

В. М. Левикін, О. В. Чала

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕМПОРАЛЬНОЇ БАЗИ ЗНАНЬ

Предметом вивчення в статті є процеси використання темпоральних знань для підтримки прийняття рішень по управлінню складеними об'єктами в умовах неповноти інформації про функціонування підприємства. **Мета** полягає в розробці комплексного підходу до побудови, а також застосування темпоральних баз знань для аналізу поточного стану підприємства як складеного об'єкту на різних рівнях організаційної ієрархії та підтримки прийняття рішень з управління. **Задачі:** розробити модель темпоральної бази знань для представлення контекстно-орієнтованих темпоральних залежностей щодо поведінки об'єкту управління; удосконалити метод виявлення аномальних станів об'єкту управління на основі аналізу темпоральних даних і знань; представити технології автоматизованої побудови та використання темпоральної бази знань для підтримки прийняття рішень з управління підприємством. **Методами**, що використовуються, є методи побудов баз знань та методи підтримки управління в умовах невизначеності. Отримані такі **результати**. Розроблено модель темпоральної бази знань для застосування в інформаційно-управляючих системах. Удосконалено метод виявлення аномальних станів об'єкту управління в інформаційно-управляючих системах на основі використання темпоральних залежностей. Запропоновано технології побудови та використання темпоральної бази знань для підтримки управлінських рішень в умовах невизначеності. **Висновки.** Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: Розроблено модель темпоральної бази знань, що містить патерни і реалізацію логічних фактів, які відображають стани об'єкту управління, а також правил, які визначають зв'язки між цими станами у часі. Модель дозволяє підвищити ефективність управління підприємством в умовах невизначеності на основі аналізу його поточного стану та виводу допустимих послідовностей дій із переходу до цільового стану. Удосконалено метод виявлення аномальних станів об'єкту управління в інформаційно-управляючих системах шляхом врахування зв'язку між діями на об'єкті управління та контекстом виконання цих дій. Метод дозволяє врахувати поточні властивості складових комплексного об'єкту управління для класифікації поточного стану в умовах невизначеності. Запропоновано технології побудови та використання темпоральної бази знань в інформаційно-управляючих системах, що забезпечують ітеративне поповнення знань при функціонуванні підприємства та їх використання в умовах неповноти інформації про об'єкт управління.

Ключові слова: інформаційно-управляюча система; підтримка прийняття рішень; темпоральна залежність; темпоральна база знань.

Вступ

Інформаційно-управляючі системи призначені для автоматизованого вирішення задач управління підприємством як комплексним об'єктом з використанням даних, що відображають динаміку зміни станів цього підприємства [1]. Задачі управління реалізуються в умовах невизначеності, яка характеризується неповнотою інформації про стан підприємства та є результатом як внутрішніх, так і зовнішніх впливів на його діяльність [2].

Процес управління в умовах невизначеності комбінує типові послідовності дій та фрагменти, пов'язані із прийняттям рішень виконавцями. Виконавці використовують свої персональні, часто неформалізовані знання для вибору раціональних рішень в умовах неповноти інформації щодо поточного стану об'єкту управління [3].

У випадку недостатньої інформації про значення окремих параметрів можуть бути використані апріорні знання про типові властивості складових комплексного об'єкту управління, що визначають значення цих параметрів за замовчуванням [4]. Однак у випадку невизначеності щодо поточного стану об'єкту управління в цілому для автоматизації управління доцільно побудувати та використовувати базу знань, що містить знання та досвід кваліфікованих співробітників підприємства [5].

Автоматизована побудова такої бази знань потребує проведення аналізу поведінки об'єкту управ-

ління [6]. Однак зазвичай інформація про поведінку об'єкту управління не відображає причинно-наслідкові залежності між його станами, а фіксує послідовність зміни станів в часі. Тому автоматизоване виявлення причинно-наслідкових залежностей для бази знань пов'язано із труднощами.

В той же час аналіз поведінки об'єкту управління дозволяє виділити темпоральні залежності [7, 8]. Ці залежності визначають можливі та допустимі зміни станів об'єкту управління в часі, що дозволяє прогнозувати його поведінку в умовах неповноти інформації відносно поточного стану.

