

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора **Гожого Олександра Петровича**

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.

Підтримка прийняття управлінських рішень є комплексною задачею, яка вирішується в умовах невизначеності та ризику внаслідок дії непередбачуваних зовнішніх та внутрішніх факторів, що впливають на об'єкт управління.

Сучасні підходи до підтримки управлінських рішень в умовах неповноти інформації щодо стану організаційного об'єкту управління базуються на використанні знань, які визначають допустимі послідовності виконання управляючих дій з урахуванням їх темпоральних характеристик. У процесі підтримки рішень перевіряється наявність аномального стану об'єкту управління як необхідної умови для побудови управлінського рішення, а також формується це рішення. Останнє містить у собі декілька варіантів виконання управляючих дій, які дають можливість успішно вирішити поточну задачу управління. Використання підготовлених послідовностей дій, упорядкованих за визначеним критерієм, суттєво підвищує ефективність вибору управлінських рішень ОПР.

Застосування знань для підтримки управлінських рішень потребує імплементації їх оперативного оновлення шляхом автоматизації задач побудови, поповнення та використання бази знань. Автоматизоване управління знаннями забезпечує формування актуальних управлінських рішень. Але існуючі на сьогодні підходи до побудови та використання бази знань не забезпечують можливості підтримки управлінських рішень, оскільки базуються на застосуванні комунікативних методів вилучення знань у експертів та автоматизованій побудові декларативних знань.

Використання комунікативних методів потребує значних витрат часу на оновлення знань в результаті взаємодії з експертами в предметній області, що не дає можливості забезпечити оперативну підтримку управлінських рішень у випадку удосконалення процесів виробництва, зміни технологій, які використовуються на підприємстві, або інформаційних технологій, що забезпечують підтримку управління підприємством. Така еволюція бізнес-процесів та інформаційних технологій є, зокрема, характерною для сучасних високотехнологічних підприємств, які використовують та виробляють

ХНУРЕ

Вхідний № 01/27-1056

" 25 " 08 20 21 р.

інформаційні технології та сервіси.

Сучасні підходи до автоматизованого управління базами знань використовуються при побудові інформаційно-пошукових та інформаційно-довідкових систем і тому не приділяють достатньо уваги темпоральному аспекту знань, який відображає послідовність управляючих дій у часі, і тому є ключовим при формуванні управлінського рішення.

Таким чином, можна зробити висновок про актуальність сформульованої в дисертаційній роботі 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.

2. Загальна характеристика структури і змісту роботи.

Дисертація складається з анотацій двома мовами, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, показано зв'язок роботи з науковими темами, визначено об'єкт, предмет та мету дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, представлено відомості про публікації та апробацію результатів дисертації, а також наведено особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** виконано аналіз поточного стану проблеми автоматизованої побудови й використання баз знань для підтримки прийняття управлінських рішень.

Автор визначив ключові особливості процесу прийняття управлінських рішень, а також недоліки існуючих підходів до підтримки прийняття рішень, які обумовлюють необхідність розробки моделей, методів та інформаційних технологій автоматизованого управління темпоральними базами знань для підвищення ефективності підтримки прийняття управлінських рішень в умовах неповноти інформації щодо стану об'єкту управління.

У **другому розділі** запропоновано концептуальний підхід до автоматизованої побудови та використання темпоральних баз знань для підтримки прийняття управлінських рішень. Згідно запропонованого підходу, при формуванні управлінського рішення враховуються темпоральні залежності із визначеним рівнем деталізації опису об'єкту управління.

У відповідності до запропонованого підходу розроблено постановку задачі автоматизованого управління темпоральними базами знань, яка передбачає побудову темпоральних залежностей на основі відомих реалізацій управлінського рішення, а також формування актуального управлінського рішення і його ймовірнісну оцінку з використанням отриманих темпоральних знань.

Розроблено модель багатоваріантного управлінського рішення, що базується на темпоральних знаннях. Модель містить множину

альтернативних варіантів виконання управляючих дій, упорядкованих за ймовірністю їх реалізації, що дає можливість ОПР зробити раціональний вибір однієї із запропонованих альтернатив.

