

В. М. ЛЕВИКІН, О. В. ЧАЛА

МОДЕЛЬ БАЗИ ЗНАТЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРОЦЕСНОГО УПРАВЛІННЯ

В роботі розроблено представлення знань для інформаційної системи процесного управління. Зазначене представлення знань містить у собі набір артефактів, з якими взаємодіє бізнес-процес, а також залежності між цими артефактами і між значеннями їх атрибутів. Артефакти включають в себе будь-які сутності, що використовуються процесом. Відносини між артефактами підрозділяються на статичні обмеження, а також правила вибору дій і об'єктів, що залежать від часу. Розроблене представлення може бути побудовано на основі аналізу логів бізнес-процесів методами інтелектуального аналізу процесів і даних. Запропоновано модель бази знань ІС процесного управління. Модель включає в себе розроблене представлення знань, а також набір операцій з визначення властивостей артефактів, побудови і уточнення представлення знань. Модель забезпечує можливість інкрементного поповнення бази знань по мірі виконання бізнес-процесів.

Ключові слова: база знань, інтелектуальний аналіз процесів, процесне управління, контекст, артефакт.

В работе предложено представление знаний для информационной системы процессного управления. Данное представление знаний включает в себя набор артефактов, с которыми взаимодействует бизнес-процесс, а также зависимости между этими артефактами и между значениями их атрибутов. Артефакты включают в себя любые используемые процессом сущности. Отношения между артефактами подразделяются на статические ограничения и зависящие от времени правила выбора действий и объектов. Разработанное представление может быть построено на основе анализа логов бизнес-процессов методами интеллектуального анализа процессов и данных. Предложена модель базы знаний ИС процессного управления. Модель включает в себя разработанное представление знаний, а также набор операций по извлечению свойств артефактов, построению и уточнению представления знаний. Модель обеспечивает возможность инкрементного пополнения базы знаний по мере выполнения бизнес-процессов.

Ключевые слова: база знаний, интеллектуальный анализ процессов, процессное управление, контекст, артефакт.

In this paper, knowledge representation for the information system of process control is offered. This knowledge representation includes a set of artifacts with which the business process interacts, as well as the relationships between these artifacts and between the values of their attributes. Artifacts include any entities used by the process. The relationship between artifacts is divided into static constraints and time-dependent rules for selecting actions and objects. The developed view can be built on the basis of analyzing the logs of business processes using methods of intelligent analysis of processes and data. A model of knowledge base IP of process control is proposed. The model includes the developed representation of knowledge, as well as a set of operations for extracting the properties of artifacts, constructing and refining the knowledge representation. The model provides an opportunity for incremental replenishment of the knowledge base as the business processes are carried out.

Keywords: knowledge base, intelligent process analysis, process control, context, artifact.

Вступ. Системи процесного управління передбачають виділення в діяльності підприємства та побудову моделей множини бізнес-процесів (БП). Кожен з бізнес-процесів описує послідовність дій, необхідну для вирішення відповідної функціональної задачі без врахування зв'язку з організаційною структурою підприємства [1].

Процесне управління підприємством виконується за допомогою управління бізнес-процесами з використанням їх моделей [2]. При використанні процесного підходу реалізується управління по відхиленню, що в умовах постійних змін вимог ринку, складу виконавців, заміни ресурсів процесу потребує постійного контролю адекватності моделей бізнес-процесів.

Вирішення цієї проблеми для класу знання-ємних бізнес-процесів (ЗБП) пов'язане зі значними труднощами, тому що такі процеси можуть змінювати задану в моделі послідовність дій на основі рішень виконавців (knowledge workers) [3]. В результаті знижується адекватність процесної моделі.

При ухваленні рішень про зміну ходу виконання ЗБП виконавці використовують як загальнодоступні явні знання, так і персональні знання і досвід [4]. Персональні знання зазвичай містять у собі недокументовані бізнес-правила, а також шаблони виконання дій, і тому не включаються в модель бізнес-процесу при її створенні і конфігурації.

