

І. Г. Оксанич<sup>1</sup>  
О. П. Слюсаренко<sup>1</sup>  
І. В. Шевченко<sup>1</sup>

## ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНЦІЙ АГЕНТІВ У БАГАТОАГЕНТНІЙ СИСТЕМІ, ОРІЄНТОВАНІЙ НА ВИКОНАННЯ БІЗНЕС-ОПЕРАЦІЙ

<sup>1</sup>Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

*Роботизація організаційно-технічних систем передбачає використання програмних ботів для виконання окремих бізнес-операцій. Функціонування програмних ботів спільно з людиною-виконавцем породжує проблему формування компетенцій агентів у багатоагентній системі, що орієнтована на виконання бізнес-операцій. Важливою складовою процесів комунікації є проблемно-орієнтована анкетна мова, за допомогою якої з одного боку, користувач (майбутній h-агент) формує структуру та зміст компетенції щодо виконання певної бізнес-операції, а з другого боку здійснюється діалог між h-агентом та ботом (b-агентом). Тому розроблено комплекс моделей, за допомогою яких розв'язується задача побудови найбільш адекватної структури системи словесних образів, що відображає зміст бізнес-операції та інтерпретує словосполучення у процесі діалогу агентів. Для цього визначено набір операторів обробки тексту, необхідних для інтерпретації. Формальна модель інтерпретації словосполучень може застосовуватися в процесі навчання b-агента будь-якої ролі, а також й у процесі його функціонування сумісно з людиною та застосовуватись для будь-якої мови без використання граматичного аналізу. Для розробки інформаційної технології формування компетенцій агентів у багатоагентній системі запропоновано модель спеціалізованого сервісу організаційно-технічної системи, яка на відміну від існуючих заснована на використанні інтелектуального агента, і включає модель агента, модель компетенції агента, комплекс моделей інтерпретації природномовних словосполучень і базу знань, що дозволяє будувати контрольовану багатоагентну систему для виконання бізнес-процесів, яка швидко адаптується до нових бізнес-операцій. Запропоновано комплекс моделей формування компетенції інтелектуального агента, який на відміну від існуючих містить модель анкетної мови, концептуальну та формальну модель інтерпретації словосполучень, модель визначення найзначущих аспектів бізнес-операції та базу знань, що дозволяє швидко формувати різні компетенції агентів у діалозі між користувачем та агентом з мінімальним використанням мов програмування.*

**Ключові слова:** організаційно-технічна система, бізнес-операція, інтелектуальний агент, модель, база знань.

### Вступ

Необхідність підвищення ефективності бізнес-процесів зумовлює розвиток новітніх технологій автоматизації та роботизації організаційно-технічних систем (ОТС). При цьому такі технології повинні забезпечувати одночасну обробку різноманітних даних та можливість динамічного розширення функціональності в залежності від потреб бізнесу [1]. Сучасні ОТС у будь-якій галузі зазвичай мають у своєму складі досить багато елементів зі складною схемою взаємозв'язків. У задачах синтезу оптимальних виконавчих структур, здатних до адаптації при потоках заявок, що змінюються, важливо мати єдиний формальний опис, який охоплює ієрархічну структуру ОТС і множину паралельних зв'язків. Створення такого опису є досить складним завданням [2], [3]. Складності структурного синтезу виконавчих систем пов'язані в першу чергу з невизначеністю умов завдань проектування, коли в не повному обсязі конкретизовані моделі і алгоритми функціонування та взаємодії виконавчих структур [4], [5].

На сьогоднішній день за основу для подібних інформаційних інфраструктур використовують сервіс-орієнтовану архітектуру (англ. Service-Oriented Architecture, SOA), компонентну архітектуру сервісів (англ. Service Component Architecture, SCA) та мікросервісну архітектуру [6].

SOA є однією з найпоширеніших архітектурних концепцій програмного забезпечення, в основі якої лежить принцип використання розподілених, слабо пов'язаних та замінних компонентів зі стандартизованими інтерфейсами для взаємодії за стандартизованими протоколами. Термін SOA тісно переплітається з поняттям «веб-сервіси». Веб-сервіси у відповідності з принципами SOA базуються на відкритих стандартах, таких як Extensible Markup Language (XML) та можуть бути застосовані до всіх розподілених інформаційних систем і технологій, які використовуються бізнесом [7].

SCA є архітектурою, що заснована на SOA. SCA додає до SOA можливість ефективного керування складовими компонентами сервісів різного рівня складності та забезпечує інфраструктуру для уніфікованого обміну даними через сервіс об'єктів даних (англ. Service Data Object). З урахуванням розподіленої інфраструктури великих підприємств SOA/SCA мають переваги над традиційними архітектурами додатків, але так само, як й монолітні, SOA/SCA незахищені від впливу людського фактора на етапах розробки та використання [8], [9]. З цього боку, мікросервіси, як архітектура, мають сприятливіші можливості щодо зменшення залежності від розробників програмного забезпечення. Справа у тому, що інформаційна система на основі мікросервісної архітектури будується як набір невеликих сервісів, які побудовані з урахуванням бізнес-потреб підприємства та розгортаються незалежно, з використанням повністю автоматизованого середовища. Такий підхід дозволяє збільшити зв'язність системи та зменшує її зв'язаність. Це дозволяє додавати та змінювати функціональність системи у будь-який час та зменшує залежність від певного фахівця-розробника сервісу, який з певних причин може припинити розробку або підтримку сервісу [9].

З урахуванням вищевказаного, мікросервісна архітектура є сприятливим середовищем для розробки спеціалізованих сервісів підтримки процесів виконання бізнес-операцій в організаційно-технічних системах (ОТС). З іншого боку доцільно розглядати набір мікросервісів як множину агентів, кожний з яких має компетенцію щодо виконання певного класу бізнес-операцій (БО). Таким чином, комплекс мікросервісів можна розглядати як багатоагентну систему.

*Метою дослідження* є створення комплексу моделей, що різнобічно відображають компетенцію інтелектуального агента, якій реалізує певну бізнес-операцію під контролем користувача та моніторингового програмного забезпечення.

В процесі розробки інформаційної технології формування компетенцій агентів у багатоагентній системі виникли такі *задачі*:

- розробка моделі спеціалізованого сервісу ОТС;
- розробка моделі анкетної мови для спілкування агентів і супроводження процесу виконання бізнес-операцій;
- розробка концептуальної та формальної моделей інтерпретації словосполучень у процесі діалогу агентів;
- розробка моделі бази знань щодо розпізнавання послідовностей ключових слів та визначення актуальних аспектів поточної бізнес-операції.

Розглянемо розв'язання кожної задачі.

### Модель спеціалізованого сервісу ОТС як інтелектуального агента

Нехай структура ОТС є мережею автоматизованих робочих місць (АРМ), об'єднаних єдиною бізнес-логікою. Тоді інформаційну систему  $IS$ , що підтримує діяльність ОТС, представимо кортежем

$$IS = \langle S, K \rangle, \quad (1)$$

де  $S$  — сервіси, які забезпечують розв'язання конкретних бізнес-задач і задають логічну структуру та семантику реалізації інформаційної системи ОТС;  $K$  — множина компетенцій, необхідних для реалізації сервісів.

Формалізуємо визначення сервісу  $S$ , як засобу виконання певної БО. В загальному вигляді сервіс може бути представлений у вигляді кортежу сукупностей моделей  $M$ , методів  $MM$ , що реалізують бізнес-логіку операції та процедур (сценаріїв)  $MF$ , які забезпечують безпосереднє виконання БО. Таким чином, сервіс представимо за допомогою виразу [10]

$$S = \langle M, MM, MF \rangle. \quad (2)$$

З урахуванням того, що сервіс  $S$  реалізує бізнес-логіку певного додатку інформаційної системи, визначимо  $S$  як частину відповідної компетенції агента.

Визначимо спеціалізацію сервісу  $S$  під конкретну БО за допомогою визначення та специфікації моделей, методів та процедур. З урахування виразу (2) модель сервісу  $S^{BO}$  визначимо за допомогою виразу

$$S^{BO} = \langle M^{BO}, MM^{BO}, MF^{BO} \rangle. \quad (3)$$

Якщо йдеться про інтелектуального агента, якій виконує БО, то компетенцію агента представимо кортежем

$$K^{BO} = \langle S^{BO}, NB, DB \rangle, \quad (4)$$

де  $NB$  — база знань, що включає бібліотеку сценаріїв, які реалізують бізнес-логіку БО, а також засоби комунікації на проблемно-орієнтованій природній мові, а саме — словник, що включає необхідні ключові словосполучення (КСС), перелік аспектів БО та їх зв'язки з КСС;  $DB$  — база даних, що зберігає вхідні дані, а також вихідні та проміжні результати виконання БО.

Побудуємо також модель інтелектуального агента, яка включає множину компетенцій, множину ролей агентів, та інші складові та їх відношення. Запишемо теоретико-множинне подання агента у вигляді

$$M = \langle A, FA(SO), K, RA, CC, AM(S, RF) \rangle, \quad (5)$$

де  $A$  — множина ролей агентів;  $FA$  — множина функцій агента;  $SO$  — множина операцій для виконання певної функції;  $K$  — множина компетенцій агентів;  $RA \subseteq K \times FA$  — відображення множини компетенцій на множину функцій;  $CC$  — множина каналів комунікацій агентів;  $AM$  — автоматне ядро агента;  $S$  — множина станів ядра;  $RF \subseteq S \times SO$  — відображення множини станів на множину дій агента у конкретній ролі.

Після представлення моделі у такому вигляді, зрозуміло, що компетенції та автоматне ядро можна тиражувати у множині екземплярів, і це спрощує процес створення агентів. Розглянемо далі окремі модельні аспекти формування компетенції агента.

### Розробка моделі анкетної мови

Для реалізації компетенції необхідно мати засоби комунікації агентів різних ролей. Важливою складовою процесів комунікації є проблемно-орієнтована анкетна мова [11], за допомогою якої з одного боку, користувач (майбутній  $h$ -агент) формує структуру та зміст компетенції щодо виконання певної БО, а з другого боку здійснюється діалог між  $h$ -агентом та ботом ( $b$ -агентом). При цьому слід вимагати, щоб анкетна мова могла бути використана у будь-якому національному природномовному середовищі, і водночас, бути досить гнучкою для задоволення комунікаційних потреб агентів. Для виконання цих суперечливих вимог необхідно перш за все розробити комплекс моделей, за допомогою яких розв'язується задача побудови найадекватнішої структури системи словесних образів, що відображає зміст БО. Першою такою моделлю і є модель анкетної мови. Модель мови — «властива певній мові парадигматична схема елементів (складових) її структури; компактне символічне зображення цієї схеми (або будь-яких її частин чи елементів), що є основою моделювання мови як одного з методів її вивчення (наприклад, породжувальна модель)» [12]. Виходячи з цього, для побудови моделі анкетної мови маємо використовувати онтологію БО. Саме онтологія БО є природною основою для побудови цієї моделі. В структуру онтології БО входить дерево мікрооперацій (МО), з яких складається кожна БО, та список ключових словосполучень (КСС) і аспектів виконання кожної БО. З урахуванням цього представимо модель анкетної мови для формування компетенції у вигляді

$$QL^{BO} = \langle E(AT), ER, EA, F, AS, MO^{BO}, AR, AO \rangle, \quad (6)$$

де  $E$  — набір сутностей БО, ототожнений з множиною образів, які висловлюються КСС;  $AT$  — множина атрибутів сутностей;  $ER \subseteq E \times E$  — множина відношень сутностей;  $EA \subseteq E \times AS$  — проекція сутностей на тематичні аспекти БО;  $F: E \times ER$  — мовні інтерпретації відношень сутностей;  $AS$  — множина аспектів, що визначає зміст БО;  $MO^{BO}$  — множина мікрооперацій, що здійснюються під час виконання БО;  $AR \subseteq AS \times AS$  — перетин аспектів;  $AO \subseteq AS \times MO^{BO}$  — перетин аспектів та мікрооперацій. Відношення  $AO$  визначає багатоаспектний змістовний простір БО, який умовно розділений на пересічні підпростори, кожний з яких відповідає одному аспекту. Відповідно, за кожним аспектом закріплено певний набір МО.

### Концептуальна модель інтерпретації словосполучень

Інтерпретація словосполучень природної мови — необхідна складова в процесах комунікації *h*-агента і *b*-агента. Діалог між людиною та ботом відбувається в процесі навчання бота, і в процесі функціонування, коли бот виконує певні БО, а людина контролює результати дії бота. Механізм інтерпретації не повинен бути складним з одного боку, й повинен забезпечувати мінімум помилок під час виконання ботом команд *h*-агента.

Нехай  $T$  — вхідний потік тексту, в якому представлені словосполучення  $X = \{x_1, \dots, x_m\}$  що мають між собою приховані відношення  $R = \{r_1, r_2, \dots, r_v\}$ . Задачу інтерпретації можна розв'язати за використання якоїсь функції інтерпретації  $\varphi: X \rightarrow I$ , де  $I$  — суперпозиція відношень  $R$ , виражена в стислій формі на природній мові.

Побудуємо структурну матрицю, яка б пов'язала словосполучення  $X$ , функції інтерпретації та відгуки бота у вигляді виконавчих команд або словесних коментарів на множині аспектів БО (таблиця).

Структурна матриця взаємозв'язків вхідних СС, операторів інтерпретації та її результатів

Входи	ОІ	Виходи по аспектам БО					
		$I_1$	$I_2$	...	$I_j$	...	$I_n$
$X_i$	$F_1$	$R_{i1}$	$R_{i2}$	...	$R_{ij}$	...	$R_{in}$
$X_{i-1}$	$F_2$	$R_{11}$	$R_{12}$	...	$R_{1j}$	...	$R_{1n}$
$X_{i-2}$	$F_3$	$R_{21}$	$R_{22}$	...	$R_{2j}$	...	$R_{2n}$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$X_{i-k}$	$F_k$	$R_{i-k}$	$R_{i-k}$	...	$R_{i-k}$	...	$R_{i-k}$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$X_{i-m}$	$F_m$	$R_{i-m1}$	$R_{i-m2}$	...	$R_{i-mj}$	...	$R_{i-mn}$

Зафіксовані словосполучення (СС) —  $X_i$ ,  $i = \overline{1, m}$  характеризують змістовний сенс процедур, які виконують *h*-агент та *b*-агент.

Функція інтерпретації (ФІ) повинна обробляти вхідні СС, фіксувати їх асоціативні зв'язки і видавати, як результат інтерпретації, команди або повідомлення у бік *b*-агента.

Оскільки асоціативні зв'язки мають різний характер, необхідно мати універсальну функцію інтерпретації, що працює з різними аспектами. З іншого боку, зміст, прихований в поточному СС  $X_i$ , залежить від передісторії спілкування, так само, як значення числового часового ряду, що має приховану закономірність, залежать від попередніх значень ряду. Оскільки та сама функція інтерпретації використовується багаторазово, накопичуючи потрібну інформацію в період просування діалогу, введемо поняття оператора інтерпретації (ОІ) —  $F$ , який виконує операції вилучення та фіксації змістовно-сміслових аспектів з окремих СС, що передують СС  $X_i$ .

У таблиці показано взаємодію операторів інтерпретації  $F$ , що обробляють СС, які розташовані в порядку їх появи в діалозі.

Виходи інтерпретатора  $I_j$ ,  $j = \overline{1, n}$  — словесні вирази, що грають роль команд для бота, і кожен вихід  $I_j$  відноситься до певного аспекту БО. Виходи  $I_j$  отримані як суперпозиції локальних результатів  $R_{ij}$ , що зв'язують СС  $X_i$  з попереднім контекстом  $X_{i-1} \dots X_{i-m}$  та аспектом  $I_j$ . Зв'язки між фрагментом тексту  $X_i$  і виходами  $I_j$  здійснюють оператори  $F_i$ , кожен з яких є екземпляром функції інтерпретації. Оператор інтерпретації  $F$ , що описує зв'язок фрагмента  $X_i$  і вихідну інтерпретацію  $I_j$ , подамо відображенням

$$F_i: X_i \rightarrow R_{ij} \rightarrow I_j. \quad (7)$$

На цьому етапі застосовані СС можуть бути зафіксовані як КСС.

Таким чином розроблено концептуальну модель інтерпретації потоку текстових даних, що дозволяє перейти до розробки формальної моделі інтерпретації СС, які зустрічаються у діалозі між *h*-агентом та *b*-агентом. Ця модель повинна відображати послідовність обробки СС.

### Формальна модель інтерпретації словосполучень

На теоретико-множинному рівні склад моделі інтерпретації виглядає таким чином:

$$IM = \langle X, Y1, Y2, CF1, CF2, A^{BO}, G, U1, \underline{U2} \rangle, \quad (8)$$

де  $X$  — множина КСС, що застосовується у діалогах щодо БО;  $Y1$  — множина виходів у вербальній формі;  $Y2$  — множина виходів у формі виконуваних команд;  $CF1$  — множина так званих синд-

ромів рівня 1 — такий синдром  $cf1 \in CF1$  є результатом перекодування слів і словосполучень, що надходять до інтерпретатора, у компактну форму;  $CF2$  — множина синдромів рівня 2 — ці синдроми отримані як узагальнення синонімічних синдромів рівня 1, тобто кожний синдром  $cf2 \in CF2$  містить змістовний сенс групи синонімічних КСС;  $A^{BO}$  — множина аспектів БО;  $G = X \times A^{BO}$  — проекція множини КСС на множину аспектів БО, яка дає змогу визначити у процесі діалогу якій аспект є актуальним на певний час;  $U1 = X \times Y1$  — множина функцій перетворення КСС у вихідні сигнали вербальної форми;  $U2 = X \times Y2$  — множина функцій перетворення КСС у вихідні сигнали командної форми. Ці функції реалізовані таблично за допомогою бази знань.

Розкриємо проекцію  $G = X \times A^{BO}$  — перетворення множини вхідних сигналів у множину аспектів БО. Подамо цю проекцію у вигляді матриці, у якій кожний стовпчик відповідає одному аспекту, а кожний рядок відповідає одному КСС. Накопичуючи у процесі навчання бота відносні частоти застосування КСС у різних аспектах БО, отримаємо інформацію, за допомогою якої можна розпізнавати аспект, якій є актуальним на сьогодні. Знаючи актуальний аспект,  $b$ -агент буде обмежений у виборі КСС для формулювання запитів та відповідей для  $h$ -агента, який контролює виконання БО.

Далі сформуємо операційну модель інтерпретації словосполучень. Для цього визначимо набір операторів обробки тексту, необхідних для інтерпретації:

1. Оператор попередньої обробки  $PP$  (Preliminary Processing) — реалізує процедури первинної індексації застосованих КСС та формує словники та синдроми першого рівня  $cf1 \in CF1$ .

2. Оператор вторинної обробки  $SP$  — формує словники та синдроми другого рівня  $cf2 \in CF2$ .

3. Оператор  $DP$  (Distribution Processing) призначений для розрахунку відносних частот застосування КСС та формування розподілу ймовірностей появи КСС за аспектами.

4. Оператор  $IA$  (impact assessment) формує числову оцінку впливу сукупності КСС на виділення окремого аспекту.

5. Оператор  $IE$  (integral evaluation) призначений для формування інтегральних оцінок ступеня актуальності кожного аспекту у конкретній ситуації.

6. Оператор  $MJ$  (making judgments) призначений для формування і виведення вербальних суджень та запитань щодо визначеного аспекту БО.

Зазначений набір операторів об'єднаємо в операційну модель інтерпретації:

$$OM = PP \times SP \times DP \times IA \times IE \times MJ. \quad (9)$$

Отримані вирази (8) та (9) складають формальну модель інтерпретації словосполучень, яка може застосуватися в процесі навчання  $b$ -агента будь-якої ролі, а також й у процесі його функціонування сумісно з людиною. Ця модель може бути застосована для будь-якої мови без використання граматичного аналізу.

### Розробка моделі бази знань

Окремою складовою технології формування компетенцій є база знань (БЗ) щодо послідовностей КСС, які виконують важливу роль в процесі кожної МО і БО та формування діалогу між  $h$ -агентом й  $b$ -агентом.

З виразу (6) видно, що для кожної МО, з яких складається така БО, є список аспектів і КСС. Елементами діалогу у процесі виконання МО слугують КСС та назви аспектів. У БЗ, що є частиною компетенції  $b$ -агента щодо цієї БО, потрібно зафіксувати послідовності КСС. Частина цих послідовностей є штатними, а друга частина має відображати критичні та нештатні ситуації, що можуть виникнути під час виконання певної МО. Кожна зафіксована у БЗ послідовність КСС відповідає елементу діалогу. Оскільки виконання усіх МО контролюється також з боку бота-монітора цього АРМ, то у лог-файлі БО будуть зафіксовані ті чи інші послідовності КСС. Серед аспектів БО є назви МО, а також назви критичних ситуацій.

Побудуємо структуру бази знань та модель визначення актуального аспекту у процесі виконання МО.

Нехай  $X(t) = \{x_1, \dots, x_m\}$  — послідовність КСС у часі. Визначивши ширину вікна спостереження  $n$ , отримаємо можливість формування патернів, які мають бути розташовані у лівій частині кожного правила БЗ. У кожному патерні  $P(g)$  зберігається сукупність КСС, впорядкована у часі за деяким законом  $g$ , яка несе певну інформацію про події під час виконання МО:

$$P(g) = g(x_1, \dots, x_n). \quad (10)$$

Функція розпізнавання послідовності що визначає клас патерну:

$$y = Y[g(x_1, \dots, x_n)] \rightarrow P(g). \quad (11)$$

Функція реакції на послідовність, яка відповідає патерну  $P(g)$

$$Not = f(P(g(x_1, \dots, x_n))), \quad i = 1 \dots n, \quad (12)$$

де  $n$  — кількість елементів послідовності КСС;  $Y$  — набір функцій розпізнавання послідовностей для застосування в базі знань;  $f$  — функціональна залежність, реалізована у правилах БЗ.

Функція  $f$  має визначати актуальне вікно спостереження  $n$ , з урахуванням вже сформованої послідовності попередніх подій за допомогою зафіксованих закономірностей  $g$ . Отже, сукупність виразів (11) і (12) складає ліву та праву частину продукційного правила щодо генерації дії або повідомлення як реакції на певну послідовність КСС у лог-файлі моніторингу виконання БО.

В процесі аналізу послідовностей КСС виникають відхилення меж вихідною послідовністю і патерном. Оскільки послідовність є символічною стрічкою, ступінь відхилення доцільно розраховувати за метрикою Хеммінга, а саме

$$L(X_i, P_j) = \sum_{k=1}^n |x_{ik} - p_{jk}|, \quad (13)$$

де  $k$  — індекс символу у послідовності;  $j$  — індекс патерна;  $i$  — індекс послідовності КСС. З множини наявних патернів обирається патерн, якій має мінімальну відстань від вихідної послідовності.

Сукупність усіх правил, що відповідають виразам (11), (12) становить продукційну частину бази знань компетенції агента щодо виконання певної БО.

У складі компетенції також є процедурна частина, яка спрямована на реалізацію проєкції  $G = X \times A^{BO}$  з виразу (8) — визначення найзначиміших аспектів у поточній ситуації за виконання БО.

Введемо матрицю  $H$  зв'язку «КСС-аспекти», у якій кожний рядок відповідає одному КСС, а кожний стовпець — одному аспекту, тоді можна розрахувати значущість  $i$ -го слова в  $j$ -му аспекті

$$Y_{ij} = \left(1 - \frac{n_i}{n}\right), \quad (14)$$

де  $n_i$  — кількість аспектів, у яких фігурує КСС  $x_i$ ,  $n$  — загальна кількість аспектів. Значення  $Y_{ij}$ , отримане за формулою (14), може бути нормалізоване у межах  $[0, 1]$  під час налаштування системи.

Створимо функцію фокусування  $\phi$ , яка повинна здійснювати суперпозицію величин  $Y_{ij}$  і виконувати роль критерію відбору аспектів, а таким чином, й відбору МО та усіх штатних і критичних ситуацій, які потребують діалогу між  $b$ -агентом та  $h$ -агентом

$$\phi_j(x) = F_j(Y_{ij}) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Y_{ij}. \quad (15)$$

Вираз (15) є критерієм для фокусування на певній підмножині МО для пошуку помилок, якщо розв'язується задача діагностики. Провівши ранжування значень  $\phi_j(x)$  та граничне перетворення

$$H = \begin{cases} 1 & \text{if } F \geq T, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (16)$$

де  $F$  — оцінка значущості аспекту;  $T$  — заданий поріг, отримаємо підмножину МО, яка підлягає аналізу. Таким чином, вирази (14)—(16) є моделлю визначення найзначиміших аспектів БО у поточній ситуації.

## Висновки

Отже, в роботі запропоновані елементи інформаційної технології формування компетенцій агентів у роботизованій ОТС, а саме:

1. Запропоновано модель спеціалізованого сервісу організаційно-технічної системи, яка на відміну від існуючих заснована на використанні інтелектуального агента, і включає модель агента, модель компетенції агента, комплекс моделей інтерпретації природномовних словосполучень і базу знань, що дозволяє будувати контрольовану багатоагентну систему для виконання бізнес-процесів, яка швидко адаптується до нових бізнес-операцій.

2. Запропоновано комплекс моделей формування компетенції інтелектуального агента, якій на відміну від існуючих містить модель анкетної мови, концептуальну та формальну модель інтерпретації словосполучень, модель визначення найзначущих аспектів бізнес-операції та базу знань, що дозволяє швидко формувати різні компетенції агентів у діалозі між користувачем та агентом з мінімальним використанням мов програмування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Н. Б. Паклин, и В. И. Орешков. *Бизнес-аналитика от данных к знаниям*. Санкт-Петербург, Россия: Питер, 2013. 704 с.
- [2] М. Месарович, и Я. Такахара, *Общая теория систем: математические основы*. Москва, Россия: Мир, 1978. 312 с.
- [3] В. В. Бескоровайный, «Системологический анализ проблемы структурного синтеза территориально распределенных систем,» *Автоматизированные системы управления и приборы автоматики*, вып. 120, с. 29-37, 2002.
- [4] В. П. Тарасик, *Математическое моделирование технических систем*. Москва, Россия: ДизайнПРО, 2004, 640 с.
- [5] А. А. Тимченко, *Основи системного проектування та аналізу складних об'єктів*. Київ, Україна: Либідь, 2000, кн. 1, 272 с.
- [6] J. Boner, *Reactive Microservices Architecture. Design Principles for Distributed Systems*. United States of America: O'Reilly, 2016, 48 p.
- [7] M. Richards, *Microservice s vs. Service-Oriented Architecture*. United States of America: O'Reilly, 2016, 45 p.
- [8] M. Richards, *Microservices, AntiPatterns and Pitfalls*. United States of America: O'Reilly, 2016, 55 p.
- [9] I. Nadareishvili, R. Mitra, M. McLarty, and M. Amundsen, *Microservice Architecture. Aligning Principles, Practices, and Culture*. United States of America: O'Reilly, 2016, 128 p.
- [10] I. Oksanych, I. Shevchenko, I. Shcherbak, and S. Shcherbak, «Development of specialized services for predicting the business activity indicators based on micro-service architecture,» *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 2, issue 2(86). pp. 50-55, 2017. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98991> .
- [11] А. А. Таль, «Анкетный язык и абстрактный синтез минимальных последовательностных машин,» *Автоматика и телемеханика*, т. 25, вып. 6, с. 946-962, 1964.
- [12] А. Ф. Лосев, *Введение в общую теорию языковых моделей*. Москва, Россия: Эдиториал УРСС, 2010. 296 с.

Рекомендована кафедрою комп'ютерних систем управління ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 10.12. 2019

**Оксанич Ирина Григорівна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та інформаційних систем, e-mail: oksirena2017@gmail.com ;

**Слюсаренко Олександр Петрович** — аспірант кафедри автоматизації та інформаційних систем, e-mail: sasha.slysarenko@gmail.com ;

**Шевченко Ігор Васильович** — д-р техн. наук, професор, професор кафедри автоматизації та інформаційних систем, e-mail: ius.shevchenko@gmail.com .

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук

**I. H. Oksanych<sup>1</sup>**  
**O. P. Sliusarenko<sup>1</sup>**  
**I. V. Shevchenko<sup>1</sup>**

## Formation of Agents' Competences in Multi-Agent System Oriented on Business Operation Execution

<sup>1</sup>Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

*Robotization of the organization-technical systems provides using software bots for each business operation. The software bots functionality related to the executing human will cause the problem of agents' competency formation in a multi-agent system with orientation on business operations execution. The problem-oriented questionnaire language is the impotent component of communication process. This language is applied by user (future h-agent) for creating structure and content of competence for defined business operation. And this language is applied for supplying dialogue between h-agent and bot (b-agent). The set of models has been designed for solution of the task of construction of most adequate structure of verbal images system. This verbal images system represents content of business operation and interprets phrase in agents' dialogue process. Wherefore the set of text processing operators needed for interpretation has been designed. The formal model of phrase interpretation can be used in the process of b-agent learning to getting any role. This formal model is used in the process of mutual functioning of b-agent and human. Also this formal model can be used for any language without implementation of grammar analysis. The specialized service model of organization-technical system for development of information technology for agent competencies formation in a multi-agent system is proposed. This model, unlike the existing ones, is based on the use of an intellectual agent, and includes an agent model, an agent competence model, a set of*

*natural-language interpreting models, and a base of knowledge. In this case designed model can build a controlled multi-agent system for executing business processes with quick adaption to new business operations. The complex of models for the intellectual agent competence formation is offered. This complex, unlike the existing ones, contents the model of questionnaire language, the conceptual and formal models of phrases interpretation, the model of definition the most important aspects of business operation, and knowledge base. Used knowledge base allows to quickly form various competencies of agents in the dialogue between user and agent with minimal use of programming languages.*

**Keywords:** organization-technical system, business operation, intellectual agent, model, knowledge base.

**Oksanych Iryna H.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Chair of Automation and Information Systems, e-mail: oksirena2017@gmail.com ;

**Slusarenko Oleksandr P.** — Post-Graduate Student of the Chair of Automation and Information Systems, sasha.slysarenko@gmail.com ;

**Shevchenko Ihor V.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Automation and Information Systems, e-mail: ius.shevchenko@gmail.com

**И. Г. Оксанич<sup>1</sup>**  
**А. П. Слюсаренко<sup>1</sup>**  
**И. В. Шевченко<sup>1</sup>**

## **Формирование компетенций агентов в многоагентной системе, ориентированной на выполнение бизнес-операций**

<sup>1</sup>Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

*Роботизация организационно-технических систем предполагает использование программных ботов для выполнения отдельных бизнес-операций. Функционирование программных ботов совместно с человеком-исполнителем порождает проблему формирования компетенций агентов в многоагентной системе, ориентированной на выполнение бизнес-операций. Важной составляющей процессов коммуникации является проблемно-ориентированный анкетный язык, с помощью которого с одной стороны, пользователь (будущий h-агент) формирует структуру и содержание компетенции по выполнению определенной бизнес-операции, а с другой стороны осуществляется диалог между h-агентом и ботом (b-агентом). Поэтому разработан комплекс моделей, с помощью которых решается задача построения наиболее адекватной структуры системы словесных образов, которая отражает содержание бизнес-операции и интерпретирует словосочетания в процессе диалога агентов. Для этого определен набор операторов обработки текста, необходимых для интерпретации. Формальная модель интерпретации словосочетаний может применяться в процессе обучения b-агента для любой роли, а также в процессе его функционирования совместно с человеком и применяться для любого языка без использования грамматического анализа. Для разработки информационной технологии формирования компетенций агентов в многоагентной системе предложена модель специализированного сервиса организационно-технической системы, которая в отличие от существующих основана на использовании интеллектуального агента, и включает модель агента, модель компетенции агента, комплекс моделей интерпретации словосочетаний естественного языка и базу знаний, что позволяет строить контролирующую многоагентную систему для выполнения бизнес-процессов, быстро адаптирующуюся к новым бизнес-операциям. Предложен комплекс моделей формирования компетенции интеллектуального агента, который, в отличие от существующих, содержит модель анкетного языка, концептуальную и формальную модель интерпретации словосочетаний, модель определения наиболее значимых аспектов бизнес-операции и базу знаний, что позволяет быстро формировать различные компетенции агентов в диалоге между пользователем и агентом с минимальным использованием языков программирования*

**Ключевые слова:** организационно-техническая система, бизнес-операция, интеллектуальный агент, модель, база знаний.

**Оксанич Ирина Григорьевна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автоматизации и информационных систем, e-mail: oksirena2017@gmail.com ;

**Слюсаренко Александр Петрович** — аспирант кафедры автоматизации и информационных систем, e-mail: sasha.slysarenko@gmail.com ;

**Шевченко Игорь Васильевич** — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры автоматизации и информационных систем, e-mail: ius.shevchenko@gmail.com