

Ученому секретарю спеціалізованої
вченої ради Д 64.052.08
Харківського національного університету
радіоелектроніки
Плісс І.П.

61166, м. Харків, Україна
пр. Науки, 14

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Жолткевича Григорія Миколайовича
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

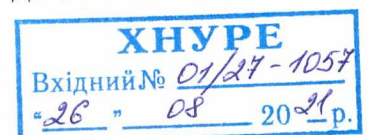
1. Актуальність теми дослідження

Сучасні підходи до підтримки процесу формування та прийняття управлінських рішень при вирішенні частково структурованих і неструктурованих задач в рамках організаційного управління базуються на використанні баз знань, що містять факти щодо стану об'єкту управління та залежності між фактами, які визначають відповідні управляючі дії й послідовності таких дій.

Підтримка актуальних рішень з управління підприємством базується на постійній адаптації цих знань у відповідності до поточних змін у його діяльності. Потреба у динамічному коригуванні та уточненні знань є вельми актуальною при вирішенні задач підтримки рішень на сучасних високотехнологічних підприємствах ІТ-сфери, які використовують та виробляють інформаційні продукти, сервіси та технології, що швидко еволюціонують з часом. Необхідною умовою підвищення ефективності побудови, постійного доповнення та використання знань є автоматизація управління базами знань.

Автоматизоване управління знаннями на основі виявлення залежностей, вбудованих у процедури, процеси, документи, широко використовуються при вирішенні задач пошуку інформації в мережі Інтернет. Однак існуючі підходи в даній сфері орієнтовані переважно на побудову декларативних знань і не приділяють належної уваги аспекту часу, що не дає можливість представити та сформулювати темпорально упорядковану послідовність управляючих дій як складову управлінського рішення.

Традиційні комунікативні методи вилучення знань дають можливість



побудувати послідовності управляючих дій з урахуванням їх темпоральних характеристик, однак вони є досить ресурсномісткими внаслідок того, що потрібні залежності формуються у процесі взаємодії з експертами в предметній галузі. Дана властивість комунікативних методів не дає можливості оперативно коригувати базу знань з використанням методів автоматизованого управління знаннями.

Наведені положення обумовлюють актуальність проблеми, яку вирішено в дисертаційній роботі: розробка 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.

Актуальність дисертаційної роботи підтверджується її відповідністю пріоритетним напрямкам досліджень згідно плану науково-дослідних робіт Харківського національного університету радіоелектроніки.

2. Наукова новизна отриманих результатів.

Авторкою дисертаційної роботи запропоновано моделі, методи та інформаційні технології автоматизованого управління темпоральними базами знань для вирішення задач підтримки прийняття управлінських рішень. Отримано наступні наукові результати:

– *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.

– *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.

– *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.

– *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.

– *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.

– *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.

– *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.

– *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.

3. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій.

Аналіз змісту дисертаційного дослідження, використаного наукового інструментарію дає змогу зробити висновок про обґрунтованість отриманих наукових результатів. Представлені у дисертаційній роботі наукові результати, висновки та рекомендації обґрунтовані використанням положень системного підходу, теорії множин, темпоральної логіки, методів інтелектуального аналізу даних, теорії ймовірності та математичної статистики, теорії баз знань. Достовірність наукових положень роботи підтверджено збігом результатів теоретичних досліджень та їх практичної реалізації при впровадженні

темпоральних баз знань для вирішення задач виявлення аномального стану об'єкту управління та формування управлінського рішення.

4. Практичне значення результатів роботи.

Запропоновані в дисертаційній роботі теоретичні результати покладено в основу інформаційних технологій побудови темпоральної бази знань, а також автоматизованої підтримки прийняття управлінських рішень з використанням темпоральної бази знань. Розроблені технології були використані для вирішення задач підтримки управлінських рішень в ІТ-галузі, зокрема при виявленні аномальних станів внаслідок зовнішніх впливів та при формуванні управлінських рішень щодо побудови та налагодження інформаційних сервісів. Практичне значення отриманих результатів підтверджується їх впровадженням у ТОВ "Діджитал клоуд технолоджіз глобал" (акт впровадження від 10.09.2020 р.); в ПП "Софтвеа експерт" (акт впровадження від 03.02.2021 р.); у ДП «Захист і автоматизація об'єктів НДІРВ» (акт впровадження від 18.11.2020 р.); в Національному науковому центрі «Інститут метрології» (акт впровадження від 09.12.2020 р.); в освітній процес Харківського національного університету радіоелектроніки (акт впровадження від 25.02.2021 р.).

5. Загальна характеристика роботи.

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

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет та методи досліджень, наведено наукову новизну й практичне значення отриманих результатів, а також відомості про публікації за темою дисертаційної роботи та апробацію результатів дослідження.

Перший розділ дисертації присвячений аналізу підходів, моделей та методів конструювання баз знань та їх застосування в системах підтримки рішень з організаційного управління. Показано, що у процесі підтримки управлінських рішень реалізуються задачі виявлення проблемної ситуації та формування актуального рішення, розв'язання яких потребує постійного оновлення знань. Наведено недоліки існуючих методів побудови, поповнення та використання баз знань в задачах підтримки рішень. Визначено проблему й завдання дослідження з урахуванням практичних потреб з підтримки управлінських рішень на основі актуальних знань, що відображають зміни у технологіях роботи об'єкту організаційного управління.

