

## ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук,  
професора Шостака Ігоря Володимировича  
на дисертаційну роботу Чалої Оксани Вікторівни  
*«Моделі, методи та інформаційні технології  
автоматизованого управління темпоральними  
базами знань для підтримки управлінських  
рішень»*,

подану на здобуття наукового ступеня доктора  
технічних наук за спеціальністю 05.13.06 –  
інформаційні технології

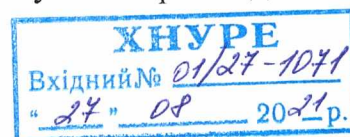
### 1. Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами

На сьогодні високотехнологічні підприємства ІТ-сфери демонструють високі темпи розвитку на вітчизняному й світовому ринку. Функціонування таких підприємств характеризується регулярним підвищенням вимог до продукції внаслідок зростаючої конкуренції, що приводить до постійного удосконалення інформаційних технологій, які використовуються в їх діяльності. Зміна базових технологій ускладнює вирішення задач формування управлінських рішень, оскільки потребує регулярного удосконалення знань, що використовуються в системах підтримки прийняття рішень.

Постійне удосконалення та доповнення знань досягається методами автоматизованого управління базами знань. Однак існуючі підходи до автоматизованого управління знаннями призначені переважно для побудови залежностей, що використовуються в інформаційно-пошукових та інформаційно-довідкових системах. Такі знання відображають статичні зв'язки між об'єктами в предметній області й не дають можливість врахувати послідовність змін стану об'єкту управління з часом.

Розв'язання задачі автоматизованого управління базами знань з урахуванням динаміки об'єкту управління потребує розробки методів та інформаційних технологій, які забезпечували б побудову бази знань, постійне коригування знань з урахуванням темпоральних змін щодо об'єкту та процесу управління, а також вирішення задач підтримки прийняття управлінських рішень з використанням цих темпоральних знань. Таким чином, виникає потреба у розробленні моделей, методів та інформаційних технологій автоматизованого управління темпоральними базами знань з тим, щоб забезпечити прийняття раціональних управлінських рішень в умовах неповноти інформації щодо стану об'єкту управління.

Зазначене свідчить про актуальність теми дисертаційного дослідження та вирішення дисертанткою Чалою О.В. важливої науково-прикладної



проблеми, суть якої полягає у розробці концептуальних основ, моделей, методів та інформаційних технологій автоматизованого управління темпоральними базами знань з метою підвищення ефективності процесу вибору управлінських рішень при вирішенні частково структурованих та неструктурованих задач.

Актуальність наукового дослідження підтверджується його виконанням у відповідності до програм наукових досліджень Харківського національного університету радіоелектроніки: «Розробка технології дистанційної реєстрації загроз біобезпеці питного та інших видів водокористування у екстремальних ситуаціях» (№ ДР 0117U002527); «Розумний Кібер Університет – Cloud-Mobile сервіси управління науково-освітніми процесами» (№ ДР 0117U002524); госпдоговору між ХНУРЕ і комунальним підприємством «Міський інформаційний центр» на проектування, створення, попереднє випробування та дослідну експлуатацію комплексної системи захисту інформації в інформаційно-телекомунікаційній системі «Кузнечна» КП «МІЦ» (№ ДР 0119U000212), госпдоговору між ХНУРЕ і комунальним підприємством «Міський інформаційний центр» на проектування, створення, попереднє випробування та дослідну експлуатацію комплексної системи захисту інформації в інформаційно-телекомунікаційній системі «Науки» КП «МІЦ» (№ ДР 0119U000213).

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків, сформованих у дисертації, їх достовірність і новизна**

У процесі виконання дисертаційної роботи здобувачка обґрунтувала напрямок досліджень, опрацювавши актуальні публікації вітчизняних та зарубіжних вчених, виконала теоретичні дослідження, їх експериментальну перевірку та апробацію, зробила обґрунтовані висновки у кожному розділі та по роботі в цілому. Список використаних джерел складається з 291 найменування. Зазначене дає змогу вважати отримані наукові результати достатньо обґрунтованими.

Достовірність отриманих у роботі результатів підтверджується використанням адекватних методів дослідження, заснованих на використанні теорії множин, методів інтелектуального аналізу даних, темпоральної логіки, теорії ймовірності та математичної статистики, теорії баз знань, коректністю та несуперечливістю відомим фактам, позитивними результатами впровадження запропонованих моделей, методів та інформаційних технологій автоматизованого управління темпоральними базами знань.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному.

