

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Шевченко Ольги Юріївни
«МОДЕЛІ І МЕТОДИ КІБЕРСОЦІАЛЬНОГО КОМП'ЮТИНГУ
УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ ДЛЯ КРИТИЧНИХ СИСТЕМ»,
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Актуальність роботи.

Управління процесами попередження і ліквідації нештатних і аварійних ситуацій посідають центральне місце в процесі підвищення надійності і безпеки критичних систем. Кіберсоціальні системи стають все більш критичними, де помилки в прийнятті рішень тягнуть людські жертви, матеріальні і часові втрати. Вирішенням питання можуть бути соціально орієнтовані штучний інтелект (AI) та машинне навчання (ML). В останні роки спостерігається основний тренд, пов'язаний з вилученням людини з циклу управління та моніторингу, оцифруванням та передачею його функцій більш надійним кіберфізичним системам. Тому дослідження, спрямовані на вирішення проблеми професійного відбору кадрів за допомогою ML-комп'ютингу, є затребуваним та актуальним для критичних систем.

В дисертації, що розглядається, розв'язується *науково-практична задача* розробки програмного додатку для пошуку та оцінювання компетенцій співробітників шляхом їх вичерпного моніторингу і подальшого метричного аналізу подібності-відмінності для прийняття рішень з цифрового управління критичними процесами і явищами.

Метою дослідження є зменшення економічних, технологічних і соціальних втрат, пов'язаних з мінімізацією відмов у критичних системах шляхом підвищення компетенцій співробітників і послідовного виключення людини з процесів прийняття рішень на основі її заміни детермінованими



механізмами комп'ютингу, що використовує цифрове інтелектуальне управління на основі метричного моніторингу кіберсоціальних процесів і явищ.

Для досягнення поставленої мети автором вирішено такі задачі, пов'язані з **розробкою**: *структурної моделі* комп'ютингу для інтерактивної онлайн взаємодії між людиною, критичною системою і механізмами точного цифрового моніторингу-управління; *метричного методу* відбору співробітників за заданими еталонними компетенціями, що враховує передісторію, психофізіологію, досягнення, знання, вміння, навички; *методу* метричного інтегрального оцінювання персоналу проекту (компанії) на основі пошуку квазіоптимального покриття посадових функціональностей; *комп'ютингово методу* онлайн моніторингу та прийняття рішень для істотного зменшення помилок оператора в процесі функціонування критичної системи; *теоретико-множинного методу* пошуку даних на основі og-метрики визначення подібності-відмінності для встановлення подібності об'єктів та ідентифікації цифрової спільності або конфліктності;

удосконаленням: методу сегментного пошуку підмножини ефективних проектних рішень, що враховують параметри трудомісткості і якості для істотного зменшення часу аналізу даних;

а також **тестуванням і верифікацію** розроблених моделей і методів онлайн моніторингу та цифрового управління компонентами сучасної критичної системи.

В роботі зазначено, що розробка теми дисертації здійснювалася відповідно до планів держбюджетних НДР Харківського національного університету радіоелектроніки, в тому числі: 1) НДР № 196 "Розробка методів і інструментальних засобів структурно-параметричної ідентифікації моделей багатофакторного оцінювання і багатокритеріальної оптимізації" (№ ДР 0106U003175). 2) НДР № 236 "Розробка математичних моделей і програмних засобів прийняття багатокритеріальних рішень в умовах невизначеності" (№ ДР 0109U002571). Автор дисертаційної роботи брала участь у виконанні робіт за вказаними темами як виконавець.

Характеристика роботи.

Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, переліку джерел з 102 назв (на 13 с.), 3 додатків (на 6 с.), анотації на 14 с.

У **вступній частині** обґрунтовано актуальність завдань, які вирішуються в дисертаційній роботі, сформульовано мету дослідження, а також викладено наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів.