Викладене свідчить про актуальність використання темпоральних знань для підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності на основі автоматизованої побудови темпоральної бази знань.

Структуризація темпоральних залежностей виконана в [9, 10]. Модель бази знань, що відображає характеристики артефактів як складових об'єкту управління, а також залежності між цими артефактами, представлена в [9, 10]. Узагальнений метод автоматизованої побудови бази знань на основі аналізу запису послідовностей станів об'єкту управління запропонований в [11]. Метод для визначення ваг темпоральних правил, які враховуються при визначенні ймовірності управлінських рішень, представлено в [12]. Методи ймовірнісного виводу, що забезпечують можливості підтримки прийняття рішень з управління підприємством в умовах невизначеності, запропоновані в роботах [13, 14].

Однак питанням інтеграції розроблених моделей та методів в рамках інформаційної технології підтримки рішень в умовах невизначеності на основі узагальненої моделі темпоральної бази знань не приділено достатньо уваги.

Таким чином, загальна задача побудови й використання темпоральної бази знань для підтримки управлінських рішень в умовах невизначеності щодо стану об'єкту управління вимагає свого вирішення.

Метою статті є розробка комплексного підходу до автоматизованої побудови та застосування темпоральних баз знань для аналізу поточного стану підприємства як складеного об'єкту й підтримки прийняття рішень з управління в умовах невизначеності. Для досягнення поставленої мети вирішуються такі задачі:

- розробка моделі темпоральної бази знань для представлення часових контекстно-орієнтованих правил щодо поведінки об'єкту управління;
- удосконалення методу виявлення аномальних станів об'єкту управління на основі аналізу темпоральних залежностей, що характеризують його поведінку;
- розробка технологій автоматизованої побудови та застосування темпоральної бази знань для підтримки прийняття рішень з управління підприємством.

Модель темпоральної бази знань

Темпоральна база знань (ТБЗ) призначена для зберігання залежностей, що формалізують поведінку об'єкту управління в умовах невизначеності. В ситуації невизначеності застосування традиційних моделей об'єкту управління пов'язано зі значними труднощами внаслідок неповноти інформації про значення змінних, які характеризують його властивості та стан.

Темпоральна база знань містить як дані, факти, темпоральні правила, що визначають можливу й допустиму поведінку об'єкту управління, так і набір алгоритмів, що оперують з цими правилами та забезпечують можливість для підтримки прийняття послідовності управляючих рішень. Структуру темпоральної бази знань представлено на рис. 1.

ТБЗ об'єднує формалізований опис патернів представлення декларативних і процедурних знань, а також ймовірнісні знання про послідовності зміни станів об'єкту управління у часі та про можливість формування послідовностей управляючих дій.

$$Kb = \langle Kr, D, K, W \rangle, \tag{1}$$

де Kr – формалізоване представлення знань у вигляді набору патернів; D – зв'язані дані, що характеризують стан та структура об'єкту управління; K – знання у вигляді логічних фактів та темпоральних правил, що визначають можливу й допустиму поведінку об'єкту управління в часі; W – набір алгоритмів ймовірнісного виведення в ТБЗ.

Представлення знань Kr в ТБЗ визначає способи формального опису даних Kr_D , логічних фактів Kr_F , правил Kr_R та алгоритмів Kr_W :



Рис. 1. Структура темпоральної бази знань інформаційно-управляючої системи

$$Kr = \langle Kr_D, Kr_F, Kr_R, Kr_W \rangle. \tag{2}$$

Дані в темпоральній базі знань визначаються тільки у форматі обмежень, заданих представленням Kr_D :

$$D = \{ Af, \{ a_j^k \}, \Pi_{Af} | Kr_D \}, \tag{3}$$

де $Af = \{ af_j \}$ – множина артефактів, тобто атомарних об'єктів, система яких складає комплексний об'єкт управління, а множина властивостей арте-

фактів $af_j - \{a_j^k\}$; $\Pi_{Af} \subseteq Af \times Af$ – відношення між артефактами, що визначають, наприклад, організаційну ієрархію на об'єкті управління.