1. Вперше запропоновано модель багатоваріантного управлінського рішення, що базується на темпоральних знаннях; модель містить альтернативні реалізації цього рішення у складі послідовностей станів об'єкту управління, які відповідають послідовностям управляючих дій, набори темпоральних залежностей для кожної з цих послідовностей, а також

оцінки темпоральних залежностей, що дає можливість побудувати та оцінити альтернативи при вирішенні задачі формування управлінського рішення.

2. Вперше запропоновано модель представлення темпоральних залежностей для задач підтримки управлінських рішень; модель містить множину фактів, що відображають знання щодо виникнення станів об'єкту управління, темпоральні відношення, що визначають послідовність фактів у часі, та множинні операції, які задають поєднання, перетин та різницю фактів, що дає змогу у темпоральному й об'єктному аспектах адекватно відобразити багатоваріантність управлінського рішення із заданим ступенем деталізації темпоральних знань згідно організаційної ієрархії об'єкту управління.

3. Вперше запропоновано модель темпоральної бази знань, що містить логіко-ймовірнісне представлення знань, знання щодо поточних процесів управління та станів об'єкту управління, а також засоби побудови, уточнення та використання темпоральних знань, що дає можливість автоматизувати управління знаннями шляхом побудови темпоральних правил та подальшого використання цих правил для підтримки управлінських рішень.

4. Вперше запропоновано метод виявлення аномального стану об'єкту управління з використанням темпоральних правил; метод формує множину зважених темпоральних залежностей, що охоплюють знання про поточну та відомі альтернативні реалізації управлінського рішення, а також оцінку поточного стану з урахуванням темпоральних обмежень й ваг темпоральних правил, що дає можливість автоматизувати вирішення задачі виявлення проблемної ситуації у процесі підтримки управлінського рішення.

5. Вперше запропоновано метод зворотного ймовірнісного виводу на темпоральних правилах; метод формує упорядковану за ймовірністю реалізації множину впорядкованих у часі послідовностей фактів, які відображають знання щодо альтернативних послідовностей станів при реалізації управлінського рішення, що дає можливість підвищити ефективність підтримки таких рішень за рахунок зменшення кількості альтернатив, які пропонуються ОПР.

6. Удосконалено методи побудови продукційних знань в аспекті темпоральних правил, які, на відміну від існуючих, формують класи еквівалентності фактів і правил та виділяють правила-обмеження і правила-ймовірні умови виконання управляючих дій, що дає можливість з використанням інформації щодо відомих імплементацій управлінського рішення у автоматичному режимі побудувати темпоральні знання для підтримки управлінських рішень.

7. Удосконалено метод визначення ваг темпоральних правил на основі значень ймовірності реалізації послідовностей фактів, темпоральні знання щодо яких відображають відомі імплементації управлінського рішення, а також з урахуванням темпоральних обмежень щодо цих рішень, що дає можливість уточнювати ваги темпоральних правил після зміни стану об'єкту

управління і, як наслідок, оперативно упорядковувати альтернативи при формуванні управлінського рішення.

8. Набуло подальшого розвитку продукційне представлення знань у формі ансамблю моделей темпоральних правил, які, на відміну від існуючих, містять знання щодо порядку у часі фактів виникнення станів об'єкту управління з урахуванням моментів виникнення інших станів, а також змін у станах окремих типових об'єктів у складі об'єкту управління; розроблені моделі дають можливість використати темпоральні знання для формування таких нових послідовностей станів об'єкту управління, що забезпечують досягнення цільового стану у процесі підтримки управлінського рішення.

Таким чином, отримані в дисертаційній роботі наукові результати є новими, обґрунтованими та орієнтованими на вирішення актуальної науково-прикладної проблеми розробки концептуальних основ, моделей, методів та інформаційних технологій автоматизованого управління темпоральними базами знань для підвищення ефективності вибору управлінських рішень при вирішенні частково структурованих та неструктурованих задач.

### **3. Аналіз змісту дисертації**

Дисертаційна робота Чалої О.В. складається з анотацій, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, шести розділів, висновку, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 371 сторінку друкованого тексту, з яких основний текст займає 284 сторінки.

Розділи роботи логічно структуровані, кожен з них містить передмову з описом задач, що вирішуються в розділі, та висновки з визначенням конкретних результатів. Мова викладеного матеріалу та використання термінології не викликають заперечень.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету, об'єкт, предмет, завдання дослідження, наукову новизну, а також представлено практичне значення отриманих результатів. Наведено відомості щодо зв'язку роботи темами, також інформацію про публікації та апробацію результатів дисертації та особистий внесок здобувачки.