У **першому розділі** дисертації викладено стан наукових досліджень в галузі управління персоналом в критичних системах, де помилки людини мають високу вартість. Показано основний тренд – вилучення людини з циклу управління-моніторингу з передачею його функцій більш надійним кіберфізичним системам. Оскільки сьогодні неможна поки що обійтися без людини, як одного з компонентів управління, то необхідно мінімізувати її можливі помилки при прийнятті оперативних і стратегічних рішень у критичній системі. Виконання завдання пов'язане з цифровізацією історії, знань, умінь і навичок кожного співробітника на основі детермінованої метрики, попередньо сформованої експертами. Далі стратегія вибору рішення щодо призначення співробітника на функціональну позицію визначається ML-грою еталонних компетентностей і CV реальних претендентів, які були перевірені на типових модельних ситуаціях. Важливим показником при цьому є метрична оцінка підприємства, як функція від структурних зв'язків і компонентів, що включає якість трудових ресурсів. При цьому комп'ютинг характеризується визначеннями: випуск продукції, сервісів та логістичний, енергетичний рівень підготовки фахівців для критичних систем. Наукова новизна розділу полягає в розробці структурної моделі критичного комп'ютингу. Метрична оцінка підприємства щодо його здатності реалізовувати інноваційні плани розвитку багато в чому визначається структурним і якісним складом трудових ресурсів і рівнем їхньої професійної підготовки. На основі проведеного аналізу сформульовано мету і задачі дослідження, орієновані на усунення проблемних місць і недоліків, пов'язаних з мінімізацією відмов у критичних системах шляхом поступового виключення експерта з циклу цифрового моніторингу метричного управління і заміною його механізмами детермінованого комп'ютингу.

У **другому розділі** розглянуті моделі відбору персоналу для критичних систем на основі теорії прецедентів, яку можна вважати гілкою ML. Запропоно-

вано прецедентний підхід, орієнтований на прийняття метрично обґрунтованих рішень, які мають на меті підбір кадрів для виконання різноманітних виробничих функцій шляхом використання тринадцяти процедур. Структура комп'ютерного рішення містить компоненти: бібліотеку прецедентів, блок моделювання, модуль управління процесом, а також інтерфейс зручного виведення даних. Система, яка реалізує висновок за прецедентами, складається з таких основних модулів: внутрішня пам'ять – забезпечує зберігання моделей прецедентів і самих прецедентів; модуль моделювання прецедентів – забезпечує можливість створення, модифікації моделей прецедентів, формування та оновлення баз прецедентів на основі існуючих моделей; прецедентна машина виведення – здійснює пошук прецедентів за отриманим описом; керуючий модуль – забезпечує взаємодію між модулями компонента і надає інтерфейси для взаємодії із зовнішнім відносно компонента середовищем.

Третій розділ присвячено оцінці готовності персоналу з метрики критичних робіт. Розглядаються моделі нештатної ситуації, ризиків і оцінки експертів. Представлена декомпозиція процесу-явища на більш дрібні фрагменти на основі функцій належності, що дає можливість визначити в деталях нештатну ситуацію і привести її до сертифікованого або еталонного технологічного процесу. Природно, що для отримання точного діагнозу ситуації необхідно виконувати цифровий моніторинг процесу за всіма істотними параметрами, датчиками і сенсорами, що дає можливість мінімізувати ризики і управляти розвитком позаштатних ситуацій. Функція привабливості щодо дій оператора заснована на використанні мінімальних ресурсів для досягнення мети. При цьому значення інтегрального критерію (випуск продукції) повинно досягти максимуму. На основі введених оцінок запропоновано метод метричного пошуку квазіоптимального покриття, що формує коректний розподіл кадрів за компетенціями, що підтверджується оцінками покриття і оптимальності. На основі компетентнісного підходу можливо більш повно і обґрунтовано оцінювати рівень підготовки фахівця та його кваліфікації, що передбачає не тільки його готовність, а й здатність до роботи в сучасних умовах динамічних змін в світі технологій і суспільного життя. Метод метричного інтегрального оцінювання пошуку квазіоптимального покриття посадових функціональностей ґрунтується на аналізі особливостей завдань багатокритеріального оцінювання в задачах управління людсь-

кими ресурсами. Метод прийняття рішення по кадрах використовує моніторинг метричних даних працівників у режимі онлайн, а також цільову функцію, що залежить від ймовірності окремих альтернативних сценаріїв.

