

**С. Ф. ЧАЛИЙ, І. В. ЛЕВИКІН**

## **МЕТОДИ ДИНАМІЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТІВ ДОСТУПУ ДО РЕСУРСІВ В ЗАДАЧАХ ПРЕЦЕДЕНТНОГО УПРАВЛІННЯ НАСКРІЗНИМИ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ**

В роботі розглянуто проблему прецедентного управління множиною наскрізних бізнес-процесів. Показано, що реалізація прецедентного управління потребує упорядкування доступу до ресурсів шляхом визначення пріоритетів для дій цих процесів. Запропоновано методи динамічного визначення пріоритетів доступу до ресурсів. Перший метод призначений для визначення пріоритетів доступу до ресурсів для наскрізних БП без урахування обмежень на час їх виконання. Метод дозволяє підвищити ефективність використання ресурсів підприємства шляхом мінімізації сумарного часу очікування кожного з цих ресурсів. Другий метод направлений на корегування пріоритетів доступу до ресурсів для наскрізних БП з урахуванням обмежень на час їх виконання. Метод враховує абсолютне значення відхилення прогнозованого строку виконання кожного бізнес-процесу від запланованого, та послідовно коригує пріоритети доступу до ресурсів для окремих дій кожного процесу з тим, щоб зменшити вказане відхилення.

**Ключові слова:** наскрізний бізнес-процес, процесне управління, ресурси, інтервал очікування.

В работе рассмотрена проблема прецедентного управления множеством сквозных бизнес-процессов. Показано, что реализация прецедентного управления требует упорядочения доступа к ресурсам путем определения приоритетов для действий этих процессов. Предложены методы динамического определения приоритетов доступа к ресурсам. Первый метод предназначен для определения приоритетов доступа к ресурсам для сквозных БП без учета ограничений на время их выполнения. Метод позволяет повысить эффективность использования ресурсов предприятия путем минимизации суммарного времени ожидания каждого из этих ресурсов. Вторым методом направлен на корректировку приоритетов доступа к ресурсам для сквозных БП с учетом ограничений на время их выполнения. Метод учитывает абсолютное значение отклонения прогнозируемого срока выполнения каждого бизнес-процесса от запланированного, и последовательно корректирует приоритеты доступа к ресурсам для отдельных действий каждого процесса с тем, чтобы уменьшить указанное отклонение.

**Ключевые слова:** сквозной бизнес-процесс, процессное управление, ресурсы, интервал ожидания.

The paper considers the problem of precedent management of a set of cross-cutting business processes. It has been shown that the implementation of case management requires streamlining of access to resources by identifying priorities for the actions of these processes. The methods of dynamic determination of priorities of access to resources are offered. The first method is intended to determine the priorities of access to resources for cross-border BP without taking into account the restrictions at the time of their implementation. The method allows to increase the efficiency of using enterprise resources by minimizing the total waiting time for each of these resources. The second method is aimed at adjusting the priorities of access to resources for cross-cutting BP, taking into account restrictions at the time of their implementation. The method takes into account the absolute value of the deviation of the predicted runtime of each business process from the planned time and consistently adjusts the resource access priorities for individual actions of each process in order to reduce the specified deviation.

**Keywords:** business process, process management, resources, wait intervals.

**Вступ.** Процесний підхід до управління пов'язаний з побудовою опису діяльності підприємства у вигляді множини бізнес-процесів (БП) та подальшому управлінні цими процесами [1].

Для реалізації ключових переваг процесного управління використовуються наскрізні бізнес-процеси (НБП). При проектуванні наскрізних БП організаційна структура підприємства не враховується, вони «пронизують» підрозділи, інтегруючи їх діяльність. Відповідальність за процес несе власник, який використовує інформацію про процеси, персонал, інфраструктуру, обладнання, технології і т.п. Тому зв'язок між підрозділами при побудові таких процесів трансформується в зв'язок між наскрізними бізнес-процесами. Тому при управлінні НБП потрібно враховувати як особливості поведінки окремих процесів, так і особливості взаємодії між ними, що потребує реалізації двоконтурного процесного управління. Внутрішній контур в даній концепції призначається для управління окремими наскрізними бізнес-процесами. Управління у внутрішньому контурі виконується традиційно для процесного підходу, за відхиленням показників бізнес-процесу. В залежності від величини відхилень показників БП виконуються управляючі дії, що забезпечують коригування або попередження відхилень. Контур прецедентного управління реалізує

управління множиною взаємодіючих бізнес-процесів, що передбачає вибір та запуск на виконання кожного бізнес-процесу з урахуванням обмежень по наявним ресурсам, що використовуються бізнес-процесами.

