

О. В. Чала

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

## ПОБУДОВА ТЕМПОРАЛЬНИХ ПРАВИЛ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗНАТЬ В ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМАХ

**Предметом** вивчення в статті є процеси побудови представлення знань в інформаційно-управляючих системах на основі темпоральних залежностей, що задають послідовність виконання дій на комплексному об'єкті управління. **Мета** полягає в розробці методів побудови темпоральних правил, які базуються на результатах аналізу журналів подій об'єкту управління та враховують особливості як процесного, так і функціонального підходів до управління підприємством. **Задачі:** побудова моделей темпоральних залежностей, що пов'язують між собою послідовні пари дій, а також поточну дію з наступною дією у майбутньому; розробка методів побудови темпоральних правил, що призначені для підтримки прийняття управлінських рішень на основі прогнозування поведінки об'єкту управління в поточній, в тому числі нестандартній ситуації. **Методами**, що використовуються, є: методи інтелектуального аналізу процесів, які передбачають побудову залежностей між подіями на основі аналізу журналу об'єкту управління в інформаційно-управляючих системах. Отримано такі **результати**. Розроблено моделі темпоральних правил, які визначають послідовність у часі дій на об'єкті управління. Запропоновано методи побудови темпоральних правил для підтримки як процесного, так і функціонального управління підприємством. **Висновки.** Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: розроблено моделі темпоральних правил, що пов'язують між собою поточні події з наступними та подіями у майбутньому, причому кожна подія відповідає окремій дії на об'єкті управління. Такі моделі враховують як значення всіх атрибутів подій, так і виділену підмножину атрибутів у відповідності до особливостей журналів подій процесного й функціонального управління. Це дає можливість сформувати ймовірні послідовності дій в заданій ситуації і тим самим забезпечити можливість підтримки прийняття управлінських рішень шляхом вибору із цих можливих послідовностей дій. Запропоновані методи побудови темпоральних правил містять у собі етапи відбору вхідних трас при процесному управлінні або формування послідовностей подій для життєвих циклів артефактів при функціональному управлінні, формування правил для кожної траси або послідовності подій життєвого циклу та інтеграції цих правил на всій множині вхідних подій. Отримані методи призначені для побудови представлення знань в інформаційно-управляючих системах.

**Ключові слова:** парадигма «Enterprise 2.0»; темпоральні правила; логічне виведення; журнал подій.

### Вступ

Актуальна в останні роки парадигма управління підприємством «Enterprise 2.0» передбачає вирішення частково структурованих задач шляхом поєднання функціонального і процесного підходів до управління [1]. Частково структуровані задачі характеризуються як кількісними, так і якісними залежностями і тому традиційно вирішуються з використанням персональних знань ОПР.

Автоматизація вирішення таких задач в рамках інформаційно-управляючої системи потребує формалізації вказаних залежностей та побудови бази знань, яка забезпечувала б можливість підтримки прийняття управлінських рішень.

Якісні залежності відображають персональні знання як ОПР, так і виконавців [2], що ускладнює їх формалізацію. Існуючі можливості виявлення якісних залежностей базуються на аналізі поведінки об'єкту управління, представленої у вигляді журналів подій. Такий аналіз дозволяє виявити темпоральні залежності між подіями, що фіксують у журналі виконання дій на об'єкті управління. Тому вказані темпоральні правила задають переваги при виконанні дій і тим самим визначають порядок цих дій у часі. Викладене свідчить про актуальність автоматизованої побудови темпоральних правил, що формують представлення знань в ІУС як при процесному, так і при функціональному підходах до управління.

Дане представлення знань має ймовірнісний характер [3] та використовується для підтримки

прийняття управлінських рішень шляхом вибору однієї із найбільш імовірних послідовностей дій у поточній ситуації [4]. Вказані послідовності формуються на основі ймовірнісного виведення у базі знань, представленої множиною зважених темпоральних правил [5].