Таким чином, при реалізації управління гнучкими бізнес-процесами, що адаптуються на основі знань, актуальною є проблема виділення, формалізації і використання знань для забезпечення адекватності

процесної моделі. Відзначимо, що традиційні методи виявлення знань вимагають значних витрат людських ресурсів, що свідчить про актуальність використання альтернативних підходів до виявлення знань, зокрема на основі аналізу поведінки бізнес-процесів при процесному управлінні.

Для вирішення наведеної проблеми необхідно представити знання бізнес-процесу окремо від його традиційної моделі, у вигляді окремої бази знань (БЗ), що містить патерни та правила вибору дій процесу, а також обмеження на виконання таких дій. Структура такої БЗ значною мірою залежить від особливостей бізнес-процесів, вхідних даних, що використовуються для виявлення знань, а також підходів до побудови та постійного поповнення бази знань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ключова особливість гнучких знання-ємних бізнес-процесів полягає в тому, що при їх виконанні і адаптації використовуються як явні такі неявні знання [3]. При цьому неявні патерни управління, а також обмеження на виконання БП відбивають персональний досвід виконавців і мають наступні характеристики [4, 5]:

- враховують поточний стан контексту виконання бізнес-процесу;
- представлені в неявному виді;
- не відбиті в його формальній моделі.

Вказані особливості процесного підходу для гнучких знання-ємних бізнес-процесів показують, що виконавці можуть підвищити ефективність процесного управління за рахунок використання нових шаблонів і правил в порівнянні з представленими у фор-

мальній моделі [4].

Для того, щоб включити додаткові можливості в модель, необхідно виділити відповідні знання і представити їх у формальному виді – тобто провести екстерналізацію знань, після чого доповнити базу знань інформаційної системи. Завдання екстерналізації і формування бази знань вимагають розробки відповідних формальних принципів і підходів [6].

Можливість виділення розглянутих знань забезпечується тим, що до складу інформаційно-управляючої системи зазвичай входить модуль запису логів. Тому у системах процесного управління сліди застосування розглянутих неявних знань відображаються у логах бізнес-процесів. Це забезпечує умови для виявлення і подальшої формалізації неявних залежностей на основі аналізу логів БП методами інтелектуального аналізу процесів (process mining) [7]. Потім виділені залежності можуть бути включені до складу бази знань ІУС.

Проте питання побудови баз знань інформаційних систем процесного управління на основі аналізу логів процесів нині розроблені недостатньо.

Метою цієї статті є побудова моделі бази знань інформаційної системи процесного управління, яка забезпечувала б поповнень знань на основі аналізу поведінки бізнес-процесів, представленої у форматі логів ІУС.

Знання, що забезпечують підтримку процесного управління, задають як обмеження на хід виконання ЗБП, так і нові, не враховані в апріорній моделі бізнес-процесу, можливості ефективного управління в залежності від поточного контексту виконання дій.

Вимоги до представлення і виділення знань при управлінні гнучкими багатоваріантними бізнес-процесами. Структура гнучких знання-емних БП відрізняється від структури традиційного бізнес-процесу з апріорно заданою послідовністю дій. Останній зазвичай описується за допомогою набору моделей, що відображають різні аспекти функціонування БП: процесів, даних, функцій, входів і виходів, а також моделі організації, в якій виконується процес. Недолік такої структуризації стосовно заснованих на знаннях бізнес-процесів полягає в наступному.

При побудові моделей традиційних БП з заданим набором послідовностей дій залежності, що визначають вибір цих дій, а також обмеження на виконання дій розподілені по різних аспектах процесу. Це створює труднощі при оперативному вдосконаленні гнучких процесів на основі знань виконавців.

Запропонована структуризація гнучкого знання-емного бізнес-процесу дозволяє виділити три ключові компоненти в його структурі: контекст процесу; набір патернів, правил і обмежень, що визначають вибір дій, з урахуванням поточного стану контексту та його елементів; набір послідовностей дій бізнес-процесу у вигляді його workflow (ланцюжків робіт).

Вказана структура забезпечує можливість виділення знань на основі аналізу поведінки процесу і подальшого доповнення моделі шляхом включення до неї нових залежностей, які дозволяють або обмежують

використання послідовностей дій в конкретному контексті.