Ключова особливість даного контуру пов'язана з використанням прецедентів [2,3] у якості цільової моделі для запусканих бізнес-процесів. Однак моделі прецедентів в силу особливостей їх побудови не враховують конкуренцію бізнес-процесів за ресурси на поточному підприємстві. Тому проблема прецедентного управління множиною наскрізних БП пов'язана з розподілом часу використання ресурсів підприємства між процесами. Послідовність доступу до ресурсів визначає ефективність окремих БП. Зазначене свідчить про актуальність визначення порядку доступу до ресурсів на основі визначення пріоритетів процесу та його окремих дій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При управлінні наскрізними процесами використовуються такі підходи [1, 4]: інформаційний; на основі робочої групи; матричне управління; кураторство керівництвом підприємства; комбінований: управління власником з кураторством від вищого керівництва; управління через регламенти.

Ключові недоліки вказаних підходів відносно наскрізних бізнес процесів пов'язані з організацією доступу до ресурсів. Зокрема, інформаційний підхід

не передбачає контролю доступу до ресурсів. Підхід на основі робочої групи направлений на локальний контроль ресурсів. Результатом матричної організації управління є в розмиття прав та обов'язків співробітників підприємства, що призводить до конкурування за ресурси. При недостатці ресурсів власники можуть втратити контроль над бізнес-процесами. Комбінований підхід призводить до подвійного підпорядкування виконавців наскрізного БП. Управління наскрізними бізнес-процесами через регламенти потребує зміни регламенту у випадку оперативної адаптації наскрізного бізнес-процесу до змін у зовнішньому середовищі.

Таким чином, існуючі підходи до процесного управління не приділяють достатньо уваги формалізації та подальшій автоматизації доступу до ресурсів, за які конкурують бізнес-процеси.

**Метою цієї статті** є розробка методів, які б забезпечили організацію доступу наскрізних бізнес-процесів до загальних ресурсів підприємства на основі динамічного визначення пріоритетів використання ресурсів з тим, щоб зменшити загальний час очікування та задовільнити обмеження на тривалість виконання НБП.

**Задача прецедентного управління.** Об'єктом прецедентного управління є сукупність наскрізних бізнес-процесів, причому цільова модель кожного з них представлена прецедентом. Задача прецедентного управління є задачею зміни складу множини бізнес-процесів, що виконуються, з метою мінімізації часу очікування ресурсів при обмеженнях на час виконання кожного з цих процесів:

$$\min \left( \sum_i \tau_i^{wf} \right) \mid \forall Bp_i \tau_i \leq \tau_i^{\max}, \quad (1)$$

де  $\tau_i^{wf}$  – сумарний час очікування ресурсів для бізнес-процесу  $Bp_i$ ;  $\tau_i$  – загальний час виконання бізнес-процесу  $Bp_i$ ;  $\tau_i^{\max}$  – обмеження на час виконання бізнес-процесу  $Bp_i$ .

Час очікування для кожного бізнес-процесу визначається як сумарний час очікування доступу до ресурсів.

Наскрізні бізнес-процеси в задачах прецедентного управління характеризуються наборами послідовностей дій, також поточним станом (виконаними діями). Інформація про наскрізні бізнес-процеси містить у собі наступні складові:

- підмножина набору прецедентів  $M = \{M_n\}$  НБП, що виконуються на момент уточнення пріоритетів;
- інформація про поточний стан кожного з бізнес-процесів, що виконуються в момент визначення пріоритетів; поточний стан характеризується діями процесу, що були виконані до моменту визначення пріоритетів;
- перелік загальних ресурсів підприємства, які використовуються декількома наскрізними бізнес-процесами; такі ресурси виступають в якості обмежень для НБП;

- інформація про нові НБП, які планується запуснути на виконання; поточний стан кожного такого процесу визначається як готовність до виконання першої дії на заданій множині послідовностей дій  $wf_i$ .