Існуючі методи опису поведінки об'єкту управління на основі аналізу журналів подій призначені в першу чергу для формування графових моделей процесів на підприємстві [6]. Такі підходи орієнтовані в першу чергу на процесний підхід до управління, мають метою порівняння апріорно відомої і фактичної поведінки бізнес-процесів [7], та не приділяють достатньо уваги виявленню окремих темпоральних залежностей.

З іншого боку, методи інтелектуального аналізу даних орієнтовані переважно на побудову статичних залежностей між різними об'єктами предметної області [8]. Темпоральному аспекту в даному випадку не приділяється достатньо уваги.

Запропоновані методи для виділення залежностей між подіями та атрибутами подій [9] дозволяють виявити контекстні залежності для виконання дій, але в них не розглядаються відмінності вхідних даних – журналів подій для процесного і функціонального управління. В той же час вказані відмінності мають суттєвий вплив при побудові ймовірнісного представлення знань.

Таким чином, задача побудови темпоральних правил, що забезпечували б підтримку прийняття рішень на основі прогнозування поведінки об'єкту

управління в поточній, в тому числі нестандартній ситуації, вимагає свого вирішення.

**Метою статті** є розробка методів побудови темпоральних правил на основі аналізу журналу подій об'єкту управління з урахуванням особливостей як процесного, так і функціонального підходів до управління підприємством.

Розробка вказаних методів потребує попередньої формалізації темпоральних правил, що враховують як зв'язки безпосередньо між подіями журналу, так і між атрибутами цих подій.

### Моделі темпоральних правил для журналів подій процесного та функціонального управління

Темпоральні правила відображають допустиму послідовність дій у часі, що змінюють об'єкт управління. Знання про такі послідовності можуть бути представлені модальними залежностями трьох типів: *NeXt*, *Future*, *Until*.

Залежність типу *NeXt* задає безпосереднє слідування визначеної дії за поточною. Залежність типу *Future* задає слідування визначеної дії за поточною в майбутньому (тобто через одну, дві, ...  $n$  дій). Залежність типу *Until* визначає майбутню дію як результат зміни контексту. Іншими словами, для дії даного типу необхідно перевіряти поточний контекст. Контекст визначається як фрагмент предметної області, що впливає на послідовність виконання дій на об'єкті управління.

Відмінність між темпоральними залежностями *NeXt*, *Future*, а також *Until* полягає в тому, що перші два типи дозволяють враховувати лише послідовність виконання дій, а третя – потребує визначення умов для їх виконання.

Це дозволяє деталізувати знання про поведінку об'єкту управління і, наприклад, врахувати зміну стану поточної дії.

Вхідними даними для побудови темпоральних правил є журнали подій. Останні містять у собі дискретну послідовність станів об'єкту управління у вигляді послідовності подій. Кожна подія журналу є записом про виконання окремої дії на об'єкті управління та містить інформацію про стан артефактів, який виникає після виконання цієї дії. Під артефактами будемо розуміти окремі невідимі об'єкти, які входять до складу слабо структурованого об'єкту управління.

Структура журналу подій залежить від підходу до управління, що реалізовано на конкретному підприємстві. В якості базових розглядатимемо процесний та функціональний підходи. Процесний підхід до управління базується на визначенні горизонтальних зв'язків між постачальниками, виконавцями та користувачами продукції підприємства. Такі зв'язки формалізуються у вигляді бізнес-процесів. Функціональний підхід реалізує вертикально-орієнтовані інформаційні зв'язки у відповідності до організаційної ієрархії підприємства. В рамках функціонального підходу може бути організована колективна робота виконавців. Інші відомі підходи до управління

використовують комбінацію горизонтальних та вертикальних інформаційних зв'язків з урахуванням поточної організаційної структури підприємства.