Другий розділ роботи містить концептуальні основи автоматизованого управління темпоральними базами знань для підтримки управлінських рішень.

У розділі виконано формальну постановку задачі автоматизованого управління темпоральними базами знань для підтримки прийняття управлінських рішень. Відповідно до наведеної постановки, управлінське рішення формується на основі темпоральних знань, які можуть бути отримані із вхідних даних, представлених послідовностями станів об'єкту управління.

При вирішенні поставленої задачі розроблено модель багатоваріантного управлінського рішення, яка містить декілька можливих способів його реалізації. Послідовність управляючих дій у кожній з цих альтернатив задається за допомогою темпоральних знань.

Розроблено концептуальний підхід до автоматизованого управління темпоральною базою знань, орієнтований на побудову багатоваріантного управлінського рішення. При управлінні знаннями враховуються темпоральні й об'єктні характеристики об'єкту управління. Темпоральні властивості визначають послідовність управляючих дій, а об'єктні – рівень деталізації об'єкту управління при визначенні таких дій.

Отримані в даному розділі результати дають можливість побудувати представлення темпоральних знань для опису багатоваріантного управлінського рішення.

Третій розділ присвячений розробці моделей представлення темпоральних знань для використання у процесі підтримки вибору управлінського рішення.

Представлення темпоральних знань у дисертаційній роботі базується на запропонованій моделі темпоральних залежностей. Дана модель поєднує знання щодо станів об'єкту управління, з урахуванням його організаційної структури, та знання щодо послідовності переходів між станами у часі.

Загальна модель представлення темпоральних залежностей деталізується у розроблених моделях темпоральних правил. Ці правила містять знання щодо умов та обмежень при переході між станами об'єкту управління у процесі реалізації управлінського рішення.

Темпоральні правила є ключовим елементом запропонованої моделі темпоральної бази знань. Модель бази знань містить у собі зважені темпоральні правила та засоби їх побудови й використання. Вага темпоральних правил відображає ймовірнісні властивості темпоральних знань.

Результати даного розділу забезпечують можливість побудови темпоральної бази знань з використанням даних щодо послідовностей станів об'єкту управління, що відображають виконані управлінські рішення.

Четвертий розділ містить моделі, методи та інформаційну технологію, що у сукупності вирішують задачу побудови темпоральної бази знань.

При вирішенні цієї задачі розроблено методи побудови темпоральних правил та визначення ваг таких правил. Методи побудови темпоральних визначають темпоральну упорядкованість для класів еквівалентності фактів. Такі класи еквівалентності поєднують факти виникнення станів із альтернативних послідовностей управляючих дій, що дає можливість узагальнити темпоральні знання для декількох варіантів виконання управлінського рішення. Метод визначення ваг темпоральних правил враховує ймовірності виконання вхідних послідовностей станів. Відповідно, ваги правил можуть бути уточнені у процесі виконання управляючих дій.

Запропоновані моделі представлення темпоральних знань, а також методи побудови темпоральних правил використовуються у технології побудови темпоральної бази знань.

Отримані авторкою у даному розділі результати створюють умови для використання темпоральних знань у процесі підтримки управлінських рішень.

П'ятий розділ присвячений розробці методів вирішення задач виявлення проблемної ситуації на об'єкті управління й формування багатоваріантного управлінського рішення, а також інформаційної технології підтримки прийняття управлінських рішень.

Перша задача вирішується запропонованим методом виявлення аномального стану об'єкту управління з використанням темпоральних правил. Даний метод виявляє аномальний стан на основі порівняння фактів та ваг темпоральних правил, що дає можливість знайти аномалії при невідповідності атрибутів стану або ж при його несвоєчасному виникненні.

Друга задача вирішується методом зворотного ймовірнісного виводу на темпоральних правилах. Метод формує послідовності фактів, що відображають перехід між аномальним та цільовим станами. Сукупність таких послідовностей відображає багатоваріантне управлінське рішення.

Розроблені моделі представлення знань та методи вирішення задач виявлення проблемної ситуації й формування управлінського рішення використовуються у інформаційній технології автоматизованої підтримки прийняття управлінських рішень з використанням темпоральної бази знань.

Теоретичні та практичні результати даного розділу спрощують вибір ОПР у процесі прийняття рішень за рахунок в ибору із підмножини найбільш ймовірних альтернатив управлінського рішення.

Шостий розділ містить результати експериментальної перевірки методів визначення ваг темпоральних правил, виявлення аномального стану об'єкту управління, зворотного ймовірнісного виводу, а також апробації розроблених інформаційних технологій.

Експериментальна перевірка та впровадження методів і технологій автоматизованого управління темпоральними базами знань показала скорочення витрат часу на прийняття рішень, що свідчить про підвищення організаційної ефективності підтримки прийняття управлінських рішень в умовах неповноти даних щодо стану об'єкту управління.