У **третьому розділі** розроблено моделі представлення темпоральних знань для задач підтримки управлінських рішень.

Запропоновано модель представлення темпоральних залежностей для задач підтримки управлінських рішень. Дана модель відображає знання щодо упорядкованої у часі послідовності станів об'єкту управління з урахуванням його організаційної ієрархії.

Розроблено комплекс моделей темпоральних правил, що деталізують загальну модель представлення темпоральних залежностей. Моделі правил визначають знання про темпоральну упорядкованість для пар станів, що дає можливість сформулювати множину нових послідовностей станів об'єкту управління у складі управлінського рішення.

Запропоновано модель темпоральної бази знань, що базується на логіко-ймовірнісному представленні знань щодо процесу управління. Модель охоплює знання щодо реалізованих управлінських рішень, а також засоби побудови та використання цих знань, що дає можливість автоматизувати управління темпоральними знаннями для вирішення задач підтримки управлінських рішень.

У **четвертому розділі** вирішується задача побудови темпоральної бази знань. При реалізації цієї задачі запропоновано методи побудови й підтримки темпоральної бази знань, методи побудови зважених темпоральних правил, а також інформаційну технологію побудови темпоральної бази знань.

Запропоновано узагальнений метод побудови та підтримки темпоральної бази знань, який передбачає формування, а також коригування зважених темпоральних правил при зміні стану об'єкту управління.

Розроблено удосконалені методи побудови продукційних знань в аспекті темпоральних правил. Методи формують темпоральні правила, що складаються з фактів існування станів об'єкту управління, а також темпоральних залежностей між цими станами. Виділяються правила, що задають обмеження на реалізацію управляючих дій, а також умови виконання цих дій, що дає можливість сформулювати послідовності управляючих дій для реалізації управлінського рішення.

Запропонований удосконалений метод визначення ваг темпоральних правил дає можливість визначити ймовірність виконання послідовностей дій та відповідних станів об'єкту управління й упорядкувати альтернативні варіанти виконання управлінського рішення на основі цієї ймовірнісної оцінки.

Розроблена інформаційна технологія побудови темпоральної бази знань використовує моделі темпоральних правил та методи їх побудови, що забезпечує побудову темпоральних залежностей на основі вхідних даних щодо послідовностей станів об'єкту управління.

У **п'ятому розділі** вирішується задача підтримки управлінських рішень з використанням темпоральної бази знань. При реалізації цієї задачі запропоновано методи виявлення аномального стану об'єкту управління на основі використання темпоральних правил, зворотного ймовірнісного виводу на темпоральних правилах для формування багатоваріантного управлінського рішення, а також інформаційну технологію автоматизованої підтримки прийняття управлінських рішень з використанням темпоральної бази знань.

Розроблений метод виявлення аномального стану об'єкту управління виконує порівняння темпоральних правил, що містять знання щодо поточної та відомих успішних реалізацій управлінського рішення. Аномальний стан визначається за результатами невиконання темпоральних обмежень або невідповідності ваг темпоральних правил. Метод дає можливість виявити проблемну ситуацію при кожній зміні стану об'єкту управління на основі ознак невідповідності станів або порядку їх виникнення.

Запропонований метод зворотного ймовірнісного виводу на темпоральних правилах формує множину альтернативних послідовностей фактів, що відображають можливі варіанти реалізації управлінського рішення. Ці альтернативи упорядковуються за ймовірністю реалізації, що значно спрощує вибір ОПР та підвищує ефективність процесу підтримки й прийняття управлінських рішень.

Розроблена інформаційна технологія підтримки прийняття управлінських рішень з використанням темпоральної бази знань базується на моделях представлення знань та методах підтримки рішень з використанням темпоральних знань. Технологія формує множину можливих варіантів виконання управлінського рішення. Отримані рішення упорядковуються не лише за ймовірністю їх реалізації, а й з урахуванням їх відповідності прийнятим в визначеній предметній області практикам.