Кожен журнал подій при процесному підході до управління містить інформацію лише про один бізнес-процес та структурується по його трасам. Кожна траса  $\pi_i$  містить інформацію про одноразове виконання бізнес-процесу у вигляді упорядкованої множини подій  $\pi_i = \langle e_{i,1}, e_{i,1}, \dots, e_{i,j}, \dots \rangle$ .

Діяльність підприємства в цілому при процесному підході представляється у вигляді множини бізнес-процесів. Інформація про виконання цих процесів відображена у множини журналів подій. Таким чином, знання про поведінку бізнес-процесів у вигляді темпоральних правил можуть бути сформовані для кожного бізнес-процесу окремо на основі аналізу його журналу подій.

Інформація про діяльність підприємства при функціональному підході до управління представлена у вигляді одного журналу подій для підрозділу або для підприємства в цілому. Кожен такий журнал зазвичай містить одну трасу, яка складається з подій, що фіксують виконання різноманітних функціональних задач. Тобто інформація про задачі та процеси на підприємстві «перемішана» та представлена у вигляді лише однієї послідовності подій. Це не дозволяє виявити знання про типові шаблони вирішення функціональних задач без фільтрації атрибутів вказаних подій.

Головна ідея фільтрації полягає в тому, щоб визначити послідовності подій, що відповідають життєвому циклу цільового артефакту, наприклад платіжного документу, вузлу із вибору підприємства, тощо. Визначення підмножин послідовностей подій для різних артефактів дає можливість виявити типові темпоральні залежності між цими подіями.

Важливо відзначити, що побудова ймовірного представлення знань на основі марківських логічних мереж потребує визначення ваг логічних правил. Ці ваги обчислюються у відповідності до запропонованого в роботі [10] методу на основі врахування ймовірності появи відповідної траси у журналі подій випадку процесного управління та на з урахуванням ймовірності реалізації життєвого циклу артефакту у випадку функціонального управління.

Зв'язок подій та правил для процесного управління представлено на рис. 1.

У наведеному на рис. 1 прикладі представлені траси  $\pi_1$  та  $\pi_2$ . Правила типу *NeXt* пов'язують послідовні події, наприклад  $e_{1,1}$  та  $e_{1,2}$ . Темпоральне правило типу *Future* визначає зв'язок між подіями  $e_{1,1}$  та  $e_{1,3}$ , між якими є проміжна подія  $e_{1,2}$ . Темпоральні правила типу *Until* визначають настання умов виконання дії і тому залежить від атрибутів подій. Так, якщо відмінності між апріорно визначеною підмножиною атрибутів подій  $e_{1,1}$  та  $e_{1,2}$  задають умови виконання дії, що зафіксована у події  $e_{1,2}$ , то ми маємо правило типу *Until*.

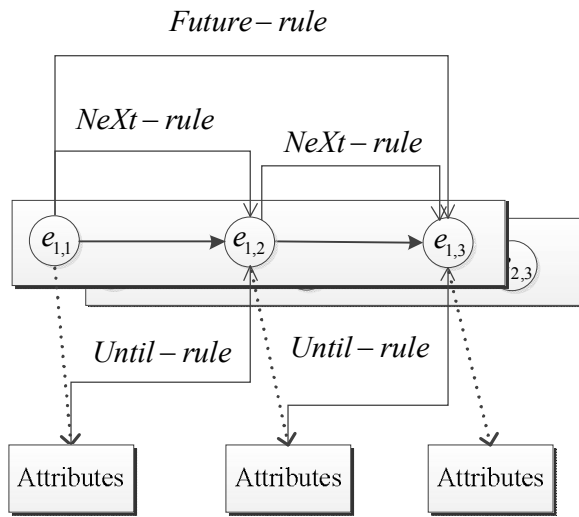


Рис. 1. Зв'язок подій та правил для процесного управління

Наприклад, якщо пов'язана із подією  $e_{1,2}$  дія виконується лише після зміни виконавця, то реалізується правило типу *Until*: до тих пір, поки не змінився виконавець на <Ім'я>, умови для дії <Назва дії> не виконані.