Прецеденти задають порядок та послідовність виконання робіт для декількох варіантів реалізації бізнес-процесу. Для кожної дії процесу визначаються необхідні ресурси, що дає можливість упорядкувати доступ до ресурсів підприємства шляхом визначення пріоритетів для кожного НБП відносно кожного спільного ресурсу  $r_j$ .

Для вирішення задачі прецедентного управління необхідно отримати пріоритети доступу до кожного спільного ресурсу  $r_j$  з тим, щоб мінімізувати відхилення від заданих строків виконання наскрізного бізнес-процесу.

Модель наскрізного бізнес-процесу в рамках даної задачі може бути відображена у вигляді множини альтернативних послідовностей  $wf_i$  дій  $p_{i,l} = w_{i,l} X o_{i,l}$ , кожна з яких складається з інтервалів очікування ресурсів та виконання дій:

$$Bp = \bigvee_{i=1}^l wf_i, \quad (2)$$

$$wf_i = w_{i,1} X o_{i,1} X w_{i,2} X o_{i,2} X \dots X w_{i,l} X o_{i,l} X \dots X w_{i,L} X o_{i,L},$$

де  $w_{i,l}$  – інтервал очікування  $l$  – дії  $i$  – процесу;  $o_{i,l}$  –  $l$  – дія  $i$  – процесу.

Такі послідовності дій можуть частково співпадати. Однак тривалість інтервалів очікування і тривалість дій відповідно залежить від порядку доступу до спільних ресурсів підприємства. Тому при виконанні кожної послідовності  $wf_i$  для дій  $p_{i,l}$  доцільно обчислювати інтервал очікування з урахуванням пріоритету доступу до підмножини ресурсів  $r_j$ :

$$p_{i,l} = w_{i,l}^{k,j} X o_{i,l}^{k,j}, \quad (3)$$

де  $j$  – індекс підмножини ресурсів, що потрібні для виконання дії  $p_{i,l}$ ,  $k$  – пріоритет доступу до ресурсів  $r_j$  для дії  $p_{i,l}$ .

НБП мають такі особливості:

- дії  $p_{i,l}$ , що використовують спільну підмножину ресурсів  $r_j$ , належать до різних бізнес-процесів;
- пріоритети доступу до ресурсів визначаються не для процесу в цілому, а для його окремих дій, а також можуть змінюватись у ході виконання бізнес-процесів з метою мінімізувати час очікування ресурсів при обмеженнях на час виконання кожного БП;
- при реалізації кожного бізнес-процесу в кожний момент часу виконується лише одна послідовність дій  $wf_i$ ;
- внаслідок того, що послідовності  $wf_i$  можуть мати спільні дії, потрібно враховувати всі такі

послідовності; по мірі виконання процесу кількість послідовностей, що відображають можливі варіанти розвитку процесу, зменшується.

На рис. 1 наведено приклад поєднання трьох послідовностей дій в єдиній моделі процесу. Перша та друга дія належать до всіх послідовностей, тому необхідно вибирати пріоритети для дій з  $wf_1$ ,  $wf_2$  і  $wf_3$  з урахуванням сумарного часу затримки та обмежень на час виконання для всіх трьох послідовностей. Якщо ж при реалізації НБП виконується дія  $p_{3,3}$ , то це означає, що в даній реалізації процес використовує лише послідовність  $wf_3$ , тому для дій з послідовностей  $wf_1$  і  $wf_2$  пріоритети доступу до ресурсів можна не визначати.