Четвертий розділ присвячений пошуку ефективних варіантів прийняття рішень, де розглядаються кілька методів на основі використання теорії множин і критеріїв оптимізації. Аналізуються методи виділення підмножин ефективних рішень на основі використання функцій корисності і цінності, які дають можливість визначити кращий варіант проекту-рішення. Зокрема, розглядається метод «сектора» для пошуку опуклої підмножини проектних рішень, що задовольняють глобальному і локальним критеріям. Пропонується метод сегмента, який використовує оптимізацію по кожному з локальних критеріїв, що формує групу рішень, суперпозиція яких дає підмножину ефективних проектів по кадрах або процесах, форматованим у вектори або матриці. Модифікація методу сегмента має в кілька разів більшу обчислювальну складність, за рахунок чого формується підмножина рішень істотно меншої (на один/два порядки) потужності. Запропоновано вдосконалені методи сегментного пошуку підмножини ефективних проектних рішень, що враховують параметри трудомісткості і якості, які відрізняються від існуючих структурною відмінністю множин опуклих і неопуклих допустимих варіантів. Це дає можливість істотно зменшити час аналізу вихідної інформації для прийняття рішень без зниження їх якості. Отримані результати можуть бути використані в процедурах прийняття багатофакторних рішень в системах управління.

П'ятий розділ присвячений моделям цифровізації критичних систем, які можуть бути використані для моніторингу, аналізу даних і управління персоналом на основі метрики подібності-відмінності, яка є основою проблемно-орієнтованого комп'ютерингу. Цифровізація індустрії є стійким трендом розвитку в світі, який визначається 40% компаній, що працюють в кіберфізичному просторі оцифрованих процесів і явищ. Тому кожен експерт-працівник сьогодні повинен бути оцифрований з виставленням йому метричної оцінки поточного стану. Оскільки результати тестування кандидатів подаються у вигляді кількості балів, обчислення значень функції корисності часткових критеріїв (характеристик параметрів) не викликає ускладнень, і остаточний вираз для визначення функції корисності альтернативи кандидата можна представити для оцінки осо-

бистісних та психологічних характеристик кандидатів відповідно. Типова структура підприємства визначається компонентами: вибору матеріалів, технологічних процесів і обладнання, які взаємодіючи з працівниками, створюють продукцію або послуги, що вкладається в *time-to-market*. При цьому ієрархічність структури підприємства представлена декартовим добутком множин фактичних параметрів технологічних процесів, матеріалів, готової продукції. Класифікація типових процедур синтезу і аналізу ставиться у залежність від існуючих моделей атрибутів виробництва: структура, функція, документація, динаміка і статика процесів, вхідні і вихідні змінні, актуаторні і моніторні механізми. Структура комп'ютерного управління персоналом в критичних системах використовує стандарт SCADA, який орієнтований на аналітику великих даних за допомогою детермінованих підходів паралельних обчислень логічних операцій і векторних процедур підрахунку подібності-відмінності текстових фрагментів і двійкових об'єктів. Структурно метрика подібності-відмінності двох процесів, явищ, об'єктів, компонентів використовує дві формули, які оперують в бінарній алгебрі логіки двома паралельними операціями *and*, хог для отримання результатуючих векторів. При цьому вводяться процедури підрахунку нормованих оцінок подібності-відмінності, які разом з векторними надають повну інформацію про взаємодію еталона з поточним об'єктом. Будь-яку пару процесів або явищ можна привести до структурної метрики однакової довжини з метою подальшого підрахунку нормованих оцінок подібності-відмінності шляхом арифметичного додавання виконання логічних умов у чисельнику і знаменнику. Модифікована метрика Левенштайна дає можливість визначити не тільки норму подібності-відмінності між об'єктами, але і створити квазі-оптимальний шлях отримання одного об'єкта із іншого. Наприклад, як створити експерта із запропонованого працівника на основі порівняння двох метрик. Він передбачає три елементарні операції: заміну, вставку та видалення символів, які перетворюють одне слово (процес, явище) в інше. Запропоновано інше рішення для визначення подібності між словами, яке характеризується синтезом уніфікованої структури даних, що вирівнює пари слів будь-якої довжини до одного виміру, виконуючи одну операцію – вставку порожнього символу. Як наслідок, обчислювальна складність алгоритму синтезу уніфікованої структури одного виміру зво-

диться до пошуку позицій для вставки кінцевого числа порожніх символів з метою вирівнювання довжини з двох слів (об'єктів, процесів).

Таким чином, в компактному вигляді реляційна сутність дисертації полягає у створенні відносин між критичною системою, комп'ютигом і людиною, яка усвідомлено мінімізує свій вплив шляхом передачі повноважень з прийняття рішень механізмам розумного моніторингу і хмарного (прецедентного) ML-управління.