Ваги правил при процесному управлінні залежать від ймовірності  $P(\pi_i)$  появи траси  $\pi_i$ , для якої задані такі правила:

$$w_{i,j} = f(P(\pi_i)). \tag{1}$$

Оскільки в журналі для даного прикладу записані лише дві траси, то вони мають однакову ймовірність, тобто  $P(\pi_1) = P(\pi_2) = 0,5$ .

Відзначимо, що інформація про діяльність підприємства в цілому представлена у вигляді множини журналів подій. Зв'язок подій та правил для функціонального управління представлено на рис. 2.

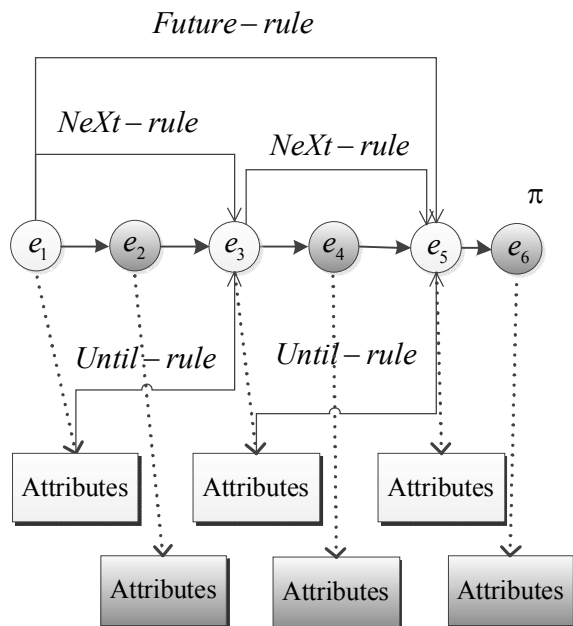


Рис. 2. Зв'язок подій та правил для функціонального управління

У наведеному на рис. 2 прикладі представлено єдину трасу  $\pi$  для всіх функціональних задач, що вирішуються на підприємстві. На цій трасі тоном виділено життєві цикли двох артефактів. Життєвий цикл  $\varphi_1$  першого артефакту відображений подіями  $e_1, e_3$  та  $e_5$ , а другого  $\varphi_2$  – подіями  $e_2, e_4$  та  $e_6$ . Дані життєві цикли виділені у відповідності до підмножини значень атрибутів цих подій. Темпоральні правила представлені для першого життєвого циклу  $\varphi_1$  аналогічно правилами для процесного управління.

Кожна подія  $e_j$  на загальній трасі  $\pi$  визначається за допомогою множини атрибутів артефактів  $\{a_j^k\}$ .

Це дозволяє визначити життєвий цикл  $\varphi_i$   $i$ - артефакту через єдине значення  $\alpha_{i,j}^m$  атрибуту  $a_{i,j}^m$  всіх подій  $e_{i,j}$  журналу, що належать до цього життєвого циклу:

$$\varphi_i = \left\langle \begin{matrix} e_{i,1}, e_{i,1}, \dots, e_{i,j}, \dots \\ \forall e_{i,j} \exists e_{i,j}^m : \alpha_{i,1}^m = \alpha_{i,2}^m = \dots = \alpha_{i,j}^m = \dots \end{matrix} \right\rangle. \tag{2}$$

Іншими словами, при знаходженні життєвого циклу артефакту необхідно відібрати такі події, що мають одне й те ж саме значення його апріорно відомого ключового атрибуту, наприклад, назву продукту:

$$\alpha_{i,j}^m = Product\_value, \alpha_{i,j}^m = "PROD21",$$

тобто для всіх подій  $e_{i,j}$ , що належать до життєвого циклу  $\varphi_i$ , виконується умова

$$Product\_value = "PROD21".$$

Наведене у виразі (2) визначення на враховує ситуацію, коли життєвий цикл у загальній трасі  $\pi$  повторюється декілька разів. Наприклад, були виписані декілька платіжних доручень. Однак багаторазове виконання життєвого циклу впливає лише на вагу правил та не впливає на самі правила.