У **висновках** сформульовано основні наукові й практичні результати дисертаційної роботи.

Додатки містять список публікацій здобувача за темою дисертації й акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

6. Оцінка змісту дисертації та її завершеність в цілому

Дисертація є завершеною, логічно структурованою науковою роботою.

Розроблені теоретичні положення є оригінальними та отримали практичне підтвердження за результатами експериментальної перевірки й впровадження.

Поставлені в дисертаційній роботі задачі дослідження вирішені авторкою, що свідчить про досягнення мети дослідження.

Текст автореферату у повній мірі відображає зміст дисертаційної роботи.

7. Апробація та повнота викладу основних результатів роботи

За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 65 наукових праць, в тому числі 39 статті у виданнях, які включені до переліку фахових видань України з технічних наук та 5 статей у періодичних закордонних англомовних виданнях з технічних наук Європейського Союзу. З них 2 статті проіндексовано у міжнародній наукометричній базі Scopus та 1 стаття – у наукометричній базі Web of Science Core Collection. Також результати дисертаційної роботи представлені у 21 тезі доповідей наукових конференцій.

8. Зауваження до дисертаційної роботи та автореферату

Дисертаційна робота не вільна від ряду недоліків, серед яких слід зазначити:

1. У роботі використано лінійну темпоральну логіку як формальну основу для представлення знань. Доцільно було б розглянути використання також логіки розгалуженого часу STL* для опису темпоральних залежностей. Це дало б можливість додатково формалізувати переходи між лініями часу, які було розглянуто у підрозділі 2.3.

2. У дисертаційній роботі при побудові темпоральних правил виконано перехід від абсолютної до відносної шкали часу. Було б цікаво додатково розглянути трансформацію шкали «минуле-поточне-майбутнє» в шкалу «раніше-пізніше» для децентралізованих систем, в яких послідовність транзакцій, що фіксують стан об'єкту управління, відрізняється від послідовності виникнення цих станів.

3. У розділі 3 наведено модель представлення темпоральних залежностей, що базується на множині фактів, враховує темпоральні й структурні властивості об'єкту управління та є формальною основою для побудови бази знань. Доцільно було б явно представити запропоновану формалізацію темпоральних знань у вигляді алгебраїчної системи на базовій множині фактів та додатково визначити операції для побудови фактів на інтервалах часу. Такий підхід дав би можливість представляти час у базі знань із заданим рівнем деталізації.

4. У підрозділі 5.1, на с. 231 при обґрунтуванні методу виявлення аномального стану об'єкту управління запропоновано використати лише ознаки проблемної ситуації, що враховують послідовність управляючих дій та станів об'єкту управління. Однак реалізований метод має більш широкі можливості і враховує також відмінності у станах на основі порівняння відповідних фактів, що враховують атрибути цих станів.

5. У тексті дисертації доцільно було б підкреслити прикладний характер розроблених інформаційних технологій.

6. У шостому розділі, при імplementації темпоральної бази знань, було використано середовище традиційної реляційної СУБД. Цікаво було б розглянути використання темпоральних СУБД, що дозволило б стандартними засобами бази даних врахувати відмінності між моментами часу виконання транзакцій у базі даних та моментами виконання управляючих дій, а також використати періоди часу, протягом яких вхідні послідовності станів є актуальними.

7. У підрозділі 6.1.2, при експериментальній перевірці методу виявлення аномальних станів об'єкту управління, доцільно було б надати детальний опис вхідних наборів даних з метою обґрунтувати використання вхідних даних без міток часу.

8. Робота містить окремі неточності в індексах темпоральних правил, зокрема у поясненнях до виразів (4.10) на стор. 207, (4.15) на стор. 209 та у описі етапу 1 методу виявлення аномального стану об'єкту управління на стор. 238.

Дані зауваження не знижують цінність дисертаційного дослідження, його наукових та практичних результатів.

9. Висновок щодо відповідності дисертаційної роботи спеціальності

Дисертаційна робота відповідає наступним пунктам паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології:

1) Розроблення наукових і методологічних основ створення та застосування інформаційних технологій та інформаційних систем для автоматизованої переробки інформації й управління.

3) 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.

4) 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.

6) Розроблення теоретичних і прикладних основ побудови інформаційних технологій для автоматизації функціональних завдань керування, аналізу й оцінювання ефективності автоматизованих систем переробки інформації й управління.

11) 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.

10. Загальні висновки

Дисертаційна робота Чалої Оксани Вікторівни «Моделі, методи та інформаційні технології автоматизованого управління темпоральними базами знань для підтримки управлінських рішень» є завершеною науковою працею, в якій отримано нові обґрунтовані теоретичні й практичні результати та розв'язана 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 дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології. Вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам п. 9, 10, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого 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 О.В., заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Офіційний опонент, декан факультету
математики і інформатики Харківського
національного університету імені В.Н. Каразіна,
доктор технічних наук, професор

Григорій ЖОЛТКЕВИЧ

Підпис доктора технічних наук, професора Жолткевича Григорія Миколайовича засвідчую

Начальник відділу кадрів Харківського
національного університету імені В.Н. Каразіна

Олена ГРОМИКО