Отже, дисертаційне дослідження містить компоненти у вигляді моделей, методів та інфраструктури: 1) *Нова* структурна модель комп'ютингу, яка характеризується інтерактивною онлайн взаємодією між людиною, критичною системою і механізмами точного цифрового моніторингу–управління. 2) *Удосконалений* метричний метод відбору співробітників за заданими еталонними компетенціями, що дає можливість зменшити некоректні призначення на функціональні позиції. 3) *Удосконалений* метод метричного інтегрального оцінювання персоналу проекту (компанії), що дозволяє істотно зменшити часові та матеріальні витрати на виконання проекту. 4) *Отримав подальший розвиток* комп'ютигівий метод прийняття рішень, що дає можливість істотно зменшити кількість помилок оператора в процесі функціонування критичної системи. 5) *Вдосконалені* методи сегментного пошуку підмножини ефективних проектних рішень, що враховують параметри трудомісткості і якості. 6) *Новий* теоретико-множинний метод і його програмну імплементацію для істотного підвищення продуктивності пошуку даних.

В роботі робиться висновок, що реалізація актуальної науково-практичної задачі призведе до зменшення економічних, технологічних і соціальних втрат, пов'язаних з мінімізацією відмов у критичних системах шляхом підвищення компетенцій співробітників і послідовного виключення людини з процесів прийняття рішень на основі заміни детермінованими механізмами комп'ютингу, що використовує цифрове інтелектуальне управління на основі метричного моніторингу кіберсоціальних процесів і явищ, вироблення актуаторних впливів шляхом застосування технологій Machine Learning (теорії прецедентів). Структура кіберфізичного комп'ютингу дисертації орієнтована на метричне управління кадрами і прийняття рішень на основі вичерпного збору даних і подальшого порівняння з еталонними рішеннями.

Практична значущість результатів досліджень полягає у тестуванні, верифікації і впровадженні розроблених програмних засобів. Результати моделювання, проведеного тестування та верифікації розроблених моделей і методів онлайн моніторингу та цифрового управління компонентами сучасної критичної системи показали істотне зменшення помилкових дій операторів за рахунок зменшення відмінностей між метриками еталонних компетенцій і реальних фахівців. Окремі компоненти інфраструктури впроваджені у навчальний процес Харківського національного університету радіоелектроніки та у науково-виробничу діяльність ТОВ «Проектування та діагностування систем».

На основі викладеного вище можна зробити такі **висновки**.

1. Наукову новизну роботи визначають:

– вперше запропонована структурна модель комп'ютингу, яка характеризується інтерактивною онлайн взаємодією між людиною, критичною системою і механізмами точного цифрового моніторингу-управління, що дає можливість виключати відмови, які призводять до техногенних катастроф і соціальних колізій.

– вперше запропонований теоретико-множинний метод пошуку даних, який характеризується og-метрикою визначення подібності-відмінності текстових фрагментів-об'єктів, що дає можливість знаходити подібність об'єктів, стратегію трансформування одного об'єкта в інший, а також ідентифікувати рівень цифрової спільності інтересів, конфліктності, плагіаризму, колізій.

– удосконалений метричний метод відбору співробітників за заданими еталонними компетенціями, який відрізняється від аналогів урахуванням передісторії, психофізіології, досягнень, знань, умінь, навичок, що дозволяє зменшити некоректні призначення на функціональні позиції.

– удосконалений метод метричного інтегрального оцінювання персоналу проекту (компанії), який відрізняється від аналогів застосуванням пошуку квазіоптимального покриття посадових функціональностей, що дозволяє істотно зменшити часові і матеріальні витрати на виконання проекту.

– удосконалений метод метричного інтегрального оцінювання персоналу проекту (компанії), який відрізняється від аналогів застосуванням пошуку

квазіоптимального покриття посадових функціональностей, що дозволяє істотно зменшити часові і матеріальні витрати на виконання проекту.

– отримав подальший розвиток комп'ютеринговий метод прийняття рішень шляхом введення вичерпного онлайн моніторингу і цифрового управління, що дозволяє істотно зменшити помилки оператора в процесі функціонування критичної системи.

– удосконалені методи сегментного пошуку підмножини ефективних проектних рішень, що враховують параметри трудомісткості і якості, які відрізняються від існуючих структурною відмінністю множин опуклих і неопуклих допустимих варіантів. Це дозволяє істотно зменшити час аналізу вихідної інформації для прийняття рішень без зниження їх якості.

2. Практичне значення отриманих результатів:

результати проведеного тестування та верифікації розроблених моделей і методів онлайн моніторингу та цифрового управління компонентами сучасної критичної системи показали істотне виключення помилкових дій операторів шляхом зменшення відмінностей між метриками еталонних компетенцій і реальних фахівців. Запропонована програмна імплементація теоретико-множинного методу пошуку даних показала істотне підвищення продуктивності визначення подібності об'єктів.