Ваги правил при функціональному управлінні залежать від ймовірності появи життєвого циклу  $P(\varphi_i)$ :

$$w_{i,j} = f(P(\varphi_i)) | \forall i \varphi_i \subset \pi. \tag{3}$$

Оскільки в якості атрибутів подій виступають атрибути артефактів об'єкту управління, то життєві цикли для різних артефактів можуть мати спільні події. Це означає, що існують такі життєві цикли артефактів  $i, n$ , які мають спільні події за умови, що не співпадають назви атрибутів  $a_i^m$  та  $a_n^s$ , за якими фільтруються події до цих життєвих циклів.

$$\exists i, n : \varphi_i \cap \varphi_n \neq \emptyset | a_i^m \neq a_n^s. \tag{4}$$

У виразі (4) для атрибутів  $a_i^m$  та  $a_i^s$  подій вказано лише один індекс, оскільки вказані атрибути визначають життєвий цикл артефакту і тому належать до всіх подій цього циклу.

Оскільки для кожної події журналу задається множина її атрибутів, істинність  $j$ - події задається

предикатом від її атрибутів, тобто  $A(e_j) = A(\{a_j^k\})$ .

Темпоральні правила при процесному управлінні пов'язують між собою предикати, що визначають істинність подій на відповідних трасах, та мають такий вигляд. Правило типу *NeXt* визначає наявність двох подій  $e_j$  та  $e_n$  на одній трасі  $\pi_i$ , між якими не існує проміжної події  $e_m$  та має вигляд:

$$C_{Next}^\pi = A(e_j) X A(e_n) \quad [10].$$

Правило типу *Future* визначає наявність двох подій  $e_j$  та  $e_n$  на одній трасі  $\pi_i$ , між якими існує щонайменше одна проміжна подія  $e_m$  та має вигляд

$$C_{Future}^\pi = A(e_j) F A(e_n) \quad [10].$$

Правило типу *Until* визначає наявність двох подій  $e_j$  та  $e_n$  на одній трасі  $\pi_i$ , для яких змінюється значення щонайменше одного апріорно вибраного атрибуту з індексом  $m$ :

$$C_{Until}^\pi = A(e_j) U A(e_n) \Big| \forall e_j, e_n \in \pi_i \exists m : \alpha_j^m \neq \alpha_n^m. \quad (5)$$

В якості такого атрибуту ми можемо, наприклад, визначити стан дії, виконавця дії, тощо. Семантика правила (5) полягає в тому, що зміна значення атрибуту призводить до запуску іншої дії або зміни стану поточної дії.

Наприклад, для процесу сервісного обслуговування продукт буде очікувати обробки, поки ним займається приймальник. Потім менеджер підрозділу передає цей продукт конкретним виконавцям, які починають ремонт. Тобто умовою операції розподілу завдань є перехід до менеджера підрозділу, а ремонту – перехід продукту до безпосередніх виконавців.

Темпоральні правила при функціональному управлінні базуються на наведеному визначенні життєвого циклу артефакту  $\phi_i$ .

Правило типу *NeXt* визначає наявність двох подій  $e_j$  та  $e_n$  для життєвого циклу одного артефакту  $\phi_i$ , між якими не існує проміжної події  $e_m$ . Виділений артефакт визначається за його властивістю  $a^m$ , значення якої є ідентичним для антецеденту та консеквенту правила:

$$C_{Next}^\phi = A(e_j) X A(e_n) \Big| \exists m : \alpha_j^m = \alpha_n^m, e_j, e_n \in \phi_i. \quad (6)$$