**Перший розділ** присвячений аналізу моделей та методів управління базами знань для вирішення задач підтримки управлінських рішень. Розгляд особливостей процесу підтримки й прийняття управлінських рішень з урахуванням відмінностей високотехнологічних підприємств, що використовують, удосконалюють та виробляють інформаційні технології дозволив виокремити перспективний напрямок автоматизованого управління темпоральними базами знань. Темпоральні знання реалізують ймовірнісний підхід до каузальності, визначаючи ймовірний порядок управляючих дій у часі. Використання темпоральних знань дає можливість отримати нові управлінські рішення із інформації щодо відомих послідовностей дій.

Показано, що існуючі інтерактивні методи побудови баз знань потребують значних витрат часу на оновлення знань, а методи

автоматизованої побудови знань не враховують темпоральну упорядкованість станів об'єкту управління та управляючих дій.

На основі проведеного аналізу сформульовано проблему та основні завдання дослідження. Вирішено перше завдання дослідження.

У **другому розділі** розроблено концептуальні основи автоматизованого управління темпоральними базами знань для підтримки управлінських рішень, а саме формальну постановку задачі автоматизованого управління темпоральними базами знань, модель багатоваріантного управлінського рішення, концептуальний підхід та принципи автоматизованого управління темпоральною базою знань.

У представленій формальній постановці задача автоматизованого управління темпоральними базами знань полягає у використанні даних щодо станів об'єкту управління для побудови темпоральних знань, а також використанні темпоральних знань для побудови управлінського рішення. Дане рішення містить декілька варіантів виконання управляючих дій, кожний з яких задається за допомогою темпоральних знань. Запропонований концептуальний підхід базується на принципах автоматизованого управління темпоральною базою знань, які передбачають виділення типових послідовностей станів об'єкту управління, врахування рівня організаційної ієрархії, уточнення знань по мірі появи нових станів об'єкту управління.

Основні результати **третього розділу** пов'язані з побудовою моделі темпоральної бази знань на базі логіко-ймовірнісного представлення таких знань.

В основу логіко-ймовірнісного представлення покладено модель темпоральних залежностей для задач підтримки управлінських рішень. Дана модель враховує послідовність станів об'єкту управління у часі, а також рівень деталізації темпоральних залежностей. Останній визначається через множину артефактів – типових об'єктів, з яких складається об'єкт управління. На основі моделі темпоральних залежностей розроблено ансамбль моделей темпоральних правил, які поєднують залежності із різних варіантів виконання управлінського рішення. Ці правила відображають логічну складову представлення темпоральних знань. Ймовірнісна складова задається через ваги правил, які залежать від ймовірностей виконання варіантів управлінського рішення. Модель бази знань містить, крім логіко-ймовірнісного представлення, факти щодо станів об'єкту управління та темпоральні правила, також засоби побудови й використання темпоральних знань.

У підсумку, результати другого та третього розділу утворюють теоретичне підґрунтя для побудови моделей, методів та інформаційних технологій автоматизованого управління темпоральними базами знань.

**Четвертий розділ** присвячено розробленню методів та інформаційної технології, що вирішують задачу побудови темпоральної бази знань. Запропоновано ансамбль методів побудови темпоральних правил та

визначення ваг темпоральних правил. Перша група методів формує правила типів «Next», «Future», «Until» з використанням упорядкованих послідовностей фактів, що містять знання щодо виконання управлінського рішення. Метод визначення ваг темпоральних правил дає можливість отримати зважені правила, ваги яких залежать від ймовірності альтернативних варіантів управлінського рішення. Розроблена інформаційна технологія використовує розглянуті методи та моделі представлення темпоральних знань для побудови темпоральної бази знань. Отримані наукові та практичні результати забезпечують можливість модифікації темпоральних знань при кожній зміні стану об'єкту управління, тим самим підтримуючи ці знання в актуальному стані.

**У п'ятому розділі** розроблено методи та технологію підтримки прийняття управлінських рішень за допомогою темпоральних знань. Розроблено метод виявлення аномального стану об'єкту управління, який порівнює темпоральні знання для поточної послідовності фактів, яка відображає управлінське рішення, що виконується, та інших виконаних варіантів управлінського рішення. У випадку невідповідності ваг темпоральних знань або незадоволення темпоральних обмежень робиться висновок про аномальний стан об'єкту управління. Після виявлення аномального стану виконується формування нового управлінського рішення з використанням запропонованого методу зворотного ймовірнісного виводу на темпоральних правилах. Результатом методу є множина послідовностей фактів, що забезпечують ймовірний перехід до цільового стану об'єкту управління. Ці послідовності упорядковані за ймовірністю успішного вирішення задачі управління. Розроблена інформаційна технологія автоматизованої підтримки прийняття управлінських рішень з використанням темпоральної бази знань використовує методи виявлення аномальної ситуації та ймовірнісного виводу, а також моделі представлення темпоральних знань.