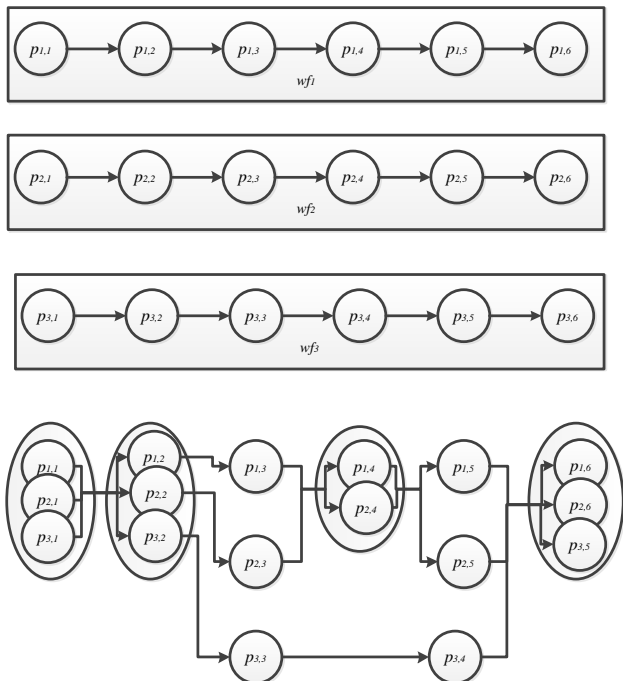


Рис. 1 – Поєднання послідовностей дій в моделі бізнес-процесу

**Метод визначення пріоритетів доступу до ресурсів для наскрізних БП без урахування обмежень на час їх виконання.** Загальний зв'язок між пріоритетами та послідовністю доступу бізнес-процесів до ресурсів підприємства має такий вигляд.

Дія з першим пріоритетом отримує ресурс без затримки, тобто:

$$\tau(w_{i,l}^{1,j}) = 0, \quad (4)$$

де  $\tau(w_{i,l}^{1,j})$  - тривалість інтервалу очікування.

Дія з другим пріоритетом отримує ресурс із затримкою, щонайменше рівною тривалості дії з першим пріоритетом:

$$\tau(w_{i,l}^{2,j}) \geq \tau(o_{i,l}^{1,j}), \quad (5)$$

Аналогічно, дії з меншими пріоритетами очікують виконання дій з більшими пріоритетами:

$$\tau(w_{i,l}^{k+1,j}) \geq \tau(w_{i,l}^{k,j}) + \tau(o_{i,l}^{k,j}), \quad (6)$$

Приклад додатку затримок на основі вибору пріоритетів доступу до підмножини ресурсів наведено на рис. 2.

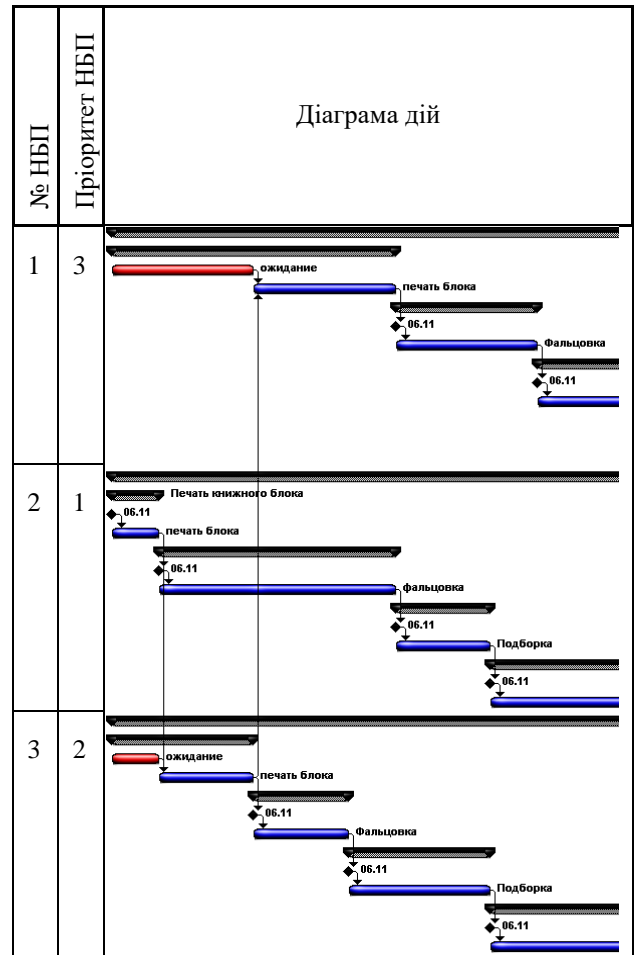


Рис. 2 – Визначення затримок доступу до підмножини ресурсів з урахуванням пріоритетів окремих дій процесу

Запропонований метод визначення пріоритетів містить у собі наступні базові етапи.