3. Отримані наукові висновки та положення дисертації є **обґрунтованими і достовірними**, що підтверджується достатньою кількістю проведених експериментів, тестуванням і верифікацією моделей логічних схем і синтезованих тестів. Результати дисертаційного дослідження у складі моделей, методів і фрагментів додатків впроваджено у навчальний процес Харківського національного університету радіоелектроніки (акт про впровадження від 26.11.2020); у науково-виробничу діяльність ТОВ «Проектування та діагностування систем» (довідка про впровадження від 30.11.2020).

4. Автором опубліковано 18 друкованих праць: 6 статей, що входять до міжнародних наукометричних баз, з них 5 – у наукових фахових виданнях України; 1 стаття в міжнародному науковому журналі за кордоном; 12 матеріалів міжнародних наукових конференцій. Здобувач має 3 публікації у наукометричній базі Scopus.

Автореферат відповідає змісту дисертаційної роботи та містить опис основних наукових і практичних результатів, отриманих автором.

Зауваження по дисертаційній роботі Шевченко Ольги Юріївни:

1) В дисертації відзначається, що структура критичної системи становить наукову новизну і представлена хмарними сервісами, edge комп'ютигом, сенсорами актуації і моніторингу. Тут людина є слабкою ланкою – виконує роль спостерігача з правом корекції виробничого (соціального) процесу, який може завдати шкоди системі. Як автор пропонує мінімізувати такі ризики?

2) Для кадрового комп'ютигу вирішуються завдання: створення структурної моделі комп'ютигу, метрики відбору експертів, оцінювання експертів. Не зовсім зрозуміло, яку метрику пропонує автор для формування пулу працівників?

3) Автор пропонує моделі відбору персоналу для критичних систем на основі теорії прецедентів, яку вона ототожнює з гілкою машинного навчання. Неясно, як в деталях виглядає в даному випадку ML-модель навчання-тестування?

4) Система прийняття рішень по вибору варіантів використовує адаптивно-прецедентний підхід в складних слабоструктурованих системах при неповному і неточному описі властивостей проблемної ситуації. Не зовсім зрозуміло, які структури даних або моделі використовуються автором для пошуку кращого рішення?

5) Технологія мінімізації ризиків зводиться до використання механізму online моніторингу. Який період знімання даних пропонує автор?

6) Для прийняття рішення в умовах невизначеності автор пропонує пошук компромісу між ефективністю і стійкістю. Не зовсім зрозуміло, який критерій для вибору рішення пропонує автор.

7) Автором удосконалено метод метричного інтегрального оцінювання пошуку квазіоптимального покриття посадових функціональностей, що дає можливість істотно зменшити часові та матеріальні витрати на виконання проекту. Не зовсім зрозуміло, як виконується пошук покриття?

8) Істотна частина дисертації присвячена пошуку ефективних варіантів прийняття рішень, де розглядаються кілька комбінаторних методів на основі використання апарату теорії множин. Не зовсім зрозуміло, як методи, викладені в розділі 4, використовуються для досягнення мети роботи?

В цілому, незважаючи на зазначені зауваження, дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, в якому результати моделювання, проведеного тестування та верифікації розроблених моделей і методів онлайн моніторингу та цифрового управління компонентами сучасної критичної системи показали істотне зменшення помилкових дій операторів за рахунок зменшення відмінностей між метриками еталонних компетенцій і реальних фахівців.

Роботу виконано на високому теоретичному рівні з використанням математичних методів і сучасних засобів обчислювальної техніки. Дисертаційна робота відповідає спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти. Актуальність вибраної теми, достовірність і обґрунтованість висновків, новизна досліджень, значення отриманих результатів для науки і практики свідчать про те, що дисертаційна робота «Моделі і методи кіберсоціального комп'ютингу управління персоналом для критичних систем» задовольняє вимогам пп. 9, 11-14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 № 656, а здобувач Шевченко Ольга Юріївна заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент,

професор кафедри спеціалізованих

комп'ютерних систем

Українського державного університету

залізничного транспорту,

доктор технічних наук



М.А. Мірошник



Особистий підпис

засвідчую _____ 20__ р.

завідуючий канцелярією

УкрДУЗТ

Мірошник М.А.