Отримані наукові та практичні результати забезпечують підтримку управлінського рішення, формуючи декілька упорядкованих за значенням ймовірності варіантів переходу об'єкту управління до цільового стану, що створює умови для підвищення ефективності прийняття управлінських рішень.

**У шостому розділі** виконано експериментальну перевірку розроблених методів та апробацію інформаційних технологій підтримки управлінських рішень.

Експериментальна перевірка методів показала можливість побудови зважених темпоральних правил з визначеним рівнем узагальнення фактів щодо станів об'єкту управління, виявлення аномальних станів в результаті порівняння ваг темпоральних правил, а також побудови послідовностей фактів з переходу до цільового стану в результаті виконання ймовірнісного виводу на темпоральних знаннях.

Результати апробації та впровадження інформаційних технологій показали скорочення витрат часу на реалізацію управлінських рішень, що свідчить про підвищення ефективності процесу підтримки рішень.

У **висновках** наведено основні результати дисертаційної роботи. З висновків зрозуміло, що завдання дослідження були виконані й мету дослідження досягнуто.

У **додатках** наведено перелік опублікованих праць за темою дисертації, акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

Аналіз змісту роботи дає змогу стверджувати, що дисертація є самостійно виконаною науково-кваліфікаційною роботою, спрямованою на вирішення наукових завдань з розробки методів, моделей та інформаційних технологій автоматизованого управління темпоральними базами знань.

В ході аналізу матеріалів дисертаційного дослідження мною особисто не виявлено текстових запозичень, що не мають посилання на відповідне джерело цитування.

#### **4. Практичне значення та можливі шляхи використання результатів дослідження**

Практична цінність результатів роботи полягає у розробленні інформаційних технологій автоматизованого управління темпоральними базами знань, що вирішують задачі побудови, постійного уточнення бази знань, а також виявлення проблемних ситуацій та побудови управлінського рішення. Технології реалізовано на платформі темпоральної бази знань. Їх використання створює умови для підвищення організаційної ефективності підтримки й прийняття управлінських рішень за рахунок формування упорядкованої множини варіантів кожного рішення, що дає можливість ОПР зробити раціональний вибір однієї з альтернатив.

Практичне значення роботи підтверджено відповідними актами впровадження основних результатів дослідження в діяльність таких підприємств та установ:

- ТОВ "Діджітал клоуд технолоджіз глобал" (акт впровадження від 10.09.2020 р.);
- ПП "Софтвеа експерт" (акт впровадження від 03.02.2021 р.);
- ДП «Захист і автоматизація об'єктів НДІРВ» (акт впровадження від 18.11.2020 р.);
- Національному науковому центрі «Інститут метрології» (акт впровадження від 09.12.2020 р.);
- освітній процес Харківського національного університету радіоелектроніки (акт впровадження від 25.02.2021 р.).

#### **5. Оформлення дисертації й автореферату. Повнота викладу основних результатів дисертації в наукових фахових виданнях**

Оформлення дисертаційної роботи та автореферату в повному обсязі відповідає чинними вимогам Міністерства освіти і науки України. Дисертація

має чітку структуру, текст викладено послідовно та логічно. Графічні матеріали роз'яснюють зміст роботи. Наукова термінологія використовується коректно. Наукові й практичні результати, а також висновки сформульовані логічно й зрозуміло. Автореферат повним чином відображає основні результати дисертації.

Наукові результати дисертаційної роботи достатньо повно відображені в 65 наукових працях, у тому числі: у 44 статтях у наукових фахових виданнях України й інших держав (серед яких 3 статі у виданнях, що внесено до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science Core Collection), у 21 публікації за матеріалами наукових конференцій, що підтверджує достатній рівень апробації результатів роботи.