Аналогічно, знання K у формі логічних фактів K_F та темпоральних правил K_R визначаються згідно шаблонів Kr_F та Kr_R :

$$K = \{K_F, K_R\}, \quad (4)$$

$$K_F = \{ft_i | Kr_F\}, \quad (5)$$

$$K_R = \{r_m | Kr_R\}. \quad (6)$$

Алгоритми W реалізуються у вигляді заздалегідь визначених процедур, що задають послідовність обробки темпоральних правил для формування рішень із переводу об'єкту управління до цільового стану. Такі процедури можуть оперувати або на всій базі знань, або на її підмножині.

В другому випадку обмеження, що впливають на вибір підмножини темпоральних правил, встановлюються або на основі артефактів, або шляхом прямого визначення підмножини атрибутів цих артефактів:

$$W = \{W_r, W_{Af}, W_a\}. \quad (7)$$

де W_r – алгоритм виводу, що оперує на всій множині темпоральних правил; $W_{Af} = \{w_{Af} | Af_i\}$ – алгоритми виводу, що використовують факти та правила, пов'язані із заданою підмножиною артефактів Af_i ; $W_a = \{w_a | \{a_j^k\}\}$ – алгоритми виводу, що використовують факти та правила, пов'язані із апріорно заданою підмножиною атрибутів.

Отримана модель дозволяє відобразити багатоваріантність поведінки об'єкту управління на основі відбору підмножин темпоральних правил, і тим самим сформувати спектр управлінських рішень із різною ймовірністю реалізації у поточному стані.

Модель забезпечує можливість вирішення задач аналізу поточного стану об'єкту управління та підтримки управлінських рішень.

Метод виявлення аномальних станів об'єкту управління з урахуванням контекстно-орієнтованих залежностей

Задача аналізу поточного стану об'єкту управління вирішується за допомогою запропонованого в роботі [15] методу виявлення аномальних станів на основі аналізу темпоральних знань. Цей метод враховує залежності між станами об'єкту управління, які відображені логічними фактами. Кожен із фактів представлений предикатом із повним набором змінних, що характеризують властивості усіх атомарних об'єктів, які використовуються в процесі управління.

Однак зазначений метод не враховує контекстно-орієнтовані залежності, які задаються підмножи-

ною атрибутів $\{a_j^k\}$, що і свідчить про необхідність його доповнення такою властивістю.

Головна ідея методу полягає формуванні узагальненої характеристики поточного стану об'єкту управління як суми ваг темпоральних правил, що обумовлюють перехід від початкового до поточного стану, та використанні цієї характеристики для класифікації поточного стану.

В процесі класифікації вага поточного стану порівнюється з аналогічними характеристиками альтернативних станів, досягнення яких виконується в результаті типових послідовностей дій, апріорно заданих в існуючій моделі об'єкту управління.

Метод в якості вхідних даних використовує записи про поведінку об'єкту управління у вигляді послідовності його реалізованих станів.

Удосконалений метод містить у собі такі етапи.

Еман 1. Формування множини послідовностей $S'_i = \langle ft_{i,1}, \dots, ft'_{i,j} \rangle$ логічних фактів $ft_{i,j}$, що відображають послідовність зміни властивостей об'єкту управління, які привели до поточного стану s_j .

Поточний стан представляється фактом $ft'_{i,j}$.

Кожен логічний факт із цієї послідовності визначається як предикат на підмножині значень змінних, що описують поточний стан.

$$ft_{i,j} = Q(\{a_j^k\}), \{a_j^k\} \subseteq s_j. \quad (8)$$

Вибір підмножини значень змінних дозволяє сформулювати як правила типу *Next* та *Future*, які задають послідовність станів в цілому, так і правила типу *Until*, які визначають контекстні умови виконання управляючих дій [8].

Еман 2. Формування множини темпоральних правил типів *Next*, *Future* та *Until*. Особливості формування вказаних правил представлені в роботі [8].

Еман 3. Формування підмножин p_m з двох та більше послідовних фактів для кожного кортежу S'_i :

$$p_m = \langle ft_{i,l}, ft_{i,l+1}, \dots, ft_{i,l-1}, ft_{i,l} \rangle, 1 \leq l \leq j. \quad (9)$$

Ці послідовності фактів є «маркерами» послідовності станів, що привели до поточного стану об'єкту управління.