Етап 1. Вибір підмножини ресурсів  $r_j$  для визначення пріоритетів за критерієм найменшої відстані від моменту визначення пріоритетів до моменту його використання на часовій шкалі.

Етап 2. Попереднє визначення пріоритетів для дій кожного НБП з використанням підмножини ресурсів  $r_j$ , за критерієм  $\min \sum_{Bp, wf_i} \tau(w_{i,l}^{k+1,j})$ .

Особливість даного етапу полягає в тому, що розрахунок критерію виконується для кожної комбінації послідовностей дій бізнес-процесів з урахуванням виразу (2).

Етап 3. Відбір такої комбінації допустимих послідовностей дій з різних бізнес-процесів із встановленими пріоритетами, що забезпечує

виконання

критерію:

$$\max_l \sum \tau(w_{i,l}^{k+1,j}) \left| \min_{Bp, wf_i} \left( \sum \tau(w_{i,l}^{k+1,j}) \right) \forall r_j \right.$$

ключову характеристику, за якою оцінюється бізнес-процес – ступінь задоволення клієнта.

**Метод корегування пріоритетів доступу до ресурсів для наскрізних БП з урахуванням обмежень на час їх виконання.**

Попередній метод дає можливість мінімізувати час очікування ресурсів на множині прецедентів бізнес-процесів, що виконуються на підприємстві в момент розрахунку. Однак досягнення глобального мінімуму  $\min(\sum_i \tau_i^{wf})$  часу очікування ресурсів по всім

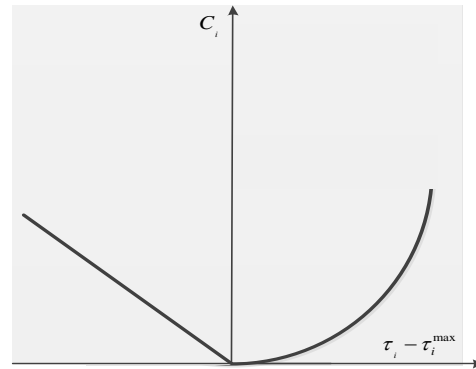


Рис. 3 – Функція оцінювання часу очікування ресурсів з урахуванням обмежень на час виконання НБП

$Bp_i$  відповідно до (1) не гарантує виконання обмежень  $\tau_i \leq \tau_i^{\max}$  для всіх НБП. Також слід зазначити, що більш раннє виконання бізнес-процесу, тобто  $\tau_i < \tau_i^{\max}$ , може свідчити про неефективне використання ресурсів. Зокрема, зменшення часу очікування для поточного процесу призводить до збільшення  $\tau_i^{wf}$  для інших процесів, що одночасно з поточним використовують ті ж самі ресурси.

Таким чином, доцільно розширити обмеження із виразу (1) з метою виконання бізнес-процесів за технологією «just in time». Формально задача прецедентного управління у формі «just in time» має такий вигляд:

$$\min(\sum_i \tau_i^{wf}) \text{ if } \forall Bp_i \left| \tau_i - \tau_i^{\max} \right| < \varepsilon, \quad (7)$$

де  $\varepsilon \rightarrow 0$  – відхилення у строках виконання наскрізного бізнес-процесу.

Для задачі у наведеній постановці функція оцінювання часу очікування ресурсів  $i$  – послідовності дій бізнес-процесу має наступний вигляд:

$$C_i = \begin{cases} \sum_{j=1}^J \tau_i - \tau_i^{\max} + \tau_{ij}^{wf} \left| \tau_i < \tau_i^{\max} \right. \\ \sum_{j=1}^J (\tau_i - \tau_i^{\max} - \tau_{ij}^{wf})^2 \left| \tau_i > \tau_i^{\max} \right. \end{cases} \quad (8)$$

де  $\tau_i^{\max}$  – обмеження на час виконання  $i$  - бізнес-процесу, що задаються ОПР;  $\tau_i$  – час виконання  $i$  - бізнес-процесу за результатами оптимізації використання ресурсів, без урахування обмежень  $\tau_i^{\max}$ ;  $\tau_{ij}^{wf}$  – час очікування  $j$  – ресурсу  $i$  – послідовною дій бізнес-процесу.