Слід зазначити, що традиційна структура бізнес-процесу зводиться до запропонованої схеми шляхом застосування орієнтованого на артефакти опису контексту [8]. Артефактами в даному випадку є об'єкти предметної області, що використовуються бізнес-процесом, або впливають на хід виконання бізнес-процесу. Стан контексту визначається станом артефактів і взаємозв'язками між ними. Стан артефактів визначається поточними значеннями їх атрибутів.

Тому у формі артефактів можуть бути представлені не лише матеріали, комплектуючі, підрозділи організації, виконавці користувачі, обладнання, інфраструктура, але і окремі дії процесу.

В умовах змін вимог ринку, складу виконавців, обладнання, та інших ресурсів бізнес-процесу знижується адекватність його моделі. Тому при управлінні з використанням знань виконується постійне вдосконалення бізнес-процесів. Таке удосконалення передбачає інкрементне доповнення рівня знань процесної моделі виявленими залежностями. У модель при цьому включаються як відомі формальні, так і екстерналізовані неформальні знання виконавців. Під екстерналізацією розуміють перетворення неявних знань в явний, документований вигляд.

Для обґрунтування запропонованої структури бази знань інформаційної системи процесного управління деталізуємо особливості використання, представлення і виявлення знань при управлінні знання-емними бізнес-процесами.

По-перше, знання можуть бути застосовані для вирішення таких завдань процесного управління:

- підтримки виконання БП;
- реорганізації або реінжинірингу процесу зі зміною окремих послідовностей дій або моделі процесу в цілому;
- отримання результатів процесу.

По-друге, при управлінні ходом виконання ЗБП можуть бути використані два види знань:

- формалізовані (чи документовані) знання, які включені до моделі бізнес-процесу;
- персональні знання виконавців, формалізація яких традиційними методами пов'язана зі значними труднощами.

По-третє, знання для вказаних процесів можуть бути отримані та використані двома різними способами:

- як результат (вихід) бізнес-процесу, отриманий внаслідок його успішного завершення;
- в якості результату дій персоналу, дій ЗБП, що призводять до зміни алгоритму, під час його виконання; при цьому використовуються формалізовані досвід і персональні знання виконавців процесу.

Виходячи із запропонованої структуризації знання-емного бізнес-процесу, знання у БЗ повинні відображати такі його структурні особливості, що забезпечують можливість адаптивного процесного управління:

- залежності між діями процесу, які формують його послідовність робіт (workflow);

– залежності між об'єктами процесу; під ними розумітимемо усі сутності предметної області, з якими взаємодіє (наприклад, використовує) ЗБП;

– залежності між об'єктами і діями процесу, які визначають можливі послідовності операцій процесу залежно від наявності і стану пов'язаних з цими діями об'єктів;

– залежності між діями декількох процесів, що виконуються паралельно.

Надалі і об'єкти і дії розглядатимемо як артефакти бізнес-процесу.

Таким чином, знання у БЗ інформаційної системи процесного управління повинні характеризуватися наступними ключовими властивостями:

– контекстна залежність;

– наявність правил, патернів вибору дій, а також обмежень на допустимі в конкретному контексті дії.

Залежність від **контексту** показує, що при виконанні дій процесу необхідно враховувати сукупність артефактів, з якими взаємодіє бізнес-процес, а саме:

– залежності між артефактами предметної області;

– поточний стан цих артефактів.

Виконаний аналіз особливостей представлення, використання і виявлення знань при процесному управлінні дозволяє сформулювати наступні вимоги до завдань формування і поповнення бази знань інформаційної системи:

– виділення знань як окремої складової гнучких багатоваріантних бізнес-процесів;

– розподіл необхідних для реалізації процесного управління знань на патерни вибору послідовностей дій бізнес-процесу і обмеження на виконання таких дій;

– необхідність постійного уточнення складової знань на основі зіставлення планової поведінки бізнес-процесу, що задається його моделлю, а також його поточної поведінки, зафіксованої у формі послідовності подій в його лозі (реєстраційному журналі);

– забезпечення можливості екстерналізації знань, які були використані виконавцями для зміни поведінки ЗБП засобами інтелектуального аналізу даних і процесів.