Правило типу *Future* визначає наявність двох подій  $e_j$  та  $e_n$  для життєвого циклу  $\phi_i$  одного артефакту  $\pi_i$ , причому між ними існує щонайменше одна проміжна подія  $e_m$  в цьому ж життєвому циклі:

$$C_{Future}^\phi = A(\{a_j^k | \exists a_j^m \in \phi_i\}) F A(\{a_n^k | \exists a_n^m \in \phi_i\}) \Big| \forall e_j, e_n \in \phi_i \exists e_l \in \phi_i : A(e_j) X A(e_l) \vee A(e_l) X A(e_n). \quad (7)$$

Правило типу *Until* визначає наявність двох подій  $e_j$  та  $e_n$  на одній трасі  $\pi_i$ , для яких змінюється значення щонайменше одного апріорно вибраного атрибуту з індексом  $m$ :

$$C_{Until}^\phi = A(\{a_j^k\}) U A(\{a_n^k\}) \Big| \exists m, l : \alpha_j^m = \alpha_n^m \wedge \exists \alpha_j^l \neq \alpha_n^l. \quad (8)$$

Порівняння темпоральних правил типів *NeXt* та *Future* із правилами типу *Until* показує, що перші два типи задають темпоральні залежності між подіями, а останній тип забезпечує урахування значень атрибутів артефактів.

Тобто в цілому правила типу *Until* доцільно розглядати як деталізацію правил типів *NeXt* та *Future* з урахуванням поточного стану артефактів, над якими виконуються дії.

Зазначене показує важливість розробки в першу чергу методів побудови темпоральних правил перших двох типів.

## Методи побудови темпоральних правил типів *NeXt* та *Future*

Запропоновано методи передбачають формування темпоральних правил типів *NeXt* та *Future*, що задають переваги у часі при виконанні послідовностей дій у випадку як процесного, так і функціонального управління підприємством.

Відмінності у методах пов'язані із відмінностями у журналах подій для процесного і функціонального управління, як показано на рис. 1 та 2.

Метод побудови темпоральних правил типу *NeXt* використовує такі вхідні дані.

1. У випадку процесного управління – журнал подій у вигляді множин трас  $\{\pi_i\}$  та критерії відбору трас: часовий (наприклад останні за часом траси бізнес-процесу); за артефактом (наприклад, траси, де виконувалась обробка заданого документу).

2. У випадку функціонального управління – артефакт, для якого виявляються темпоральні залежності, та його атрибути.

Метод містить у собі такі етапи.

Етап 1. Побудова підмножини подій для виявлення правил. У випадку процесного управління виділяються траси за часовим критерієм або за кри-

терієм обробки потрібного артефакту. У випадку функціонального управління виділяються послідовності подій, що відповідають життєвому циклу артефакту.

Етап 2. Визначення правил типу *Next* для кожної пари послідовних подій поточної траси у випадку процесного управління або кожної пари поточних подій життєвого циклу артефакту у випадку функціонального управління.

Етап 3. Встановлення відповідності між подіями з різних трас/життєвих циклів шляхом порівняння значень усіх атрибутів для кожної події. Умова еквівалентності події має вигляд:

$$e_{i,j} \equiv e_{l,n} : \forall k \alpha_{i,j}^k = \alpha_{l,n}^k. \quad (9)$$

Етап 4. Поєднання правил  $C_{Next}^\pi$  та  $C_{Next}^\phi$  за умови еквівалентності подій (10) з різних трас або життєвих циклів:

$$\begin{aligned} C_{next i,j} &\equiv C_{next l,n} : e_{i,j} \equiv \\ &\equiv e_{l,n} \wedge e_{i,j+1} \equiv e_{l,n+1}. \end{aligned} \quad (10)$$

Метод побудови темпоральних правил типу *Future* є аналогічним попередньому методу та відрізняється послідовністю побудови правил із пар подій.

Метод містить у собі такі етапи.

Етап 1. Побудова підмножини трас або життєвих циклів для виявлення правил.

Етап 2. Визначення всіх пар подій виду:

$$(e_{i,j}, e_{i,n}), j = \overline{1, J-2}, n = \overline{3, J}, n - j > 1. \quad (11)$$

Етап 3. Формування правил типу *Future* для кожної пари відповідно (11).