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

Експериментальна перевірка методів визначення ваг темпоральних правил, виявлення аномальних станів за результатами шилінг-атак, а також методу зворотного ймовірнісного виводу підтвердила можливість ефективної побудови зважених темпоральних правил та їх використання для підтримки управлінських рішень.

Апробація та впровадження розроблених інформаційних технологій виконані на розробленій платформі темпоральної бази знань, яка структурно містить рівні зберігання, а також формування й використання темпоральних знань.

Результати впровадження показали підвищення точності виявлення аномальних станів об'єкту управління і скорочення витрат часу при прийнятті управлінських рішень на основі використання темпоральних знань.

У **висновках** узагальнено основні результати роботи. Зміст висновків

підтверджує успішне виконання завдань дослідження.

У **додатках** наведено список публікацій здобувача та акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

Аналіз змісту дисертаційної роботи показав відсутність ознак академічного плагиату.

3. Новизна наукових результатів полягає у створенні теоретичних основ автоматизованого управління темпоральними базами знань при вирішенні задач підтримки управлінських рішень. Виконані дослідження дали можливість отримати такі наукові результати.

1) *Вперше* запропоновано модель багатоваріантного управлінського рішення, що базується на темпоральних знаннях та 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, яка 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 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 й 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, який передбачає формування множини 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 ймовірностей послідовностей фактів, який, на відміну від існуючих, використовує темпоральні знання щодо виконаних послідовностей дій для альтернативних варіантів управлінського рішення за виключенням темпоральних обмежень, що дає можливість упорядкувати альтернативи при формуванні управлінського рішення з використанням уточнених при зміні стану об'єкту управління ваг темпоральних правил.

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, а також змін у станах окремих типових об'єктів у складі об'єкту управління, що дає можливість використати темпоральні знання для формування таких нових послідовностей управляючих дій, які забезпечують досягнення цільового стану об'єкту управління у процесі підтримки управлінського рішення.

4. Обґрунтованість та достовірність наукових положень та висновків ґрунтується на використанні системного підходу, теорії множин та темпоральної логіки, методів інтелектуального аналізу даних – при розробці моделі багатоваріантного управлінського рішення, моделей представлення темпоральних знань, методів виявлення аномального стану об'єкту управління та методів побудови темпоральних правил; теорії ймовірності та математичної статистики – при розробці методів визначення ваг темпоральних правил, зворотного ймовірнісного виводу в темпоральній базі знань; теорії баз знань – при розробці моделі темпоральної бази знань.

Авторка опрацювала великий обсяг наукової літератури, зокрема останніх досліджень зарубіжних вчених щодо автоматизованої побудови баз знань, провела експериментальну перевірку виконаних теоретичних досліджень, зробила обґрунтовані висновки по розділам роботи та по дисертаційній роботі в цілому.

Достовірність наукових результатів підтверджується їх впровадженням при вирішенні задач підтримки управлінських рішень, про що свідчать відповідні акти впровадження.

5. Практичне значення та використання результатів роботи.

Розроблені методи, моделі та інформаційні технології автоматизованого управління темпоральними базами знань реалізовано при вирішенні задач виявлення аномальних станів об'єкту управління внаслідок атак та втручань в роботу інформаційних систем, а також формування управлінських рішень при налагодженні інформаційних сервісів та послуг. Отримані результати дають можливість підвищити ефективність вирішення частково структурованих та неструктурованих задач за рахунок автоматизованого формування та коригування управлінського рішення при зміні станів об'єкту управління.

Результати дисертаційної роботи впроваджено:

- у ТОВ "Діджітал клоуд технолоджіз глобал";
- в ПП "Софтвеа експерт";
- у ДП «Захист і автоматизація об'єктів НДІРВ»;
- в Національному науковому центрі «Інститут метрології»;
- в освітній процес Харківського національного університету радіоелектроніки.

6. Повнота викладу основних результатів дисертації в наукових фахових виданнях із врахуванням встановлених вимог.