Модель бази знань інформаційної системи процесного управління. В якості вхідної інформації при побудові бази знань ІС процесного управління можуть бути використані як неструктуровані, так і структуровані дані.

Логи інформаційних систем процесного управління структурують дані про виконання БП по окремих процесах. Кожен екземпляр процесу, що був виконаний, фіксується у вигляді впорядкованої за часом послідовності подій. Тому такі логи розглядатимемо як структуровані вхідні дані.

Дані у логах інформаційних систем, що реалізують функціональне управління, розглядатимемо як неструктуровані. У таких логах події зазвичай впорядковані в часі, але не пов'язані з конкретними процесами. Тобто лог містить «змішану» послідовність подій, які відображують виконання різних функціональних задач.

Структуровані початкові дані можуть бути використані при доповненні бази знань і відповідному уточненні моделей бізнес-процесів, а неструктуровані – при вирішенні задачі переходу до процесного управління, первинній побудові бази знань і формуванні прототипів процесних моделей.

Результуюча структура бази знань базується на реляційній моделі, та містить інформацію про властивості артефактів предметної області, а також зв'язки між цими артефактами. Можливість такого узагальнення представлення знань виникає внаслідок того, що в якості артефактів розглядаються не тільки об'єкти, що використовуються бізнес-процесом, але і його дії. Тому знання про статичні і динамічні властивості БП як об'єкту управління можуть бути представлені єдиним чином.

Відповідно до розглянутих особливостей представлення знань в системах процесного управління, для зберігання інформації і знань про артефакти у базі знань доцільно використовувати елементи наступних базових типів:

– артефакт;

– залежність між артефактами;

– атрибут артефакту;

– залежність між атриб. Af утами.

Тоді представлення знань для інформаційної системи процесного управління має вигляд:

$$Kr = \{Af, R\}, \quad (1)$$

де – множина артефактів, які характеризуються набором своїх атрибутів;

R – множина зв'язків між артефактами і їх атрибутами.

Кожен з артефактів характеризується множиною атрибутів і їх можливих значень:

$$Af = \{Af_i\}, Af_i = \{a_{ij}\}, a_{ij} = \{v_{ij}^m\}, \quad (2)$$

де Af_i – артефакт предметної області;

a_{ij} – атрибут артефакту;

v_{ij}^m – значення атрибута артефакту; Af

Множина відношень представляється наступним чином:

$$R = \{ \langle a_{ij}, a_{lk} \rangle \} \cup \{ \langle v_{ij}^s, v_{lk}^n, \{t_m\} \} | t_m \in T \}, \quad (3)$$

де $\langle a_{ij}, a_{lk} \rangle$ – впорядковане відношення між атрибутами артефактів;

$\langle v_{ij}^s, v_{lk}^n, \{t_m\} \rangle$ – відношення між значеннями атрибутів;

$\{t_m\}$ – множина моментів часу, для яких виконується відношення між значеннями атрибутів;

T – множина міток часу для зафіксованих у файлі логу подій.

Таким чином, представлення знань Kr включає як статичні залежності між атрибутами артефактів, так і залежності між значеннями цих атрибутів, що змінюються протягом часу.

Тоді зв'язки між артефактами (або атрибутами) можна розглядати в якості обмежень, а зв'язки між значеннями атрибутів – в якості правил (шаблонів) вибору дій.

Наприклад, зв'язки між найменуваннями операцій і конкретною роллю, а також ім'ям виконавця задають правило пріоритетного вибору конкретного працівника на певну роль при виконанні заданої операції бізнес-процесу.