Дана функція визначає величину «штрафів» при відхиленні строків виконання бізнес-процесу від запланованих. Несвоєчасне виконання оцінюється пропорційно квадрату відхилення (рис. 3), оскільки призводить до несвоєчасної поставки клієнтові результатів бізнес-процесу  $i$ , як наслідок, до суттєвих додаткових втрат на підприємстві.

Більш швидке виконання НБП оцінюється пропорційно значенню відхилення, оскільки призводить до менш ефективного використання ресурсів на підприємстві, однак не впливає на

З виразу (8) видно, що у випадку перевищення строків виконання необхідно підвищувати пріоритети доступу цього НБП до ресурсів  $r_j$  з метою зменшення часу затримки  $\tau_{ij}^{wf}$ . У випадку дострокового виконання  $Bp_i$  навпаки, потрібно знизити пріоритети доступу до ресурсів  $r_j$  з тим, щоб звільнити обладнання для обробки можливих додаткових завдань (нових заказів від клієнтів).

Запропонований метод уточнення пріоритетів доступу до ресурсів для наскрізних БП з урахуванням обмежень на час їх виконання містить у собі наступні етапи.

Етап 1. Початковий розрахунок критерію несвоєчасності виконання  $\Delta_i$  для кожної допустимої послідовності дій  $wf_i$  кожного  $Bp$ , що виконується на підприємстві в момент розрахунку:

$$\Delta_i = \begin{cases} \left| \tau_i - \tau_i^{\max} \right| \text{ if } \Delta_i > \varepsilon \\ 0 \text{ if } \Delta_i < \varepsilon \end{cases} \quad (9)$$

Етап 2. Вибір НБП, що має послідовність дій з максимальним значенням показника  $\Delta_i$ .

Етап 3. Вибір ресурсу  $r_j$  для зміни пріоритету доступу для процесу  $Bp_i$  за критерієм:

$$\begin{cases} \min \left| \tau_i - \tau_i^{\max} - \tau_{ij}^{wf} \right| \text{ if } \tau_i > \tau_i^{\max}, \\ \min \left| \tau_i - \tau_i^{\max} + \tau_{ij}^{wf} \right| \text{ if } \tau_i < \tau_i^{\max} \end{cases} \quad (10)$$

Етап 4. Встановлення максимально можливого пріоритету  $Pr_j^i$  використання ресурсу  $r_j$  процесом  $Bp_i$  відповідно до виразу:

$$Pr_j^i = \begin{cases} 1, \text{ if } \forall Bp_k \Delta_i > \Delta_k \\ \min(Pr_j^k) - 1, \text{ if } \exists Bp_k \Delta_i < \Delta_k \end{cases} \quad (11)$$

Етап 5. Зміна пріоритетів інших процесів за умови  $Pr_j^i \geq Pr_j^k$ .

Етап 6. Поточний розрахунок  $\Delta_i$  для всіх процесів, що виконуються.

Етап 7. Перевірка умови  $\Delta_i < \varepsilon$  для поточного НПП. Якщо виконується, то перехід до етапу 2.

Етап 8. Перевірка множини ресурсів, що використовує поточний процес. Якщо всі ресурси розглянуто, то визначення поточного процесу як такого, що не задовольняє обмеженням.

Етап 9. Перевірка множини процесів з  $\Delta_i > 0$ . Якщо не всі процеси розглянуто, то перейти до етапу 2.