Дисертаційна робота Чалої О. В. за змістом, обсягом та оформленням повністю відповідає паспорту наукової спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології, за такими напрямками досліджень: розроблення наукових і методологічних основ створення та застосування інформаційних технологій та інформаційних систем для автоматизованої переробки інформації й управління; розроблення моделей і методів автоматизації виконання функцій і завдань виробничого й організаційного управління у звичайних і багаторівневих структурах на основі створення та використання нових інформаційних технологій; дослідження та побудова інформаційних технологій для розроблення та впровадження баз і сховищ даних, баз знань і систем комп'ютерної підтримки рішень в автоматизованих системах і мережах; розроблення теоретичних і прикладних основ побудови інформаційних технологій для автоматизації функціональних завдань керування, аналізу й оцінювання ефективності автоматизованих систем переробки інформації й управління; розроблення інформаційно-пошукових і експертних систем обробки інформації для прийняття рішень, а також знання орієнтованих систем підтримки рішень в умовах ризику та невизначеності як інтелектуальних інформаційних технологій.

## **6. Зауваження до роботи**

У роботі присутні наступні недоліки:

1. На мій погляд, у першому розділі недостатньо уваги приділено критичному аналізу відомих підходів до представлення темпоральних залежностей, запропонованих, зокрема, в роботах таких дослідників, як Д. Поспелов, А. Пнуелі (Amir Pnueli), К. Парійська.

2. У формальному темпорально-орієнтованому описі організаційної системи як об'єкту управління – вирази (2.1) – (2.18) було б доречним також навести темпоральні властивості класу організаційних систем, для яких розробляються моделі та методи автоматизованого управління базами знань.

4. Модель представлення темпоральних залежностей – вираз (3.21) на стор. 163 дає можливість визначити упорядкованість у часі фактів виникнення станів об'єкту управління або підмножини артефактів. Доповнення цієї моделі обмеженнями, що визначають допустимі



послідовності дій для груп артефактів розширило б можливості цієї моделі та забезпечило б реалізацію у повному обсязі артефакт-орієнтованого підходу при побудові багатоваріантного управлінського рішення.

3. У підрозділі 3.3 при обґрунтуванні складових моделі темпоральної бази знань, було б доречним вказати властивості представленого на стор. 145. ймовірнісного підходу до каузальності, які використовуються при побудові логіко-ймовірнісного представлення знань (3.60) на стор. 191.

5. У підрозділі 4.2 для знаходження ваг темпоральних правил використовується градієнтний спуск, який на кожній ітерації передбачає обробку повного набору послідовностей фактів. Однак запропонована в підрозділі 5.4 інформаційна технологія автоматизованої підтримки прийняття управлінських рішень з використанням темпоральної бази знань створює умови для коригування управлінського рішення при зміні стану об'єкту управління, фактично, в режимі онлайн. Для забезпечення такого розширеного застосування технології доречно було б застосувати метод стохастичного градієнтного спуску з використанням однієї послідовності фактів на кожній ітерації, що забезпечить значне пришвидшення процесу.

6. У підрозділі 5.3 авторка характеризує запропонований ймовірнісний вивід на темпоральних знаннях як зворотний, оскільки він забезпечує досягнення заданого цільового стану. Однак у процесі виводу формуються упорядковані у часі послідовності станів від поточного і до цільового стану, що характерно для прямого виводу. На мій погляд, поєднання двох наведених властивостей дає можливість розглядати даний метод як метод двонаправленого ймовірнісного виводу на темпоральних знаннях.

7. У запропонованій підрозділі 6.2 платформі темпоральної бази знань не розглянуто питання інтеграції останньої із традиційними продукційними базами знань в системах підтримки прийняття рішень.

8. У рукопису дисертації мають місце незначні стилістичні помилки та неточності, наприклад у тексті на стор. 216, стор. 242, у списку використаних джерел на стор. 326.

## **7. Загальні висновки**

Дисертація Чалої О.В. «Моделі, методи та інформаційні технології автоматизованого управління темпоральними базами знань для підтримки управлінських рішень» є завершеною науковою працею, в якій отримано нові обґрунтовані теоретичні і практичні результати, що у сукупності розв'язують актуальну науково-прикладну проблему розробки концептуальних основ, моделей, методів та інформаційних технологій автоматизованого управління темпоральними базами знань для підвищення ефективності вибору управлінських рішень при вирішенні частково структурованих та неструктурованих задач.

Зміст дисертаційного дослідження відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології.

Вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам п. 9, 10, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», який затверджено Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. (зі змінами), і чинним вимогам Міністерства освіти і науки України щодо докторських дисертацій, а її авторка, Чала Оксана Вікторівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Офіційний опонент,  
професор кафедри інженерії  
програмного забезпечення,  
Національного аерокосмічного університету  
ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»,  
доктор технічних наук, професор



І.В. Шостак

Підпис доктора технічних наук, професора Шостака Ігоря Володимировича засвідчую