З урахуванням приведеної семантики відношень (3) представлення знань приймає наступний вигляд:

$$\begin{aligned} Kr &= \{Af, RI, Cn\}, \\ Cn &= \{Cn_d\}, Cn_d = \langle a_{ij}, a_{lk} \rangle \\ RI &= \{RI_z\}, RI_z = \langle v_{ij}^s, v_{lk}^n, \{t_m\} \rangle | t_m \in T \end{aligned} \quad (4)$$

де Cn – залежності, що визначають обмеження на виконання бізнес-процесу;

RI – правила, що задають вибір конкретних артефактів (наприклад, виконавців, дій) при виконанні процесу.

Оскільки відносини для правил і обмежень задають порядок між атрибутами їх значеннями відповідно, то окремі елементи Cn и RI доцільно перевизначити наступним чином:

$$Cn_d \equiv a_{ij} \Rightarrow a_{lk}, \quad (5)$$

$$\begin{aligned} RI_z &\equiv v_{ij}^s \Rightarrow v_{lk}^n \mid \forall v_{ij}^s \exists t_{sm} \wedge \\ &\forall v_{lk}^n \exists t_{nm}, t_{sm}, t_{nm} \in T \end{aligned} \quad (6)$$

де t_{sm} – мітка часу події логу, в описі якої вказано значення v_{ij}^s атрибуту a_{ij} ;

t_{nm} – мітка часу події логу, в описі якої вказано значення v_{lk}^n атрибуту a_{lk} .

Основні операції, які забезпечують формування моделі подання знань Kr , включають в себе:

- виявлення атрибутів артефактів;
- узагальнення знань про предметну область у вигляді залежностей між артефактами і їх атрибутами;
- установка пріоритетів для залежностей в базі знань;
- ітеративне уточнення і доповнення залежностей.

Представлений вибір операцій базується як на особливостях вхідних даних – логу процесу, так і на ітеративному характері процесного управління: після завершення бізнес-процесу виконується аналіз його результатів та, при необхідності, коригування моделі. Знову процес запускається вже з уточненою моделлю.

Представлення знань (4), а також їх складових необхідно доповнити для того, щоб забезпечити можливість виконання введених операцій по роботі зі знаннями.

По-перше, введемо в узагальнені правила і обмеження:

$$Kr = \{Af, RI, Cn, RI^*, Cn^*\}, \quad (7)$$

де RI^* – інтегровані правила;

Cn^* – інтегровані обмеження.

Правила RI^* об'єднують кілька залежностей між атрибутами артефакту:

$$RI^* = \bigvee_i RI_i, \{RI_i\} \subset RI, \quad (8)$$

де RI_i – узагальнені правила.

Підмножина обмежень Cn_j узагальнюється аналогічно:

$$Cn^* = \bigvee_j Cn_j, \{Cn_j\} \subset Cn, \quad (9)$$

По-друге, для правил і обмежень задаються пріоритети.

По-третє, для кожного атрибута може бути задано кілька найменувань, що використовуються в логах бізнес-процесів.

База знань Kb інформаційної системи процесного управління включає в себе як представлення знань у формі (7), доповнене ваговими коефіцієнтами, так і розглянутий набір операцій по роботі з цим представленням:

$$Kb = \langle Kr^w, F \rangle, \quad (10)$$

де Kr^w – представлення знань з заданими для правил ваговими коефіцієнтами;

F – набір операцій по роботі с Kr^w .

Висновки. Розроблено представлення знань для інформаційної системи процесного управління. Зазначене представлення знань містить у собі набір артефактів, з якими взаємодіє бізнес-процес, а також зв'язки між цими артефактами. Артефакти включають в себе сутності, що використовуються процесом, зокрема виконавців, операції тощо. В рамках запропонованого опису знань кожен артефакт характеризується набором атрибутів, а також можливими значеннями цих атрибутів. Відносини між артефактами включають в себе статичні обмеження і правила вибору дій і об'єктів, що залежні від часу.

Розроблене представлення може бути побудовано на основі аналізу логів бізнес-процесів методами process, data mining.

Вперше запропоновано модель бази знань ІС процесного управління. Модель включає в себе розроблене представлення знань, а також набір операцій з виявлення властивостей артефактів, побудові і уточненню уявлення знань. Модель забезпечує можливість інкрементного поповнення бази знань і, на цій основі, підвищення ефективності процесного управління в умовах використання знань виконавців для впливу на хід виконання бізнес-процесу.