Еман 4. Формування альтернативних послідовностей фактів S_i , що складаються із p_m та приводять до типових станів об'єкту управління, тобто:

$$S_i = p_m : ft_{i,L} \neq ft'_{i,j}, ft_{i,L-1} = ft_{i,j-1}. \quad (10)$$

Еман 5. Формування правил та обмежень для послідовностей S_i .

Обмеження виконуються для всіх можливих послідовностей станів у вхідних даних. Особливості формування обмежень представлені в роботі [13].

Еман 6. Виявлення аномального стану на основі обмежень.

Якщо існують обмеження, що виконуються в типових режимах S_i функціонування об'єкту управління і вони не задовольняються для послідовності S'_i , то поточний стан визначається як аномальний. Робота методу на цьому етапі завершується.

В іншому випадку виконуються етапи 7-9 перевірки на основі суми ваг правил.

Етап 7. Видалення обмежень із загального переліку правил. Обмеження мають вагу, що дорівнює нескінченності і тому не можуть бути використані при сумуванні ваг правил.

Етап 8. Розрахунок потенціалів для поточного стану $ft_{i,j}$ та альтернативних станів $ft_{i,L}$. Потенціал розраховується як сума ваг правил для кожної послідовності S_i та S'_i .

Етап 9. Класифікація поточного стану на основі порівняння множини потенціалів.

Класифікація виконується шляхом обчислення різниць між потенціалами для множини альтернативних фактів та порівняння отриманих результатів із пороговим значенням.

Представлений метод відрізняється від існуючого врахуванням підмножини змінних для опису стану на етапі 1, що дає можливість враховувати правила типу *Until* на етапах 2, 5-8. Також введено додаткове обмеження на етапі 4: характеристики передостанніх станів в послідовностях p_m повинні співпадати для альтернативних варіантів поведінки об'єкту управління.

Це обмеження дозволяє виділити лише ті послідовності фактів, які безпосередньо привели до поточного стану.

Технології автоматизованої побудови темпоральної бази знань та її використання для підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності

Технологія автоматизованої побудови темпоральної бази знань реалізує етапи життєвого циклу комплексного знання-орієнтованого об'єкту управління, використовує представлену модель бази темпоральних знань і моделі темпоральних правил [8], та відповідає загальному методу автоматизованої побудови бази знань [11].

Технологія складається із трьох основних фаз: побудови патернів темпоральних залежностей; формування темпоральних правил; побудови ієрархії правил згідно ієрархічної структури об'єкту управління.

Фаза 1. Побудова патернів темпоральних знань на основі аналізу характеристик станів комплексного об'єкту управління.

Патерни в базі темпоральних знань відображають стани об'єкту управління та перехід між цими станами. Патерни першого виду представлені логічними фактами. Набір змінних для кожного логічного факту залежить від множини властивостей артефактів, які характеризують стани об'єкту управління.

Патерни другого виду задають зв'язок між послідовними станами, та будь-якими станами об'єкту управління. Вказаний зв'язок може бути визначений як для представленого логічним фактом опису стану в цілому, так і для підмножини змінних, що характеризують цей стан.

Типові патерни, які не залежать від властивостей предметної області, представлено в роботі [8]. Вказаний набір патернів може бути доповнений характерними для предметної області залежностями.

Фаза 2. Побудова логічних фактів та темпоральних правил на основі аналізу записів про поведінку об'єкту управління.

На даній фазі з використанням патернів формуються логічні факти для кожного стану об'єкту управління. Набір змінних для кожного факту характеризує стан підмножини артефактів складеного об'єкту управління.

Після визначення фактів формуються правила, що пов'язують ці факти.

Правила задають зв'язок у часі між відповідними станами об'єкту управління.

Для кожного правила обчислюється вага. Остання відповідає ймовірності його виконання на відомому наборі записів про поведінку об'єкту управління.

Правила, які виконуються на всіх відомих наборах, доцільно розглядати як обмеження на можливі варіанти реалізації послідовностей управлінських дій.

Тому при визначенні ваг отримані на фазі 2 залежності розділяються на правила та обмеження.

Вага правил обчислюється запропонованим в роботі [12] методом. Вага обмежень встановлюється рівною нескінченності. Таке значення ваги дозволяє в подальшому зменшити складність ймовірнісного виводу в базі темпоральних знань.