Етап 4. Встановлення відповідності між подіями з різних трас/життєвих циклів шляхом порівняння значень усіх атрибутів для кожної події згідно (9).

Етап 5. Поєднання правил  $C_{Future}^\pi$  та  $C_{Future}^\phi$  за умови еквівалентності подій (10) з різних трас або життєвих циклів.

## Висновки

1. Розроблено моделі темпоральних правил, що пов'язують між собою поточні події з наступними та подіями у майбутньому з використанням як значень всіх атрибутів подій, так і виділеної підмножини атрибутів, та з урахуванням особливостей журналів подій як для процесного, так і для функціонального управління.

У практичному плані отримані темпоральні правила дозволяють сформулювати ймовірні послідовності дій для заданого стану об'єкту управління і тим самим забезпечити можливість підтримки прийняття управлінських рішень шляхом вибору із цих можливих послідовностей дій.

2. Запропоновано методи побудови темпоральних правил, що пов'язують між собою поточні події з наступними та подіями у майбутньому. Методи містять у собі етапи відбору вхідних трас або формування послідовностей подій життєвих циклів артефактів, формування правил для кожної траси (або життєвого циклу) та інтеграції цих правил на всій множині вхідних подій.

Методи призначені для побудови представлення знань в інформаційно-управляючих системах з тим, щоб підвищити ефективність управління підприємством на основі прогнозування контекстно-залежних послідовностей дій з використанням темпоральних правил.

## REFERENCES

- Vom Brocke, J. (2015), *Handbook on Business Process Management 1. Introduction, Methods, and Information Systems*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 709 p., available at: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-45100-3>.
- Kalynychenko, O., Chalyi, S., Bodyanskiy, Y., Golian, V. and Golian, N. (2013, September), "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), available at: <https://doi.org/10.1109/idaacs.2013.6662>.
- Richardson, M. and Domingos, P. (2006), "Markov logic networks", *Machine learning*, 62(1-2), pp. 107-136, available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s10994-006-8633-8>.
- Gogate, V. and Domingos, P. (2010), "Formula-Based Probabilistic Inference", *Proceedings of the Twenty-Sixth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, Catalina Island, CA — July 08 - 11, 2010.
- Chala O.V. (2018), "Method of hierarchical deduction in the knowledge base of the information-control system in the paradigm "Enterprise 2.0"", *Control, navigation and communication systems*, 2018, No. 4 (50), pp. 86-90.
- Kalenkova A.A., van der Aalst W.M.P., Lomazova I.A. and Rubin V.A. (2017), "Process Mining Using BPMN: Relating Event Logs and Process Models", *Software and Systems Modeling*, 16 (4), pp. 1019-1048, available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s10270-015-0502-0>.
- Müller, D., Reichert, M. and Herbst, J. (2007), "Data-Driven Modeling and Coordination of Large Process Structures", *On the Move to Meaningful Internet Systems 2007: CoopIS, DOA, ODBASE, GADA, and IS*, available at: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-76848-7\\_10](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-76848-7_10).
- Polyvyanyy A., Smirnov S. and Weske M. (2015), "Business process model abstraction", *Handbook on Business Process Management*, 1, pp. 147-165, available at: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-45100-3>.
- Levikin V.M. and Chala O.V. (2018), "Development of the representation of causal relationships for the knowledge base of the process management system", *Bulletin of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". Series: System Analysis, Management and Information Technology*, No. 21 (1297), pp. 48-53.

10. Levykin V. and Chala O. (2008), "Method of determining weights of temporal rules in Markov logic network for building knowledge base in information control system", *EUREKA: Physics and Engineering*, 5, pp. 29-35.