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. *Gronau N. KMDL-Capturing, Analysing and Improving Knowledge-Intensive Business Processes / N. Gronau, C. Müller, R. Korf // Journal of Universal Computer Science.* – 2005. – № 11 (4). – P. 452–472.
4. *Gronau N. Modeling and Analyzing knowledge intensive business processes with KMDL: Comprehensive insights into theory and practice (English) / N. Gronau.* – Gito, 2012. – 522 p.
5. *Ross R.G. Business Rule Concepts: Getting to the Point of Knowledge / R.G. Ross.* – Business Rule Solutions Incorporated, 2013. – 162 p.
6. *El-Den J.A. Tacit knowledge externalization among geographically distributed small groups/ J. A. El-Den.* – PhD Thesis's, University of Technology, Sydney, Australia, 2009. – 323 p.
7. *Van der Aalst W. M. P. Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes / W. M. P. Van der Aalst.* – Springer, Berlin Heidelberg, 2011. – 352 p.
8. *Cohn D. Business artifacts: A data-centric approach to modeling business operations and processes / D. Cohn, R. Hull // Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering.* – 2009. – № 32 (3). – P. 1–7.

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., 2007. 368 p.
3. *Gronau N., Müller C., Korf R. KMDL-Capturing, Analysing and Improving Knowledge-Intensive Business Processes. Journal of Universal Computer Science.* 2005. no. 11 (4), pp. 452–472.
4. *Gronau N. Modeling and Analyzing knowledge intensive business processes with KMDL: Comprehensive insights into theory and practice (English), Gito, 2012. 522 p.*
5. *Ross R.G. Business Rule Concepts: Getting to the Point of Knowledge, Business Rule Solutions Incorporated, 2013. 162 p.*
6. *El-Den J.A. Tacit knowledge externalization among geographically distributed small groups, PhD Thesis's, University of Technology, Sydney, Australia, 2009. 323 p.*
7. *Van der Aalst W. M. P. Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes, Springer, Berlin Heidelberg, 2011. 352 p.*
8. *Cohn D., Hull R. Business artifacts: A data-centric approach to modeling business operations and processes. Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering. 2009, no. 32(3), pp. 1–7.*

Надійшла (received) 22.05.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Модель бази знань інформаційної системи процесного управління / В. М. Левикін, О. В. Чала // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 28 (1250). – С. 74–78. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2079-0023.

Модель базы знаний информационной системы процессного управления / В. М. Левыкин, О. В. Чала // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – № 28 (1250). – С. 74–78. – Библиогр.: 8 назв. – ISSN 2079-0023.

Model of the knowledge base of the process management Information system / V. M. Levykin, O. V. Chala // Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, control and information technology. – Kharkov : NTU "KhPI", 2017. – No. 28 (1250). – P. 74–78. – Bibliogr.: 8. – ISSN 2079-0023.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Левикін Віктор Макарович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних управляючих систем Харківського національного університету радіоелектроніки, м. Харків, тел.: (057) 702-14-51; e-mail: levykinvictor@gmail.com.

Чала Оксана Вікторівна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних управляючих систем Харківського національного університету радіоелектроніки, м. Харків, тел.: (057) 702-14-51; e-mail: oksana.chala@nure.ua.

Левыкин Виктор Макарович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных управляющих систем Харьковского национального университета радиоэлектроники, г. Харьков, тел.: (057) 702-14-51; e-mail: levykinvictor@gmail.com.

Чала Оксана Викторовна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры информационных управляющих систем Харьковского национального университета радиоэлектроники, г. Харьков, тел.: (057) 702-14-51; e-mail: oksana.chala@nure.ua.

Levykin Viktor – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Control Systems of the Kharkiv National University of Radioelectronics, c. Kharkiv, (057) 702-14-51; e-mail: levykinvictor@gmail.com.

Chala Oksana – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Control Systems of the Kharkiv National University of Radioelectronics, c. Kharkiv, (057) 702-14-51; e-mail: oksana.chala@nure.ua.