В результаті застосування даної технології формується множина темпоральних залежностей, що визначають ймовірнісні знання про поведінку об'єкту управління.

Фаза 3. Побудова ієрархії залежностей в базі темпоральних знань.

На даній фазі за потреби визначаються декілька рівнів деталізації правил, що відповідають організаційній структурі підприємства як об'єкта управління [16]. У випадку визначення рівнів ієрархії застосовується метод ймовірнісного виведення, що представлений в роботі [14], а у випадку «пласкої» бази знань – метод виведення [13].

Результатом застосування технології є зважена база фактів та темпоральних правил, що характеризують підприємство як об'єкт управління. Структура цих правил обумовлює вибір методу ймовірнісного виводу згідно наведеної моделі ТБЗ.

Технологія підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності з використанням темпоральної бази знань відповідає моделі життєвого циклу комплексного об'єкту управління [17] та методу підтримки циклу управління складеним об'єктом в інформаційно-управляючих системах в умовах невизначеності на основі темпоральних знань [18]

Технологія містить у собі дві ключових фази, які циклічно виконуються при реалізації управління, та вирішують задачу аналізу стану об'єкту управління та синтезу спектру можливих послідовностей управлінських рішень.

Фаза 1. Аналіз поточного стану складеного об'єкту управління.

Головна мета цієї фази полягає в тому, щоб на основі результатів аналізу вибрати один із двох підходів до управління підприємством як комплексним об'єктом.

Аналіз виконується на основі порівняння декількох варіантів попередньої поведінки об'єкту управління, як було показано у представленому вище методі.

У випадку типової поведінки (тобто відсутності невизначеності) даний стан класифікується як стандартний, що передбачає подальшу реалізацію традиційного підходу до управління з використанням апріорно заданих детермінованих моделей.

Класифікація поточного стану як аномального є ознакою неповноти інформації про об'єкт управління, тобто свідчить про його функціонування в умовах невизначеності. В даному випадку для підтримки прийняття управляючих рішень використовується ймовірнісний знання-орієнтований підхід, що реалізується на другій фазі.

Фаза 2. Формування множини допустимих послідовностей дій для переходу від поточного до цільового стану об'єкту управління.

Мета даної фази полягає у виведенні ймовірних шляхів вирішення задачі управління, тобто послідовності переведення об'єкту управління до цільового стану.

Набір послідовностей станів формується з використанням темпоральних правил шляхом ймовірнісного виводу в базі знань з використанням методу [13]. Для кожної послідовності станів на основі ваг темпоральних правил [12] обраховується ймовірність її реалізації. Оскільки опис кожного стану містить у собі управляючу дію, яка привела до виникнення цього стану, то на основі послідовності станів може бути сформована відповідна послідовність управляючих дій.

Підприємство є складеним об'єктом управління, представленим на різних рівнях організаційної ієрархії. Тому на даній фазі також враховується рівень деталізації знань про діяльність підприємства на основі виділення відповідної підмножини його станів [16]. Це дозволяє провести ймовірнісний

вивід в базі знань та сформувані можливі послідовності управлінських дій на різних рівнях організаційної ієрархії з використанням представленого в роботі [14] метода.

Висновки

1. Розроблено модель темпоральної бази знань, що містить патерни і реалізацію логічних фактів, які відображають стани об'єкту управління, правил, які визначають зв'язки між цими станами у часі, та алгоритмів ймовірнісного виведення, які задають зв'язки між темпоральними правилами. Модель дозволяє підвищити ефективність управління підприємством в умовах невизначеності на основі аналізу його поточного стану та виводу допустимих послідовностей дій із переходу до цільового стану.

2. Удосконалено метод виявлення аномальних станів об'єкту управління в інформаційно-управляючих системах шляхом врахування темпоральних правил, що встановлюють контекстні залежності виконання управляючих дій. Метод дозволяє врахувати поточні властивості елементів складеного об'єкту управління для класифікації його поточного стану в умовах невизначеності.

3. Запропоновано технології побудови та використання темпоральної бази знань в інформаційно-управляючих системах.

Технологія автоматизованої побудови темпоральної бази знань формує цю базу шляхом виділення зважених темпоральних правил та обмежень, що пов'язують між собою стани об'єкту управління, а також управляючі дії та контекст виконання цих дій.

Технологія інтегрується в життєвий цикл об'єкту управління та забезпечує можливість поповнення бази знань в реальному часі.

Технологія підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності з використанням темпоральної бази знань передбачає формування множини ймовірних послідовностей станів об'єкту управління з урахуванням його організаційної ієрархії і, відповідно, множини ймовірних послідовностей управляючих дій, що переводять об'єкт управління до цільового стану.

Технологія забезпечує підвищення ефективності управління в умовах неповноти інформації про об'єкт управління на основі вибору із найбільш ймовірних контекстно-залежних послідовностей управляючих дій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Sljivic S. Management control in modern organizations. / S. Sljivic, S. Skorup, P. Vukadinovic // International Review. – 2015. – Vol. 4-5. – P. 39-49.
2. Dechow N. Management control of the complex organization – relationships between management accounting and information technology / N. Dechow, M. Granlund, J. Mouritsen. – Published in Chapman C., Hopwood A. & Shields M. (eds.) Handbook in Management Accounting Research. Oxford: Elsevier, 2007. – P. 625-640.
3. Chala O. Logical-probabilistic representation of casual dependencies between events in business-process management / O. Chala // Сучасні інформаційні системи. – 2018. – Т. 2, № 2. – С. 40-44. –DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.07>.
4. Kalynychenko O. Implementation of search mechanism for implicit dependences in process mining / O. Kalynychenko, S. Chalyi, Y. Bodyanskiy, V. Golian, N. Golian // 2013 IEEE 7th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). – 2013. – DOI: <https://doi.org/10.1109/idaacs.2013.6662>.

5. Kendal S.L. An introduction to knowledge engineering / S.L. Kendal, M. Creen. – London: Springer, 2007. – 290 p.
6. Levykin V. Method of automated construction and expansion of the knowledge base of the business process management system // V. Levykin, O. Chala / EUREKA: Physics and Engineering. – 2018. – Vol. 4. – P. 29-35.
7. Чала О. В. Побудова темпоральних правил для представлення знань в інформаційно-управляючих системах / О. В. Чала // Сучасні інформаційні системи : науково-технічний журнал. – 2018. – Том 2, № 3. – С. 54-59.
8. Chala O. Models of temporal dependencies for a probabilistic knowledge base / O. Chala // Econtechmod. – 2018. – Vol. 07, № 3. – P. 53 – 58.
9. Левикин В. М. Розробка моделі багатоваріантного знання-ємного бізнес-процесу // В. М. Левикин, О. В. Чала / Вісник херсонського національного технічного університету. – 2016. – № 4(59). – С. 195-202.
10. Левыкин В. М. Модель знание-емкого бизнес-процесса для задач интеллектуального анализа процессов // В. М. Левыкин, О. В. Чала / УСиМ. – 2016. – № 6. – С. 59-66.
11. Levykin V. Method of automated construction and expansion of the knowledge base of the business process management system / V. Levykin, O. Chala // EUREKA: Physics and Engineering. – 2018. – № 4. – P. 29-35.
12. Levykin V. Method of determining weights of temporal rules in Markov logic network for building knowledge base in information control system / V. Levykin, O. Chala // EUREKA: Physics and Engineering. – 2018. – № 5. – P. 3-10. – DOI: <http://dx.doi.org/10.21303/2461-4262.2018.00713>.
13. Levykin V. Development of a method of probabilistic inference of sequences of business process activities to support business process management / V. Levykin, O. Chala // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018 – № 5/3(95). – P. 16-24. – DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142664>.
14. Чала О. В. Метод ієрархічного виведення в базі знань інформаційно-управляючої системи в парадигмі «Enterprise 2.0» // Збірник наукових праць. Системи управління, навігації та зв'язку. – 2018. – № 4 (50). – С. 86-90.
15. Chala O. Method for detecting anomalous states of a control object in information systems based on the analysis of temporal data and knowledge / O. Chala // EUREKA: Physics and Engineering. – 2018. – Vol. 6. – P. 28-35. – DOI: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2018.00787>.
16. Чала О. В. Метод обобщения представления знание-емкого бизнес-процесса / О. В. Чала // Бионика интеллекта. – 2016. – № 2 (87). – С. 101-105.
17. Левикин В. М. Модель жизненного цикла знание-емкого бизнес-процесса / В. М. Левикин, О. В. Чала // Управляющие системы и машины. – 2017. – № 1. – С. 68-76, 85.
18. Левикин В. М, Чала О. В. Підтримка управління складеним об'єктом в ІУС з використанням темпоральних залежностей / В. М. Левыкин, О.В. Чала // Біоніка інтелекту. – 2018. – № 1(90). – С. 77-83.