**Висновки.** Розроблено методи динамічного визначення пріоритетів доступу до ресурсів в задачах прецедентного управління наскрізними бізнес-процесами. Перший метод призначений для визначення пріоритетів доступу до ресурсів для наскрізних БП без урахування обмежень на час їх виконання. Метод дозволяє підвищити ефективність використання ресурсів підприємства шляхом мінімізації сумарного часу очікування кожного з цих ресурсів. Другий метод направлений на корегування пріоритетів доступу до ресурсів для наскрізних БП з урахуванням обмежень на час їх виконання. Метод послідовно коригує пріоритети доступу до ресурсів для окремих дій кожного процесу з тим, щоб зменшити відхилення розрахованого строку виконання БП від запланованого.

#### Список литературы

1. *Vom Brocke J. Handbook on Business Process Management 1. Introduction, Methods, and Information Systems / J. vom Brocke, M. Rosemann. – Berlin: Springer-Verlag, 2015. – 709 p.*
2. *Weske M. Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures. Second Edition / M. Weske. – Berlin: Springer-Verlag, 2012. – 403 p.*
3. *Kolodner J. L. Case-Based Reasoning/ J. L. Kolodner // San Mateo, CA: Morgan Kaufmann, 1993. – 668 p.*
4. *Varshavskii P. R. Modeling of case-based reasoning in intelligent decision support systems / P. R. Varshavski, A. P. Eremeev // Scientific and Technical Information Processing. Vol. 37, 2010 – P. 336–345.*
5. *Emerson E. A. Temporal Modal Logic / E. A. Emerson// Handbook of Theoretical Computer Science, 1990. – P. 997–1071.*

#### References (transliterated)

1. *Vom Brocke J. Handbook on Business Process Management 1. Introduction, Methods, and Information Systems. Berlin, Springer-Verlag Publ., 2015. 709 p.*
2. *Weske M. Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures. Berlin, Springer-Verlag Publ., 2012. 403 p.*
3. *Kolodner J. L. Case-Based Reasoning. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publ., 1993. 668 p.*
4. *Varshavskii P. R. Modeling of case-based reasoning in intelligent decision support systems. Scientific and Technical Information Processing. 2010, no. 37, pp. 336–345.*
5. *Emerson E. A. Temporal Modal Logic. Handbook of Theoretical Computer Science, 1990. pp. 997–1071.*

Поступила (received) 10.11.2017

#### Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

**Побудова ситуаційного представлення знань на основі аналізу логів / С. Ф. Чалий, І. В. Левикін // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 51 (1272). – С. 53–57. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2079-0023.**

**Методы динамического определения приоритетов доступа к ресурсам в задачах прецедентного управления сквозными бизнес-процессами / С. Ф. Чалий, И. В. Левыкин // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 51 (1272). – С. 53–57. – Библиогр.: 5 назв. – ISSN 2079-0023.**

**Dynamic determination of resource access priorities using precedents in business process management tasks / S. F. Chaly, I. V. Levykin // Bulletin of National Technical University "KhPI". Series: System analysis, control and information technology. – Kharkov : NTU "KhPI", 2017. – No. 51 (1272). – P. 53–57. – Bibliogr.: 5. – ISSN 2079-0023.**

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Чалий Сергій Федорович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційних управляючих систем Харківського національного університету радіоелектроніки, м. Харків, тел.: (057) 702-14-51; e-mail: serhii.chalyi@nure.ua.

**Левикін Ігор Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри медіасистем та технологій Харківського національного університету радіоелектроніки, м. Харків, тел.: (057) 702-18-91; e-mail: ihor.levykin@nure.ua.

**Чалий Сергей Федорович** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных управляющих систем Харьковского национального университета радиоэлектроники, г. Харьков, тел.: (057) 702-14-51; e-mail: serhii.chalyi@nure.ua.

**Левыкин Игорь Викторович** – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры медиасистем и технологий Харьковского национального университета радиоэлектроники, г. Харьков, тел.: (057) 702-18-91; e-mail: ihor.levykin@nure.ua.

**Chalyi Serhii** – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Information Control Systems of the Kharkiv National University of Radioelectronics, c. Kharkiv, (057) 702-14-51; e-mail: serhii.chalyi@nure.ua.

**Levykin Ihor** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Media Systems and Technologies of the Kharkiv National University of Radioelectronics, c. Kharkiv, (057) 702-18-91; e-mail: ihor.levykin@nure.ua.