

Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Economics, 2014; 160: 101-109
УДК 338.24:004.89
JEL D89

Г. Черноус, канд. екон. наук, доц.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ АГЕНТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ПІДПРИЄМСТВІ

У статті проаналізовано потенційні можливості агентно-орієнтованого підходу для підтримки процесів прийняття оперативних і стратегічних управлінських рішень. Запропоновано архітектуру агентно-орієнтованої гібридної інтелектуальної системи управління підприємством, обґрунтовано сучасний інструментарій розробки ефективних управлінських рішень. Продемонстровано варіант упровадження запропонованої системи в існуючу ІТ-інфраструктуру підприємства.

Ключові слова: агентно-орієнтована система, підтримка прийняття рішень, інтелектуальний аналіз даних, гібридний підхід, модель.

Постановка проблеми. Сучасний стан науки управління підтверджує доцільність і необхідність розроблення нової парадигми економіко-математичного моделювання та формалізації відповідних методичних і модельних конструкцій до рівня прикладних інформаційних систем управління, що є адекватними до соціально-економічних трансформацій світового масштабу, зумовлених інформаційно-технологічною революцією та глобалізацією. Розвиток нової парадигми передбачає розробку та ефективне використання в практиці управління таких інструментальних засобів підтримки прийняття рішень, що дають можливість підвищувати конкурентоспроможність соціально-економічних систем у світовому економічному просторі.

Методи управління, що відповідають сучасному етапу розвитку інформаційного суспільства, повинні бути засновані на моніторингу інформаційного відображення процесів усередині та поза системою; на постійному аналізі результатів моніторингу та класифікації реакцій на поточну ситуацію, що потребує або оптимізації оперативних управлінських впливів, або формування ефективних стратегій, або рішення про необхідність зміни або оптимізації цілей. Лавиноподібне зростання інформаційних потоків, в яких змішується потрібна, непотрібна й хибна інформація, ускладнює прийняття рішень і потребує, з одного боку, ефективної організації пошуку корисної інформації, оцінки її достовірності, а з іншого боку, організації ефективної аналітичної роботи, що дозволяє виявити прихований (патентний) зміст інформації – значення, ідеї, фактори, тенденції, закономірності, центри сил, загрози, ризики, суперечності, проблеми. Такі завдання можливо розв'язати за допомогою підтримки, що ґрунтується на інтелектуальному аналізі даних та побудованих на його основі інтелектуальних комп'ютерних системах. Перспективним напрямом у розвитку таких систем є розподілені гібридні системи, що представляють агентно-орієнтований підхід.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням розвитку концепції мультиагентного підходу у сфері розподіленого штучного інтелекту нині присвячена велика увага науковців всього світу. В дослідженнях М. Вулдріджа, Ю. Івашкіна, С. Єршова, О. Кастілло, Л. Медскера, С. Рейлсбека, Н. Сіддіка, С. Суботіна, А. Швецова розкриваються технічні проблеми побудови агентних систем, виходячи з новітніх досягнень у сфері інформаційних технологій (ІТ), пропонуються варіанти заміни потужних централізованих систем повністю децентралізованими, в яких ієрархічна структура поступається місцем мережевій організації [1–8]. Зростає кількість наукових розробок, пов'язаних із запровадженням агентно-орієнтованого підходу до побудови систем підтримки прийняття рішень в різних економічних системах. Серед авторів таких робіт А.Вентре, В.Гужва, А.Матуро, О.Рогозін, В.Романов, П.Скобелев, Д. Срінівасан,

Г.Трайковські та інші [9–15]. Практичні впровадження мультиагентних систем у транспортній логістиці, електронній комерції, в аерокосмічній сфері, в управлінні цехами виробничих підприємств у реальному часі подано у дослідженнях [13; 16–17] та в багатьох інших джерелах.

Багато теоретичних зусиль вчених приділяється питанням технічної підтримки мультиагентного підходу, апаратно-програмному забезпеченню функціонування агентів, визначенню особливостей реалізації концепції в різних сферах життєдіяльності людини. Проте наявності є необхідність в переході від суто теоретичних або фрагментарних прикладних досліджень, що вивчають агентно-орієнтовані управлінські інформаційні системи, до глибокого осмислення, синтезу та фундаментальних узагальнень механізму реалізації концепції з метою підвищення якості управління різними соціально-економічними системами. Бракує достатнього наукового інструментарію моделювання процесів прийняття управлінських рішень у контексті розподіленого штучного інтелекту. Недостатньо уваги приділено висвітленню питань інтеграції інтелектуальних розподілених систем з існуючою ІТ-інфраструктурою суб'єктів господарювання.

Методологія. Зростаюча складність середовища, в якому функціонують соціально-економічні системи, призвела до виникнення тісного динамічного зв'язку між оперативним та стратегічним управлінням, їх взаємовпливу. Тому у сучасних системах управління, що широко використовують ІТ, намагаються об'єднати підтримку різних щаблів управління. Відповідні системи підтримки прийняття рішень (СППР) повинні забезпечувати паралельне виконання операцій, передбачати розподіл рішень, переговори, управління знаннями. Це свідчить про те, що СППР не будуть ефективними, якщо їм будуть притаманні характеристики класичних інформаційних систем, які являють собою ієрархії великих програм: послідовне виконання операцій, інструкції зверху донизу, централізовані рішення, управління даними, стабільність, тотальний контроль, передбачуваність, бажання зменшувати складність. Отже, для ефективної підтримки прийняття різних видів управлінських рішень СППР повинні мати мережну структуру.

Мультиагентні системи (МАС) являють собою радикальну концепцію, що відкриває еру мережевих організації з колективною взаємодією інтелектуальних агентів, пропонуючи заміну потужних централізованих систем повністю децентралізованими. Створювані на основі мультиагентних технологій комп'ютерні системи використовують принципи самоорганізації й еволюції, що характерні для поведінки біологічних систем.

В. Тарасов дає формалізоване визначення МАС:

$$MAC = (A, E, R, ORG, ACT, COM, EV),$$

де A – множина агентів, E – множина середовищ, що перебувають у певних відношеннях R , та взаємодіючих, таких що формують деяку організацію ORG , що володіє

набором індивідуальних та сумісних дій АСТ (стратегій поведінки та вчинків), що включають можливі комунікаційні дії СОМ та можливість еволюції EV [18].

Поняття "агентно-орієнтована система" (АОС) є ширшим, ніж поняття МАС. М. Вулдрідж характеризує АОС як систему, в якій ключовою використовуваною абстракцією виступає агент [1].

Агентно-орієнтовані системи А. Швецов трактує як гібридні системи, що поряд з МАС містять й інші системи (експертні системи, системи для навчання і тестування, розподілені об'єктні додатки тощо) [8].

АОС нині можуть бути глобально розподіленими та взаємопов'язаними сукупностями програмних та апаратних систем, які містять значну кількість компонентів, що й визначає зростаючу складність їх розробки, впровадження та експлуатації. Теоретичною базою АОС є концепція розподіленого штучного інтелекту, яка передбачає досягнення ефективності розв'язання завдань через декомпозицію задач на підзадачі, кожна з яких адресується для певного інтелектуального агента та підтримується базою знань. При цьому підходить кожен функціональний інтелектуальний модуль перетворюється в агента, працює автономно і взаємодіє з іншими модулями (агентами) шляхом передачі повідомлень через мережу. У процесі перетворення інтелектуальні модулі можуть бути доповнені керуючими і комунікативними знаннями, необхідними для їх об'єднання в мультиагентну інтелектуальну розподілену систему.

Під інтелектуальними агентами розуміють обчислювальні системи, що автономно діють у складному динамічному середовищі з метою реалізації цілей, для яких вони спроектовані. Серед основних властивостей агентів визначають автономність, реактивність, проактивність, цілеспрямованість, стійкість, інтерактивність, мобільність та гнучкість [2]. Характеристиками інтелектуальних агентів є базові знання, переконання, бажання, обов'язки і наміри [6].

Використання агентів, особливо інтелектуальних, при зборі, пошуку та аналізі інформації має низку переваг, а саме високий рівень гнучкості та оперативності, адаптивність до змінних умов середовища, високий потенціал інтегрованості і взаємодії з іншими інформаційними системами, підвищення продуктивності системи тощо.

Сучасний етап інформаційно-технологічної революції ставить завдання ефективно використовувати для прийняття рішень величезний обсяг інформації, що надходить з різних джерел, видобувати з інформації латентний зміст, знання та впроваджувати їх в управління. Це означає, що агенти, з яких складається сучасна АОС, повинні забезпечувати доступ до величезних обсягів внутрішніх і зовнішніх даних та видобування з них знань, необхідних для ухвалення оптимальних управлінських рішень.

Відповідний підхід до виявлення знань пов'язують з технологією інтелектуального аналізу даних (ІАД), яка сьогодні має всі підстави стати базою моделювання обґрунтованих управлінських рішень [19].

Поєднання технологій інтелектуальних агентів та ІАД дає потужний синергетичний ефект. З одного боку, використання методів ІАД інтелектуальними агентами здатне значно підсилити їх потужність, з іншого боку, агентні технології забезпечують ефективність процесу ІАД (автономність виконання, зниження трудових витрат, витрат часу тощо). Поєднання зазначених технологій дає змогу створити СППР, що залучають до процесу підтримки прийняття рішень правила, прецеденти, широке коло методів і моделей ІАД.

Метою цієї статті є проаналізувати потенційні можливості агентно-орієнтованого підходу для підтримки

процесів прийняття як оперативних, так і стратегічних рішень; запропонувати архітектуру агентно-орієнтованої гібридної інтелектуальної системи управління підприємством; окреслити сучасний інструментарій обґрунтування ефективних управлінських рішень; продемонструвати варіант впровадження запропонованої системи в існуючу ІТ-інфраструктуру підприємства.

Результати. В основу розробки інтелектуальної агентно-орієнтованої СППР пропонується покласти гібридний підхід до використання ІАД [20]. Інтеграція різних методів в межах гібридної моделі дозволяє подолати обмеження кожного окремого методу, що у свою чергу дає нові можливості підтримки процесу прийняття рішень у рамках однієї архітектури, яка має поєднувати в собі разом з традиційними елементами систем підтримки прийняття рішень різні моделі видобування і обробки знань, пов'язаних з реалізацією ІАД. Принциповою відмінністю парадигми формування гібридних систем від традиційної побудови інтелектуальних інформаційних систем є можливість синтезувати якісно різні підходи до обґрунтування рішень.

Гібридна інтелектуальна АОС являє собою велику мережу малих агентів, передбачає паралельне виконання операцій, переговори, розподіл рішення, управління знаннями. Таку систему можна розбити на підсистеми, в кожній з яких у режимі реального часу взаємодіють множина простих і не обов'язково інтелектуальних агентів. У зв'язку з цим, усіх агентів системи можна розділити на групи: агенти збирання даних, агенти моніторингу, агенти пошуку рішень, агенти моделювання, агенти впливів та агенти презентацій. Схему взаємодії програмних агентів в СППР наведено на рис. 1.

Робота мультиагентної СППР будується за подіями, що відбуваються в реальному часі. Агенти працюють асинхронно та квазіпаралельно, при цьому в ході роботи системи рішення самоорганізуються, спостерігаються такі феномени складних систем, як порядок та хаос, автокаталітичні реакції, катастрофи та інші нелінійні ефекти, адже реакції на події у формі ланцюжка змін рішень може виникати і спонтанно, в наперед непередбачені моменти часу, лавиноподібно прискорюючись. Рішення агентами приймаються еволюційно, при цьому змінюються раніше прийняті рішення. Конструкція та логіка роботи окремих агентів системи дуже прості, але поведінка системи в цілому надзвичайно складна. Глобальна інтелектуальна поведінка СППР розглядається як результат локальних взаємодій великого числа простих і не обов'язково інтелектуальних агентів, при цьому система демонструє "емерджентний інтелект".

При всіх зазначених перевагах гібридна інтелектуальна АОС як дуже складна система управління має ряд слабких місць.

Оскільки робота системи відбувається в режимі реального часу і ситуація постійно змінюється, надзвичайно важко оцінити наскільки поточне рішення далеке від оптимального. Робота на історичних даних вимагає відновлення контексту ситуації, рішення при цьому залежить від історії появи подій. Складні причинно-наслідкових зв'язки в мережі часто формують рішення, що важко зрозуміти й пояснити користувачеві. Йдеться як про "ефект метелика": малі зміни на вході системи призводять до несподіваних великих змін на виході, так і про несподіване сповільнення реакції системи в разі виникнення довгого ланцюжка змін. Непрозорість процесу отримання рішення призводить до необхідності додаткових досліджень та перевірок, адже внаслідок еволюційного підходу прийняте рішення неможливо буде відмінити, оскільки стан системи уже зазнав змін. Втручання фахівців у процес формування рішення сис-

темою має позитивний результат лише у разі правильної оцінки складності ситуації і взаємозалежностей серед прийнятих й узгоджених між агентами рішень, що є надскладним завданням.

У зв'язку з цим перспективною видається спільна робота фахівця і системи в інтерактивному доопрацюванні рішення. Потрібно передбачити прямі та зворотні

координаційні зв'язки між технологічним елементом та функціональними елементами інтелектуальної системи.

Розробка конфігурації СППР, що створюється для розв'язання завдань конкретної соціально-економічної системи, є складним процесом, який передбачає глибоке дослідження як особливостей її функціонування, так і особливостей реалізації управління нею.

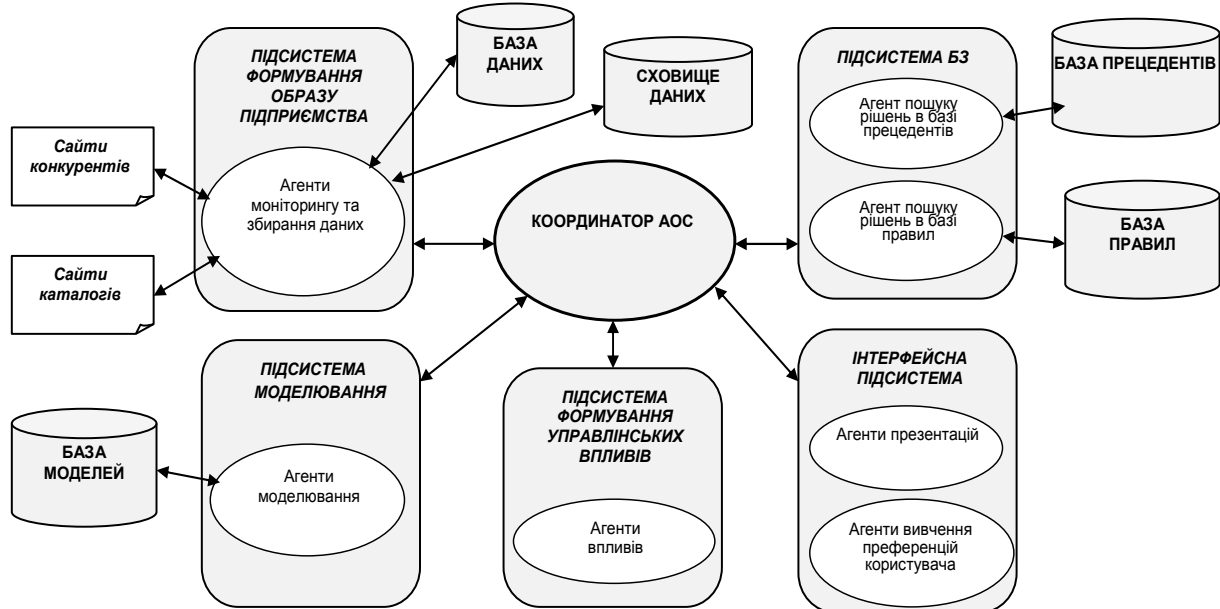


Рис. 1. Схема взаємодії програмних агентів в агентно-орієнтованій СППР

* Джерело: створено автором

В якості прикладу реалізації запропонованого підходу розглянемо АОС, створену для підтримки прийняття стратегічних і оперативних рішень на фармацевтичному підприємстві.

Залежність фармацевтичної галузі від попиту на препарати, що пов'язаний з динамікою захворюваності та насиченістю ринку, від державного регулювання в ціноутворенні, появи нових технологій та продуктів, викликає необхідність розробки специфічних алгоритмів для підтримки прийняття управлінських рішень. Головним об'єктом аналітики та джерелом для розробки ефективних варіантів дій тут виступає зовнішнє середовище, саме зовнішні дані щодо захворюваності населення, стану фармацевтичного ринку, забезпеченості медичних закладів, регуляторних механізмів з боку держави дозволяють обґрунтувати як продуктивний набір фармацевтичного підприємства, так і оптимальні обсяги виробництва кожного препарату.

Особливістю перебігу управлінських процесів виступає необхідність у регулярному прийнятті локальних стратегічних рішень, реалізація яких відбувається за рахунок оперативних управлінських впливів. Отже, підтримка прийняття управлінських рішень має передбачати тісний зв'язок між стратегічним та оперативним рівнями управління. З іншого боку, необхідність постійного моніторингу законодавчих змін, появи нових технологій та препаратів, ринкових тенденцій тощо потребує інтелектуальних технологій пошуку даних та їхнього аналізу. Тому запровадження гібридних інтелектуальних СППР в цій галузі наразі є актуальним та перспективним.

Фармацевтичні підприємства нині мають розгалужену ІТ-інфраструктуру, тому при розробці агентів потрібно передбачити відповідні варіанти їх інтеграції в існуюче середовище.

Будемо виходити з того, що для моніторингу стану підприємства необхідно сформувати його інформаційну модель, яка складається з образів проекту, процесу і середовища [21]. Такий підхід дозволяє паралельно оцінювати стан системи відповідно до шаблів управлінської вертикалі – цілепокладання, формування стратегій та оперативних рішень.

Виходячи з цього, запропоновано АОС для підтримки прийняття управлінських рішень на фармацевтичному підприємстві у вигляді багаторівневої системи, в якій взаємодіють рівні проекту, процесу та середовища (рис. 2).

Таку СППР (назвемо її AODSS) можна подати у вигляді множини з трьох елементів:

$$AODSS = \langle AG, SIS, COM \rangle,$$

де AG – програмні агенти, SIS – підсистеми корпоративної інформаційної системи, COM – зв'язки між цими підсистемами та агентами.

SIS можуть бути представлені корпоративними базами даних, сховищем даних, базою знань та базою моделей, а також транзакційними та аналітичними додатками, такими як ERP та BI.

Програмних агентів такої системи можна описати у вигляді:

$$AG = (AG_{ok}, AG_{ij}), k = \overline{1,4}, i = \overline{1,3}, j = \overline{0,3}$$

де AG_{ok} – агенти призначення k (збору внутрішніх та зовнішніх даних, пошуку правил, звітності), $k = \overline{1,4}$, які обслуговують об'єкт (систему) в цілому; AG_{ij} – агенти призначення (мета-агент, агент збору даних, агент моніторингу, агент моделювання), $j = \overline{0,3}$, що пов'язані з рівнем системи i (проект, процес, середовище), $i = \overline{1,3}$.

AODSS є системою з координацією, роль координаторів відіграють мета-агенти відповідних рівнів. Вони узгоджують діяльність агентів свого рівня, підтримують інформаційний зв'язок між рівнями управління. Окрім того, мета-агенти створюють презентації та звіти для компетентних осіб, дозволяючи в такий спосіб контролювати та спрямовувати в потрібне русло процеси, що

відбуваються в AODSS, та удосконалювати рішення, які перебувають у процесі розробки.

Основною метою розробленої системи є діагностика стану підприємства; результатом виступає варіант управлінського рішення – цілепокладаючого, стратегічного, оперативного, що, в кінцевому випадку, реалізується через оперативні управлінські впливи.

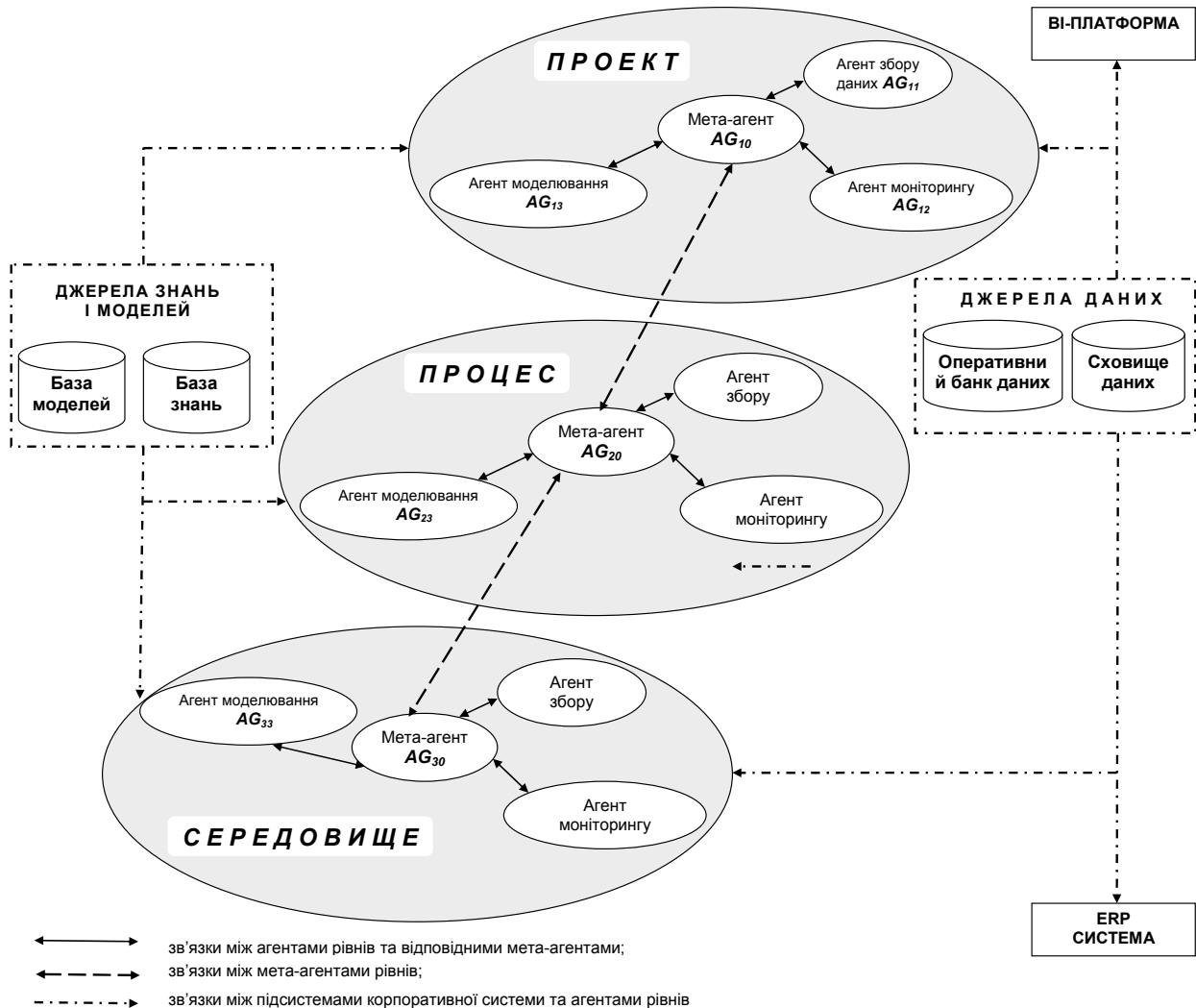


Рис. 2. Структура агентно-орієнтованої СППР (AODSS) для фармацевтичного підприємства

* Джерело: складено автором

Запровадження підходу передбачає відстеження значень ключових показників за кожним рівнем системи (образів проекту, процесу та середовища) та їх регулярне порівняння з цільовими значеннями. Процес відстеження триває паралельно на кожному рівні. Сформовані образи ідентифікуються в базі знань, після чого пропонується певний варіант перебігу управлінських процесів, який може бути затверджений або доопрацьований компетентною особою. Ідентифікація образів здійснюється через їх порівняння з наявними прецедентами з бази знань. Якщо образ задовольняє умови близькості, то відповідний прецедент дає можливість побудувати ланцюжок зв'язків між цілями, стратегіями та оперативними діями та запропонувати актуальні значення основних операційних параметрів.

Передбачається, що база прецедентів AODSS сегментована за рівнями проекту, процесу та середовища. Кожен конкретний прецедент відтворює варіант проєк-

ту, процесу або середовища, сформований на основі минулого досвіду або проактивно розроблений.

У базі знань прецеденти Case представлені як поєднання набору параметрів з конкретними значеннями ключових показників та варіанта рішення, що супроводжується певними коментарями:

$$Case = \langle X, X', R, E \rangle,$$

де X – набір значень ключових показників, X' – набір цільових значень показників моніторингу, R – варіант рішення, E – коментарі щодо прецеденту.

Варіант рішення R у прецеденті, що стосується проєкту, містить посилання на правило вибору процесу; в прецеденті щодо проєкту міститься посилання на правило вибору середовища; у варіанті рішення рівня середовища визначаються основні операційні параметри підприємства, що дозволяють реалізувати управлінське рішення будь-якого рівня через оперативні впливи.

У разі відсутності шуканого прецеденту в базі знань запускається процес знаходження управлінського рішення, підтримуваний відповідними інструментами моделювання. Пріоритет при активізації моделювання надається вищим рівням ієрархії підсистем, наприклад, одночасна відсутність прецедентів рівнів процесу і середовища означає необхідність першочергової підтримки прийняття стратегічного рішення з наступною розробкою на його основі оперативного рішення. Важливе значення при цьому відіграють правила. Саме вони керують процесами переходу між моделями та пов'язують прецеденти різних рівнів між собою.

Модуль правил разом з модулем прецедентів утворює базу знань AODSS, структуровану відповідно до рівнів системи. Множина правил містить правила управління процесами всередині системи та правила визначення математичної моделі, що лежить в основі підтримки прийняття конкретного управлінського рішення. Наповнення бази правил відбувається як за рахунок виявлення нових зв'язків між моделями, так і за допомогою видобування правил на основі методів ІАД. Нові правила можуть стати результатом причинно-наслідкового аналізу стану підприємства.

Поповнення бази прецедентів реалізується кожного разу, коли образ системи не може бути ідентифікований AODSS. При цьому, окрім розгляду поточної ситуації та прийняття поточного рішення, відбувається прогнозування майбутнього стану системи та формується проактивне рішення – варіант проекту, процесу або середовища.

Підтримка процесів прийняття рішень в AODSS відбувається із залученням широкого інструментарію економіко-математичного моделювання. Визначення адекватної моделі для розв'язання конкретного завдання управління є самостійним і складним завданням. Для підтримки цього процесу використовується банк моделей (база моделей та СУБМ), що являє собою кероване середовище для запису та управління моделями та засобами моделювання. Набір моделей системи має обслуговувати моделювання як на рівні поточної ситуації, так і бути придатним для аналізу минулого та майбутнього станів проекту, процесу та середовища.

Як модельні інструменти підтримки процесів управління на рівні цілепокладання можуть бути запропоновані моделі візуального аналізу ключових показників та OLAP-моделі, що всебічно представляють процеси функціонування підприємства; на рівні прийняття локальних стратегічних рішень – системи, ансамблі, гібриди економіко-математичних моделей, в тому числі інтелектуальних, що спроможні визначити стратегічні параметри для досягнення мети; гібриди економіко-математичних моделей, які ефективно поєднують апарат ІАД та дослідження операцій для визначення основних операційних параметрів діяльності підприємства.

Запропонований інструментарій уможливує розробку потужного набору альтернатив функціонування і розвитку системи, запасу обґрунтованих ефективних варіантів дій у різних умовах, що дає змогу не лише забезпечити відчутне зменшення часу на прийняття важливих управлінських рішень, а зробити це прийняття своєчасним і переможним. Застосування моделей рівня середовища дозволяє сформувати його новий варіант, перехід до якого пов'язаний з прийняттям оперативного рішення; використання моделей рівня процесу і проекту уможливує підготовку нових процесів та проектів, які можуть стати актуальними внаслідок прийняття стратегічного або цілепокладаючого рішення.

Запропонований підхід до побудови агентно-орієнтованої СППР було імплементовано на одному з

потужних вітчизняних підприємств фармацевтичної галузі, що займає 5% українського фармацевтичного ринку.

Наразі більшість бізнес-процесів на підприємстві є упорядкованими та автоматизованими, вони мають потужну аналітичну підтримку завдяки використанню продуктів компанії SAP: SAP ERP та SAP BusinessObjects (SAP BO). Тому оптимальним варіантом впровадження AODSS стала її інтеграція з існуючою розвиненою ІТ-інфраструктурою. Як нові компоненти системи автоматизованого управління підприємством виступили база знань з правилами та прецедентами, база моделей, що включає п'ять типів моделей, а також програмні модулі – агенти з визначеною у запропонованому дослідженні функціональністю.

Основним завданням AODSS при цьому визначено моніторинг стану підприємства. Фармацевтичне підприємство характеризується наявністю широкого спектра бізнес-процесів, кожний з яких потребує специфічних підходів до управління. Впровадження AODSS стосувалося в основному процесів виробництва, заготівлі та збуту. В межах цих бізнес-процесів головну увагу було приділено кільком основним фармацевтичним препаратам у формі таблеток.

Передбачається, що математична підтримка прийняття рішень здійснюється через реалізацію системи моделей, що пов'язує різні шаблі управління. Рівню проекту відповідають OLAP-моделі та інтерактивні панелі керівника; рівню процесу – моделі моніторингу тенденцій щодо ціни та моделі прогнозування попиту, виходи яких формують частину відхідної інформації для моделей визначення рівноважного попиту. Середовище представлено моделями виробничого процесу та бездефіцитного управління запасами.

Рішення, ухвалені на рівні проекту, встановлюють певні обмеження, які мають бути враховані при розробці стратегії реалізації мети. В даному конкретному випадку це можуть бути доцільні обсяги витрат на виробництво певних препаратів, що обмежують потенційні можливості їх пропозиції.

Рішення, ухвалені на локальному стратегічному рівні, задають рамки виробничому процесу, який, у свою чергу, висуває умови до управління запасами ресурсів. Інформація щодо збуту продукції у формі зворотного зв'язку впливає на прогнозування попиту, а, отже, на визначення оптимальних обсягів виробництва.

Автоматизований моніторинг стану проекту дозволяє завчасно повідомити керівників про нагальну необхідність звернути увагу на розробку глобальних стратегічних рішень. Для підтримки цілепокладаючих рішень запропоновано скористатися інструментами, що пропонує SAP BO [22]. На основі цієї аналітичної платформи розроблено низку варіантів звітів, що стосуються кожного ключового показника проекту (інструмент Crystal reports), OLAP-моделі (WebIntelligence, Voyager), а також побудовано інтерактивні інформаційні панелі для керівників, на основі яких можна реалізовувати сценарії "що буде, якщо" (інструмент Xcelsius). Для покращення якості колегіального прийняття рішень в документи спільного користування, пов'язані з розв'язанням глобальних стратегічних завдань, було додано оновлювані BI-об'єкти (звіти, графічні об'єкти тощо). Такі документи, що містять актуальну інформацію, оперативно розповсюджуються серед менеджерів вищої ланки в тому числі і через мобільні пристрої, це значно підвищує якість ухваленого рішення та скорочує цикл його прийняття (інструмент Live Office). Запропоновані підходи до підтримки цілепокладаючих рішень можуть бути застосовані не лише для реактивного реагування на проблеми, що виникли, а, перш за все, використовуватись для проактивної розробки і обґрунтування нових варіантів проектів.

При розробці альтернативних проектів, власне, як і при підтримці актуальних проектів, надзвичайно корисним є SAP BO Strategy Management. Цей інструмент підтримує аналіз можливостей ефективної реалізації проекту, а саме, дозволяє створювати варіанти стратегій, узгоджувати їх з діяльністю підприємства, планувати необхідні заходи та операції, а також здійснювати їх моніторинг, оцінку та адаптацію. Він допомагає формалізувати ключові показники діяльності підприємства для відстеження реалізації стратегії, створити заходи для досягнення цілей, каскадувати їх на окремі підрозділи підприємства, розв'язати питання, пов'язані з бюджетуванням (через інтеграцію з BPC), а також простежити за його виконанням.

У побудованій AODSS цей інструмент відіграє важливу роль, а саме: він дозволяє створювати сценарії для різних проектів, на основі яких можуть бути розроблені та збережені прецеденти процесів як можливі ефективні варіанти дій. При виборі певного варіанта процесу він дає можливість всебічно підтримувати прийняття рішень на всіх етапах його реалізації – від планування операцій до моніторингу і оцінки виконання.

Для підтримки локальних стратегічних рішень запропоновано кілька економіко-математичних моделей, які пройшли апробацію на даних щодо низки препаратів. Серед них моделі ІАД, які використовуються для прогнозування змін ціни на препарат та попиту на нього, та CGE-модель визначення рівноважного попиту на препарат.

Модель моніторингу тенденцій щодо змін ринкової ціни на препарат реалізовано у вигляді логістичної регресії, вона дозволяє оцінити ймовірність зміни ціни. Оскільки розвиток фармацевтичної галузі регулюється державою, то швидка реакція на зміни у відповідному законодавстві (щодо рівня максимально допустимих цін на лікарські засоби, мінімальної заробітної плати тощо) формує конкурентні переваги підприємства.

Модель прогнозування попиту на препарат базується на регресії – AR, ARMA або ARIMA модель, що обирається за найкращою прогностичною здатністю. Модель пов'язана з моделлю управління запасами проду-

кції, що дає змогу поєднати прогнозування попиту з програмою зі збуту продукції.

Для побудови всіх типів регресійних моделей був використаний інструмент SAP BO Predictive Analysis.

Прогнозовані параметри попиту та ціни на препарат відіграють важливу роль при дослідженні моделі визначення рівноважного попиту в її сценарному варіанті.

Адаптація CGE-підходу для рівня процесу дає можливість визначити набір параметрів, що характеризують рівноважний стан системи (ціна, попит, пропозиція), тобто дозволяє обґрунтувати оптимальну програму виробництва препарату, а також допомагає сформува-ти ефективну цінову політику з урахуванням різних сценаріїв. Програмна реалізація такої моделі передбачає використання системи імітаційного моделювання. Такою системою була Powersim Studio, яка передбачає повну інтеграцію як з SAP, так і з MS Excel.

Параметри оптимальної виробничої програми надходять на рівень середовища, де відбувається моделювання виробничого процесу. На підприємстві такі моделі розробляються з використанням SAP NetWeaver BPM, в якому реалізується імітація виробництва та в результаті визначаються необхідні обсяги ресурсів та календар робочого процесу. Імітаційна модель процесу виробництва дозволяє проводити експерименти, як зміна технології впливає на результативність виробництва, реалізуючи в такий спосіб оптимізацію виробничого процесу. Завдяки інтеграції бізнес-процесів в системі SAP модель також дозволяє розрахувати календар поставок ресурсів з урахуванням інтенсивності їх використання та залишку на складі.

Запропоноване алгоритмічне та математичне забезпечення AODSS фармацевтичного підприємства реалізується у вигляді програмного комплексу, який складається з окремих функціональних модулів (рис. 3).

AODSS включає низку інтелектуальних модулів, що взаємодіють між собою та виконують спеціальні функції підтримки прийняття рішень: сервер агентів та сервер баз знань і моделей.



Рис. 3. Розміщення компонент AODSS в апаратно-програмному комплексі

* Джерело: складено автором

AODSS виступає важливою ланкою інтегрованого середовища управління, що виконує функції підтримки

прийняття рішень на основі баз знань. В основу інтеграції модулів системи та формування єдиного середовища

покладена відкрита веб-платформа SAP NetWeaver (SAP NW), що дозволяє інтегрувати діяльність співробітників, інформацію та бізнес-процеси, долаючи корпоративні та технологічні бар'єри (рис. 4). Важливо, що така технологічна платформа здатна поєднувати інформацію та додатки із самих різних джерел.

Програмні агенти створювались на основі JavaScript. Для підтримки цього процесу використовувався продукт SAP NW Developer Studio, який надає користувачеві зручний інтерфейс для розробки додатків J2EE.

До роботи з правилами залучався SAP NW Business Rules Management (SAP NW BRM). Моделювання процесів всередині системи відбувалось за підтримки SAP NW Business Process Management (SAP NW BPM).

Взаємодія AODSS з компетентними особами реалізується через SAP NW Portal – портал підприємства,

який надає центральну точку доступу до інформації, додатків та сервісів компанії.

Консолідацію та аналіз даних в системі управління підприємством підтримують SAP BO та SAP NW Business Warehouse. Єдина технологічна платформа надає можливість переносити результати аналітики на портал, де забезпечується виконання функцій управління знаннями, такими як рейтинги, зворотний зв'язок, коментарі тощо. Інтеграція всіх інструментів підтримки прийняття рішень дає потужний синергетичний ефект.

AODSS дозволяє підвищити якість управлінських рішень – точність, послідовність, гнучкість, які разом зі швидкістю формують основні напрями обґрунтування ефективності рішення. Важливим елементом дослідження ефективності системи підтримки рішень є витрати на їх прийняття.

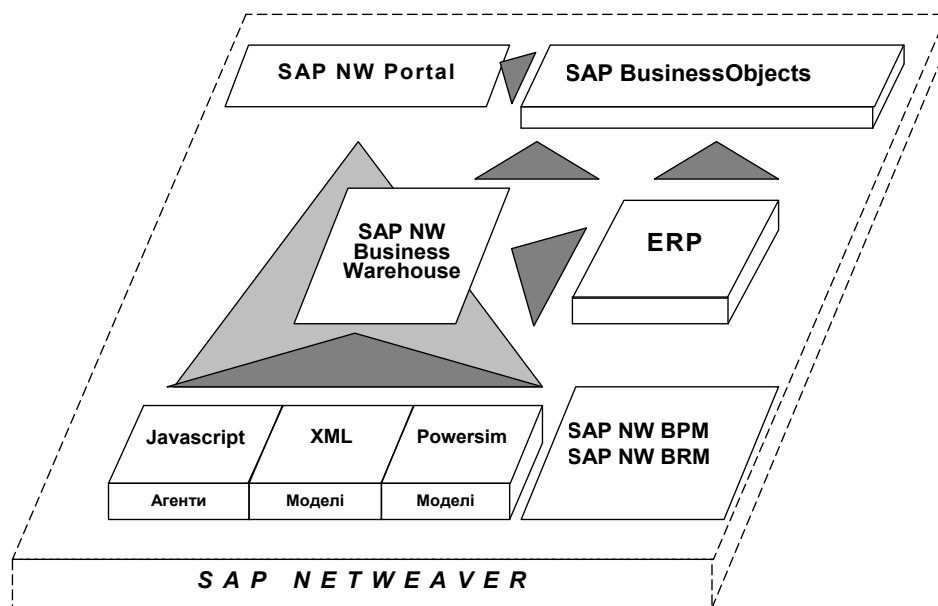


Рис. 4. Інтеграція компонент AODSS на основі SAP NetWeaver

* Джерело: складено автором

Розроблення і впровадження запропонованої АОС в умовах наявної розвинутої ІТ-інфраструктури підприємства не потребує значних матеріальних витрат і може бути реалізована за кілька місяців. Проте потрібно розуміти, що час від розробки системи до введення її у промислово експлуатацію не може бути меншим за 1 рік, оскільки інтелектуальні системи потребують значного періоду дослідного використання, що передбачає навчання, доопрацювання, звикання.

AODSS потребує забезпечення потужними серверами з великими обсягами оперативної пам'яті та пропускною спроможністю мережі; забезпечення програмного середовища для розроблення аналітичних, імітаційних та інших економіко-математичних моделей; забезпечення кваліфікованими аналітиками для підтримки моделей в актуальному стані. Також мають бути передбачені витрати на доступ до достовірних зовнішніх інформаційних джерел. Проте витрати на експлуатацію системи з часом будуть зменшуватись за рахунок зниження вартості розробки моделей, збільшення кількості розроблених аналітичних моделей сприятиме підвищенню ефективності використання даних.

Дослідження зисків підприємства від впровадження SAP ERP переконує, що щорічний приріст доходу за

рахунок автоматизації бізнес-процесів, становить 2%. Приблизно 10% такого зростання дає аналітична компонента. Відповідно до цього, можна прогнозувати, що впровадження AODSS забезпечить підприємству щонайменше 0,4 млн євро додаткового річного доходу, і вже в першому році промислової експлуатації дозволить повністю покрити витрати на її розробку. Це ще раз переконує в тому, що підприємствам з розвинутою ІТ-інфраструктурою дуже вигідно впроваджувати інтелектуальні СППР.

Висновки та дискусія. Проведене дослідження дає змогу представити низку висновків.

Використання інтелектуальних агентно-орієнтованих СППР дозволяє підприємствам одержувати конкурентні переваги за рахунок підтримки рішень усієї управлінської вертикалі. Систематичний моніторинг внутрішнього і зовнішнього середовища підприємства дає змогу вчасно виявляти загрози і можливості, співвідносити їх з певним рівнем управління та реалізовувати відповідні управлінські впливи. Автоматизоване проведення діагностики спрямоване в певній мірі на розвантаження компетентних осіб від рутинних видів діяльності, на підвищення точності рішень, але, перш за все, воно покликане створити систему підстраховувальних меха-

нізмів, що дозволяють заздалегідь формувати відповідь викликам майбутнього.

Організація відповідних процесів передбачає відчутне пришвидшення прийняття рішень та здійснення відповідних впливів, що ґрунтується на зменшенні часу на реалізацію підтримки управління: підготовку необхідних для аналізу даних за рахунок процедур завчасного збору, очищення та консолідації; аналіз даних та видобування з них знань, необхідних для ухвалення рішень, завдяки залученню заздалегідь налаштованих моделей інтелектуального аналізу та бізнес-аналітики; безпосереднє впровадження прийнятого рішення через розширення спектру автоматичних оперативних управлінських впливів. Джерелом підвищення швидкості та якості управлінських рішень виступає систематична проактивна розробка перспективних стратегій діяльності з варіантами їх оперативного впровадження.

Розробка конфігурації агентно-орієнтованих СППР є складним процесом, який передбачає глибоке дослідження як особливостей функціонування конкретного підприємства, так і особливостей реалізації інформаційної підтримки процесів управління. Потрібно зважати на те, що складність розробки, впровадження та експлуатації таких систем визначається кількістю компонент, що формують глобально розподілені та взаємопов'язані сукупності програмних та апаратних систем підприємства.

Поєднання технологій інтелектуальних агентів та ІАД дає потужний синергетичний ефект. Тому методичне забезпечення АОС має ґрунтуватися на комбінуванні різних методів і моделей ІАД, формуванні ансамблів моделей та гібридних алгоритмів. Це дозволяє суттєво підвищити ефективність використання інформаційних ресурсів.

Окремим важливим питанням для досліджень в сфері мультиагентного підходу залишається розробка не лише оптимальних варіантів конфігурацій систем, а й шляхів їх інтеграції в ІТ-інфраструктуру підприємства, використання хмарових та мобільних технологій для створення повнофункціональних інтелектуальних СППР, що відповідатимуть інформаційно-технологічним викликам сьогодення.

Список використаних джерел

1. Wooldridge M. Intelligent Agents: Theory and Practice [Електронний ресурс] / M. Wooldridge, N. Jennings // Knowledge Engineering Review. – 1995. – No 10 (2). – Режим доступу: <http://www.lsi.upc.edu/~bejar/aia/aia-web/wooldridge95intelligent.pdf>
2. Ивашкин Ю.А. Агентные технологии и мультиагентное моделирование систем: [текст] / Ю.А.Ивашкин. – М.: МФТИ, 2013. – 267 с.
3. Єршов С.В. Теоретичні основи моделювання об'єктно-орієнтованої побудови нечітких інтелектуальних мультиагентних систем: дис. ... д-ра фіз.-мат. наук: 01.05.03 / С.В.Єршов / Нац. акад. наук України, Ін-т кібернетики ім. В. М. Глушкова. – К., 2013. – 362 с.

Г. Черноус, канд. экон. наук, доц.

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ АГЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ

В статье проанализированы потенциальные возможности агентно-ориентированного подхода для поддержки принятия оперативных и стратегических управленческих решений. Предложена архитектура агентно-ориентированной гибридной интеллектуальной системы управления предприятием, обоснован современный инструментарий разработки эффективных управленческих решений. Продемонстрирован вариант внедрения предложенной системы в существующую ИТ-инфраструктуру предприятия.

Ключевые слова: агентно-ориентированная система, поддержка принятия решений, интеллектуальный анализ данных, гибридный подход, модель.

G. Chornous, PhD in Economics, Associate Professor
Taras Shevchenko National University, Kyiv

DEVELOPMENT OF THE INTELLECTUAL AGENT-ORIENTED SYSTEM FOR DECISION SUPPORT AT ENTERPRISE

Actual status of management confirms usefulness and necessity for development of scientific modeling tools for decision-making processes based on distributed artificial intelligence. The paper presents opportunities of the agent – oriented approach to support operative and strategic management decisions at the pharmaceutical enterprise. It is argued that the combination of intelligent agents technology and Data Mining (DM) produces a powerful synergistic effect. The basis of the intellectual agent – oriented DSS (AODSS) is proposed to put a hybrid approach to the use of DM. Hybrid intelligent AODSS is represented numerous network of small agents, it provides concurrent operation execution, solutions distribution, knowledge management. Agents can be divided into groups: data agents, monitoring agents, agents for solutions search, modeling

4. Castillo O. Recent Advances on Hybrid Approaches for Designing Intelligent Systems [текст] / O.Castillo, P.Melin, W.Pedrycz, J.Kacprzyk (ed.). – Berlin: Springer, 2014. – 721 p.

5. Medsker L.R. Hybrid Intelligent Systems [текст] / L.R.Medsker. – Boston: Springer, 2013. – 298 c.

6. Siddique N. Intelligent Control: A Hybrid Approach Based on Fuzzy Logic, Neural Networks and Genetic Algorithms [текст] / N.Siddique. – Berlin: Springer; 2014. – 287 p.

7. Railsback S.F. Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction [текст] / S.F.Railsback, V. Grimm. – Princeton University Press, 2011. – 352 p.

8. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: [монографія] / [С.О. Субботін, А.О.Олійник, О.О.Олійник; за ред. С.О. Субботіна. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 375 с.

9. Швецов А.Н. Агентно-ориентированные системы: основные модели: [монография] / А.Н. Швецов. – Вологда: ВоГТУ, 2012. – 189 с.

10. Ventre A.G. Multicriteria and Multiagent Decision Making with Applications to Economics and Social Sciences [текст] / A.G.S. Ventre, A.Maturo, S.Hosková-Mayerová, J.Kacprzyk. – Springer, 2013. – 315 p.

11. Гужва В.М. Моделирование мультиагентных систем для управления логистическими процессами на предприятиях: автореф. дис. канд. экон. наук: 08.03.02 / В.М.Гужва; Київський національний економічний ун-т. – К., 2002. – 17 с.

12. Рогозин О.В. Методы и модели поддержки принятия инновационных решений в агентно-ориентированных системах [монография] / О.В.Рогозин. – М.: МЭСИ, 2012. – 158 с.

13. Романов В.П. Мультиагентные системы в экономике: [текст] / В.П. Романов, А.В.Лельчук. – М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2013. – 87 с.

14. Скобелев П.О. Мультиагентные технологии для управления ресурсами предприятий в реальном времени [Электронный ресурс] / П.О.Скобелев. – Режим доступу: http://www.iki.rssi.ru/seminar/2011030204/presentation/20110303_03.pdf

15. Innovations in Multi-Agent Systems and Application [текст] / D. Srinivasan (Eds). – Springer, 2013. – 312 p.

16. Trajkovski G. Developments in Intelligent Agent Technologies and Multi-Agent Systems: Concepts and Applications [текст] / G. Trajkovski. – IGI Global, 2010. – 396 p.

17. Результаты внедрения и перспективы развития мультиагентной системы для оперативного управления инструментальным цехом ОАО "Ижевский мотозавод – Аксион холдинг" [Электронный ресурс] / И.Ю.Тюрин, А.С.Вылегжанин, М.В.Андреев, Э.В.Кольцова, П.О. Скобелев, Я.Ю.Шепилов. – Режим доступу: http://egov.samregion.ru/external/elgov/files/c_10506/Programma_PUMSS-2012.pdf

18. Ржевский Д. Мультиагентные системы в логистике и е-коммерции [Электронный ресурс] / Д.Ржевский. – Режим доступу: http://www.iteam.ru/publications/logistics/section_80/article_2689/

19. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика [монография] / В.Б. Тарасов. – М.: УРСС, 2002. – 348 с.

20. Chornous G.O. Proactive decision-making mechanism based on mining technology // Ekonomika (Economics). – 2012. – Vol.91(1). – P. 105–118.

21. Черноус Г.О. Гібридне використання методів інтелектуального аналізу даних для моделювання процесів проактивного управління / Г.О. Черноус // Бізнес інформ. – 2013. – №4. – С.172–177.

22. Черноус Г.О. Моделирование образов социально-экономических систем на основе сбалансированных методик стратегического измерения / Г.О. Черноус // Вісник Київського національного університету. Економіка. – 2013. – Випуск 135. – С.61–63.

23. Hilgert I. Reporting and Analysis with SAP BusinessObjects [текст] / I.Hilgert. – SAP PRESS, 2011. – 501 p.

Надійшла до редколегії 30.05.14

agents, impact agents and presentations agents. The result of research is development of AODSS created as a multi-level system wherein the project, process and environment levels are intercommunicated. The combination of intelligent technologies in AODSS allows involve rules, cases, a wide range of DM methods and models. The paper proposes a variant of AODSS implementation within the real enterprise IT-infrastructure based on SAP NetWeaver. The analysis results of the semi-commercial operation of the system assures that it can improve managerial decisions inasmuch as accuracy, consistency, flexibility, speed together form the basis of actual efficient solutions.

Keywords: agent-oriented system, decision support, data mining, hybrid approach, model.

Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Economics, 2014; 160: 109-117

УДК 33.330.46

JEL B41, C02

М. Шумасва, асп.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

ІНДЕКСНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА УКРАЇНИ НА БАЗІ ІКТ-ІНДЕКСІВ

У статті запропоновано індексну модель оцінювання розвитку інформаційного суспільства України на базі оглянутих методик побудови найбільш популярних ІКТ-індексів. Наведено порівняльний аналіз оцінок розвитку інформаційного суспільства країн світу за обраними ІКТ-індексами.

Ключові слова: інформаційне суспільство, інформаційно-комунікаційні технології, ІКТ-індекс.

Постановка проблеми. Проникнення інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у суспільні інституції дозволяє говорити про поширення та розвиток єдиного інформаційного простору. Застосування ІКТ у наукоємних виробництвах та практично у всіх процесах людської діяльності є одним із головних факторів підтвердження переходу людства до інформаційного суспільства. Для оцінки стану розвитку інформаційного суспільства різними міжнародними організаціями/компаніями було розроблено значну кількість ІКТ-індексів, кожен з яких ґрунтується на обраних пріоритетах дослідження. Але жоден із створених міжнародних індикаторів не може бути безпосередньо перенесений для оцінки стану розвитку інформаційного суспільства в Україні. Створення та затвердження національного композиційного індикатора стане поштовхом для подальшого дослідження методів впливу на розвиток ІКТ та інформаційне суспільство в цілому. За допомогою індексної моделі з'являється можливість оцінити майже усі фактори впливу на розвиток інформаційного суспільства в Україні та в майбутньому гармонізувати дану модель для міжнародного рівня для порівняння України з найбільш розвинутими країнами світу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Основа теорії інформаційного суспільства викладена в ряді робіт зарубіжних та вітчизняних авторів, серед яких слід зазначити дослідження Д. Белла, Т. Стоуньєра, Е. Тоффлера, Й. Масуди, М. Кастельса, Ж. Еллюля, Р. Абдєєва, Л.Г. Мельника, О. Б. Баховця, С. К. Полумієнка та інших науковців.

Основою практичного дослідження розвитку інформаційного суспільства став Всесвітній саміт з питань інформаційного суспільства (WSIS) для реалізації забезпечення ІКТ-статистики і розробки ефективної методології вимірювання розвитку інформаційного суспільства, який відбувся в Женеві в 2003 році та потім у Тунісі в 2005 році. Для проведення даних досліджень було залучено ключові організації, зокрема: Міжнародний Союз Електрозв'язку (ITU), Світовий економічний форум (СЕФ), компанію IDC, Statistical Indicators Benchmarking the Information Society (SIBIS), EOCR, Join Research Center, Евростат, Конференцію ООН з торгівлі і розвитку (UNCTAD), Цільову Групу з ІКТ при ООН (UN ICT Task Force), чотири регіональні комісії ООН (UNECA, UNECLAC, UNESCAP, UNESCWA), Інститут статистики при ЮНЕСКО (UIS) і Світовий банк. Всі отримані дані цих дослідницьких організацій викладені

для публічного доступу у вигляді відповідних підсумкових документів та звітів.

Невирішені частини загальної проблеми. Розробка методології розрахунку композиційного (зведеного) ІКТ-індикатора є неперервним процесом та основний набір індивідуальних індексів підлягає перегляду з плином часу та урахуванням змін в суспільстві. Жоден із створених міжнародних індикаторів не може бути повністю застосований для оцінки розвитку інформаційного суспільства в Україні. З огляду на наявні законодавчі акти, а саме Закон України про основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки від 9 січня 2007 року [1], Постанова КМУ про затвердження Національної системи індикаторів розвитку інформаційного суспільства від 28 листопада 2012 р. [3], Наказ МОН України про затвердження Методики формування індикаторів розвитку інформаційного суспільства від 6 вересня 2013 р. [2], розробка та вдосконалення методології оцінки розвитку інформаційного суспільства набуває особливої актуальності. Затверджена методика формування індикаторів розвитку інформаційного суспільства складається з 31-го індикатора, який оцінюється за якісною та кількісною шкалою, коли в міжнародних методиках використовується понад 100 індикаторів. Насамперед, методика формування композиційного індикатора відсутня. На основі опрацювання методик побудови найбільш популярних зведених ІКТ-індексів, публікацій вищезазначених вчених, підсумкових документів та звітів міжнародних організацій, в роботі запропоновано індексну модель оцінювання розвитку інформаційного суспільства України. В майбутньому дослідженні дана модель буде гармонізована для застосування її на міжнародному рівні та порівняння отриманих результатів для України з іншими країнами світу.

Метою даної статті є розроблення індексної моделі оцінювання розвитку інформаційного суспільства України на основі аналізу методик найбільш популярних ІКТ-індексів, позиціонування України серед інших країн світу за ступенем розвитку інформаційного суспільства.

Викладення основного матеріалу. Зведені ІКТ-індекси (е-індекси) – це величини, які характеризують рівень розвитку ІКТ на основі показників – ІКТ-індикаторів та їх наборів (суб-індикаторів/суб-індексів), при цьому визначення індикаторів і методика побудови індексу значною мірою залежить від обраних пріоритетів дослідження. ІКТ-індекси будуються на основі алгоритмів, що визначають їх функціональну залежність від набору змінних – індикаторів. Для більшості індексів