REFERENCES

1. Sljivic, S. Skorup, S. and Vukadinovic, P. (2015), “Management control in modern organizations”, *International Review*, Vol. 4-5, pp. 39-49.
2. Dechow, N., Granlund, M. and Mouritsen, J. (2007), “Management control of the complex organization – relationships between management accounting and information technology”, *Handbook in Management Accounting Research*, Elsevier, Oxford, pp. 625-640.
3. Chala, O. (2018), “Logical-probabilistic representation of casual dependencies between events in business-process management”, *Advanced information systems*, Vol. 2, No. 2, pp. 40-44, DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.07>.
4. Kalynyuchenko, O., Chalyyi, S., Bodyanskiy, Y., Golian, V. and Golian, N. (2013), “Implementation of search mechanism for implicit dependences in process mining”, *2013 IEEE 7th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS)*. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), DOI: <https://doi.org/10.1109/idaacs.2013.6662>.
5. Kendal, S.L. and Creen, M. (2007), *An introduction to knowledge engineering*, Springer, London, 290 p.
6. Levykin, V. and Chala, O. (2018), “Method of automated construction and expansion of the knowledge base of the business process management system”, *EUREKA: Physics and Engineering*, Vol. 4, pp. 29-35.
7. Chala, O. (2018), “Construction of temporal rules for representing knowledge in information control systems”, *Advanced information systems*, Vol. 2, No. 3, pp. 54-59.
8. Chala, O. (2018), “Models of temporal dependencies for a probabilistic knowledge base”, *Econtechmod*, Vol. 07, No. 3, pp. 53-58.
9. Levykin, V. and Chala, O. (2016), “Modelling less-structured knowledge-intensive business process”, *Bulletin of the Kherson National Technical University*, No. 4(59), pp. 195-202.
10. Levykin, V. and Chala, O. (2016), “The Model of Knowledge-Intensive Business Process for the Process Mining”, *Control systems and machines*, No. 6, pp. 59-66.
11. Levykin, V. and Chala, O. (2018), “Method of automated construction and expansion of the knowledge base of the business process management system”, *EUREKA: Physics and Engineering*, No. 4, pp. 29-35.
12. Levykin, V. and Chala, O. (2018), “Method of determining weights of temporal rules in markov logic network for building knowledge base in information control system”, *EUREKA: Physics and Engineering*, Vol. 5, pp. 3-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.21303/2461-4262.2018.00713>.
13. Levykin, V. and Chala, O. (2018), “Development of a method of probabilistic inference of sequences of business process activities to support business process management”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 5/3(95), pp. 16-24. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142664>.
14. Chala, O. (2018), “The method of hierarchical inference in the knowledge base of the information control system in the "Enterprise 2.0" paradigm”, *Control Systems, Navigation and Communication*, No. 4 (50), pp. 86-90.
15. Chala, O. (2018), “Method for detecting anomalous states of a control object in information systems based on the analysis of temporal data and knowledge”, *EUREKA: Physics and Engineering*, Vol. 6, pp. 28-35. DOI: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2018.00787>.

16. Chala, O. (2016), "Developing a method of forming a multi detailed representation of the knowledge-intensive business process", *Bionics of intelligence*, No. 2 (87), pp. 101-105.
17. Levykin, V. and Chala, O. (2017), "Model of lifecycle of knowledge-intensive business process", *Control systems and machines*, No. 1. pp. 68–76, 85.
18. Levykin V. and Chala O. (2018), "Supporting for managing the composite object in the MIS using temporal dependencies", *Bionics of intelligence*, No. 1(90), pp. 77-83.

Received (Надійшла) 10.10.2018

Accepted for publication (Прийнята до друку) 21.11.2018

Поддержка принятия решений в информационно-управляющих системах с использованием темпоральной базы знаний

В.М. Левыкин, О.В. Чала

Предметом изучения в статье являются процессы использования темпоральных знаний для поддержки принятия решений по управлению составными объектами в условиях неполноты информации о функционировании предприятия. **Цель** заключается в разработке комплексного подхода к построению, а также применению темпоральных баз знаний для анализа текущего состояния предприятия как составного объекта на разных уровнях организационной иерархии и поддержки принятия решений по управлению. **Задачи:** разработать модель темпоральной базы знаний для представления контекстно-ориентированных темпоральных зависимостей о поведении объекта управления; усовершенствовать метод выявления аномальных состояний объекта управления на основе анализа темпоральных данных и знаний; разработать технологии автоматизированного построения и использования темпоральной базы знаний для поддержки принятия решений по управлению предприятием. **Методами** являются: методы построения баз знаний и методы поддержки управления в условиях неопределенности. Получены следующие **результаты**. Разработана модель темпоральной базы знаний для применения в информационно-управляющих системах. Усовершенствован метод выявления аномальных состояний объекта управления в информационно-управляющих системах на основе использования темпоральных зависимостей. Предложены технологии построения и использования темпоральной базы знаний для поддержки управленческих решений в условиях неопределенности. **Выводы.** Научная новизна полученных результатов заключается в следующем: Разработана модель темпоральной базы знаний, содержащей паттерны и реализацию логических фактов, отражающих состояние объекта управления, а также правил, устанавливающих связи между этими состояниями во времени. Модель позволяет повысить эффективность управления предприятием в условиях неопределенности на основе анализа его текущего состояния и вывода допустимых последовательностей действий по переходу к целевому состоянию. Усовершенствован метод выявления аномальных состояний объекта управления в информационно-управляющих системах путем учета связи между действиями на объекте управления и контекстом выполнения этих действий. Метод позволяет учесть текущие свойства составляющих комплексного объекта управления для классификации текущего состояния в условиях неопределенности. Предложены технологии построения и использования темпоральной базы знаний в информационно-управляющих системах, обеспечивающие итеративное пополнение знаний при функционировании предприятия, а также их использование в условиях неполноты информации об объекте управления.

Ключевые слова: информационно-управляющая система; поддержка принятия решений; темпоральная зависимость; темпоральная база знаний.

Support decision-making in information control systems using the temporal knowledge base

V. Levykin, O. Chala

The **subject matter** of the article are the processes of using temporal knowledge to support decision-making on the control of composite objects within the framework of the enterprise functioning paradigm. The **goal** is to develop an integrated approach to building, as well as the use of temporal knowledge bases for analyzing the current state of the enterprise as an integral object at different levels of the organizational hierarchy and decision support for control. **Tasks:** to develop a model of the temporal knowledge base for the presentation of context-oriented temporal dependencies on the behavior of the control object; improve the method of detecting anomalous states of the control object based on the analysis of temporal data and knowledge; to present technologies for the automated construction and use of a temporal knowledge base to support decision-making on enterprise management. The **methods** used are: methods of construction knowledge bases and methods of supporting management in conditions of uncertainty. The following results were obtained. The following **results** were obtained. A model of a temporal knowledge base has been developed for use in information management systems. The method of detecting anomalous states of the control object in information control systems based on the use of temporal dependencies has been improved. Technologies for building and using a temporal knowledge base to support management decisions under uncertainty are proposed. **Conclusions.** The scientific novelty of the results obtained is as follows: A model of a temporal knowledge base has been developed, containing patterns and the realization of logical facts reflecting the state of the control object, as well as the rules establishing the links between these states over time. The model makes it possible to increase the efficiency of enterprise management in conditions of uncertainty based on an analysis of its current state and the derivation of permissible sequences of actions for the transition to a target state. The method for detecting anomalous states of a control object in information control systems has been improved by taking into account the connection between actions at the control object and the context for performing these actions. The method allows to take into account the current properties of the components of the complex control object to classify the current state in conditions of uncertainty. The proposed technology for the construction and use of a temporal knowledge base in information management systems that provide for the iterative replenishment of knowledge in the operation of an enterprise and their use in the context of incomplete information about the control object.

Keywords: information control system; decision support; temporal dependence; temporal knowledge base.