Надійшла (received) 22.06.2018

Прийнята до друку (accepted for publication) 15.08.2018

### Построение темпоральных правил для представления знаний в информационно-управляющих системах

О.В. Чала

**Предметом** изучения в статье являются процессы построения представления знаний в информационно-управляющих системах на основе темпоральных зависимостей, задающие последовательность выполнения действий на комплексном объекте управления. **Цель** заключается в разработке методов построения темпоральных правил, основанных на результатах анализа журналов событий объекта управления, и учитывают особенности как процессного, так и функционального подходов к управлению предприятием. **Задачи**: построение моделей темпоральных зависимостей, связывающих между собой последовательные пары действий, а также текущее действие с последующим действием в будущем; разработка методов построения темпоральных правил для обеспечения поддержки принятия управленческих решений на основе прогнозирования поведения объекта управления в текущей, в том числе нестандартной ситуации. **Методами**, которые используются, являются методы интеллектуального анализа процессов, которые предусматривают построение зависимостей между событиями на основе анализа журнала объекта управления в информационно-управляющих системах. Получены следующие **результаты**. Разработаны модели темпоральных правил, определяющих временную последовательность действий на объекте управления. Предложены методы построения темпоральных правил для поддержки как процессного, так и функционального управления предприятием. **Выводы**. Научная новизна полученных результатов заключается в следующем: разработаны модели темпоральных правил, связывающих между собой текущие события с последующими и событиями в будущем, причем каждое событие соответствует отдельному действию на объекте управления. Такие модели учитывают как значения всех атрибутов событий, так и выделенное подмножество атрибутов в соответствии с особенностями журналов событий процессного и функционального управления. Это дает возможность сформировать возможные последовательности действий в заданной ситуации и тем самым обеспечить возможность поддержки принятия управленческих решений путем выбора из этих возможных последовательностей действий. Предложенные методы построения темпоральных правил включают в себя этапы отбора входных трасс при процессном управлении или формирования последовательностей событий для жизненных циклов артефактов при функциональном управлении, формирование правил для каждой трассы или последовательности событий жизненного цикла, а также интеграции этих правил на всей множества входных событий. Полученные методы предназначены для построения представления знаний в информационно-управляющих системах.

**Ключевые слова**: парадигма «Enterprise 2.0»; темпоральные правила; логический вывод; журнал событий.

### Construction of temporal rules for the representation of knowledge in information control systems

O. Chala

The **subject matter** of the article is the processes of constructing the representation of knowledge in information control systems based on temporal dependencies, which determine the sequence of actions on a complex control object. The **goal** is to develop methods for constructing temporal rules based on the analysis of the event logs of the control object and take into account the features of both the process and functional approaches to the management of the enterprise. **Tasks**: constructing models of temporal dependencies linking successive pairs of actions, as well as the current action with subsequent action in the future. Development of methods for constructing temporal rules to provide support for making management decisions based on predicting the behavior of the control object in the current, including non-standard situation. The **methods** used are: methods that are used are the methods of intellectual analysis of processes, which provide for constructing dependencies between events based on the analysis of the log of control object in information control systems. The following **results** were obtained. Models of temporal rules that determine the sequence in time of actions at the control object are developed. Methods for constructing temporal rules are proposed to support as process as functional enterprise management. **Conclusions**. The scientific novelty of the results obtained is as follows: models of temporal rules have been developed, linking current events with subsequent ones and future events, with each event corresponding to a separate action on the control object. Such models take into account both the values of all event attributes and a selected subset of attributes in accordance with the features of the process and functional management event logs. This makes it possible to form possible sequences of actions in a given situation and thereby ensure the possibility of supporting management decision-making by choosing from these possible sequences of actions. The proposed methods for constructing temporal rules include the steps of selecting input traces during process control or generating sequences of events for the life cycles of artifacts during functional management, generating rules for each trace or sequence of life cycle events and integrating these rules on the entire set of input events. The obtained methods are designed to build knowledge representation in information and control systems.

**Keywords**: paradigm "Enterprise 2.0"; temporal rules; logical inference; event log.