній монографії, індексованій у Scopus, 24 статті у міжнародних науково-метричних базах (4 статті в міжнародних наукових журналах за кордоном, з них 1 – у журналі Академії Наук; 19 статей 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 на міжнародних наукових конференціях, що входять до науково-метричної бази Scopus.

В дисертаційній роботі не виявлено академічного плагіату, фабрикації та фальсифікації результатів.

Зауваження та дискусійні питання:

1) У чому полягає проблема чи недолік машини фон Неймана, яка формує архітектуру класичного комп'ютинга?

2) Автор пропонує обробляти великі дані за допомогою read-write транзакцій на логічних векторах, але не наведено детальних пояснень як саме це робиться?

3) В роботі пропонується використовувати великі дані як адреси для їхнього аналізу, які існують обмеження на довжину адреси і чим вони визначаються?

4) Які переваги використання таблиці істинності та логічного вектора для ефективної обробки великих даних?

5) Чи можна розглядати кібер-соціальну систему як критичну і які обмеження це накладає на розроблені моделі та методи?

6) Яке призначення розробленого товариством IEEE стандарту Federated Machine Learning, яку мету він переслідує.

7) Чому при реалізації федеративного ML комп'ютингу не можна тестувати моделі на терміналах користувачів.

Загальні висновки: дисертація Хаханової Ганни Володимирівни є завершеним науковим дослідженням. Оформлення роботи відповідає державним стандартам і вимогам, що регулюють правила оформлення наукових робіт і результатів. Докторська дисертація відповідає вимогам Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197, а Хаханова Ганна Володимирівна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент:
доктор технічних наук, професор,
Національний технічний університет
"Харківський політехнічний
інститут"



Сергій ЛЕОНОВ

Підпис: *Сергій Леонов*
ЗАСВІДЧУЄ:
Відомо про це
ІНСТИТУТ
"Харківський політехнічний
інститут"

ЗАКРИТИ