За темою дисертації опубліковано 65 наукових праць, в тому числі 44 статті та 21 теза доповідей у матеріалах наукових конференцій. 24 праці написані без співавторів. З них 39 статей опубліковано у фахових періодичних виданнях України з технічних наук, в тому числі 1 стаття в журналі категорії «А», що індексується у міжнародній наукометричній базі Scopus, 1 стаття у журналі категорії «А», що індексується у міжнародній наукометричній базі Web of Science Core Collection. Опубліковано 5 статей у періодичних закордонних англomовних виданнях з технічних наук Європейського Союзу, в тому числі 1 стаття у виданні, що індексується у міжнародній наукометричній базі Scopus.

Усі основні наукові положення та результати, що подані до захисту, опубліковані у необхідному обсязі у фахових виданнях та пройшли апробацію.

7. Зауваження щодо змісту і оформлення дисертації та автореферату.

У роботі присутні наступні недоліки:

1) В першому розділі роботи в підрозділі 1.3 не приділено достатньо уваги аналізу ймовірнісного аспекту представлення знань, який враховується в сучасних пошукових системах, зокрема в системі Google.

2) У другому розділі автор спочатку розглядає модель багатоваріантного управлінського рішення на базі темпоральних знань, і

лише потім принципи і концептуальний підхід до автоматизованої побудови та використання темпоральних баз знань для підтримки прийняття управлінських рішень. Слід було б спочатку розглянути принципи побудови баз темпоральних знань, а потім, на їх основі, представити темпорально-орієнтовану модель управлінського рішення.

3) У моделі темпоральної бази знань слід було б навести детальне обґрунтування вибору ймовірнісного розподілу (3.59) для альтернативних послідовностей дій багатоваріантного управлінського рішення.

4) Метод побудови бази темпоральних знань для підтримки прийняття управлінських рішень (підрозділ 4.1.1) містить етап вибору патернів представлення темпоральних залежностей. Однак у описі методу не розкрито, які патерни, крім окремих темпоральних правил, можуть бути використані при побудові бази знань.

5) В представленні інформаційної технології побудови темпоральної бази знань не уточнено які інструментальні засоби реляційних СУБД використовуються при відборі та попередньої підготовки вхідних даних.

6) При описі методу зворотного ймовірнісного виводу в темпоральній базі знань для підготовки багатоваріантного управлінського рішення (с.268, 269), не проілюстровано яким чином відбувається відбір підмножин актуальних вхідних послідовностей фактів та відбір множини актуальних темпоральних правил (Етап 1, Етап 2).

7) При описі наведеної у підрозділі 5.4 інформаційної технології автоматизованої підтримки прийняття управлінських рішень з використанням темпоральної бази знань (рис. 5.4) не показано, як змінюється після ранжування на етапі 4 ймовірнісний порядок альтернатив, отриманий в результаті виконання етапу 3 даної технології.

8) У підрозділі 6.2 не наведено вимоги до технічного забезпечення розробленої платформи темпоральної бази знань.

9) На мій погляд, у висновках до дисертації не знайшли відображення деякі отримані в роботі актуальні наукові результати, які можна побачити при розгляді її тексту. Зокрема, у висновках не представлено запропоновані принципи автоматизованої побудови й використання темпоральних баз знань.

10) Робота не позбавлена стилістичних помилок та лінгвістичних неточностей.

Але зазначені зауваження щодо змісту дисертації не зменшують цінності отриманих наукових та практичних результатів.

8. Загальний висновок.

Дисертаційна робота Чалої Оксани Вікторівни «Моделі, методи та інформаційні технології автоматизованого управління темпоральними базами знань для підтримки управлінських рішень» є завершеним науковим дослідженням, у ході якого вирішена актуальна науково-прикладна проблема

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 роботи відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології.

Вважаю, що за актуальністю теми, науковою новизною і практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота Чалої Оксани Вікторівни повністю відповідає чинним вимогам п. 9, 10, 12-14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 14.07.2013 р. (зі змінами), щодо докторських дисертацій, а її авторка, Чала Оксана Вікторівна, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Офіційний опонент:
професор кафедри
інтелектуальних інформаційних систем
Чорноморського національного університету
імені Петра Могили,
доктор технічних наук, професор



Гожий О.П.

Підпис Гожого О. П. засвідчую:

