

# МУЛЬТИАГЕНТНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЦЕС-МАЙНІНГУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ПРЕЦЕДЕНТІВ ПРИ АДАПТИВНОМУ УПРАВЛІННІ ПІДПРИЄМСТВАМИ

ГУЖВА В. М.

кандидат економічних наук

Київ

**Постановка проблеми.** Засобом забезпечення організаційно-економічної стійкості промислових підприємств в умовах ринку є ефективна система управління, яка дозволяє швидко реагувати на зміни як внутрішнього, так і, насамперед, зовнішнього середовища. Очевидно, що в таку систему повинні бути закладені механізми адаптивного управління. Такі механізми достатньо напрацьовані для управління технічними об'єктами та системами. Проте перенести їх в сферу соціально-економічних систем практично неможливо за рядом причин: а) значна складність систем, б) неможливість формалізації опису динаміки (поведінки) систем такого класу, в) наявність непередбачуваних зовнішніх впливів тощо. Серед можливих шляхів вирішення проблеми ефективного управління соціально-економічними системами – впровадження принципу адаптивного управління такими системами на основі прецедентів з пошуком та реалізацією відповідних практичних механізмів та інструментарію. Це і складає проблематику даної статті.

**Метою дослідження** є обґрунтування можливості використання агентно-орієнтованого підходу для побудови системи процес-майнінгу, за допомогою якої можна отримати реальні бізнес-процеси функціонування підприємств. Такі бізнес-процеси можуть виступати в якості прецедентів при впровадженні систем адаптивного управління на основі прецедентів.

**Викладення основного матеріалу.** Класичні підходи до управління (наприклад, [1,2]) будуються на тому припущенні, що можна отримати нехай складну, але точну аналітично задану форму функціональної залежності вхідних і вихідних сигналів системи управління з наступним уточненням значень коефіцієнтів, що входять до неї. Однак при всій витонченості напрацьованого математичного інструментарію область застосування таких методів управління залишаються порівняно прості об'єкти управління з очевидними властивостями, тобто такі об'єкти, функціонування яких добре формалізується. Через недостатність знань про об'єкт та середовище,

в якому він функціонує, спроби отримати точну модель поведінки такого об'єкта не представляються можливими. Проте управління такими об'єктами являє не менший інтерес і є не менш важливим. Прикладом таких об'єктів можуть бути соціально-економічні об'єкти, і, зокрема, промислові підприємства.

При моделюванні процесів управління зазвичай розглядають три типи управління: 1) відкрите (розімкнене), 2) замкнене (управління зі зворотним зв'язком) та 3) адаптивне.

**Перший тип** – розімкнене управління, яким передбачається наявність мети, якою визначається керуючий вплив для досягнення цієї мети. Відсутність зворотного зв'язку спрощує управління. При відхиленні результату від запланованого проводиться аналіз, який пояснює причини відхилення, але не ставить завдання змінити що-небудь в управлінні (рис. 1).

**Другий тип** – замкнуте управління (управління зі зворотним зв'язком), при якому передбачається можливість змінювати управління в залежності від його впливу на кінцевий результат. Ця методика управління розрахована в основному на малі проміжки часу. Якщо ж результат впливу фактора проявляється через досить великий час, часто виникають значні труднощі (рис. 2).

**Третій тип** – адаптивне управління відрізняється від замкнутого наявністю моделі керованого об'єкта, в якій аналізуються можливі наслідки управління (прогноз). Правильна реакція можлива лише при побудові максимально точної моделі об'єкта, що адекватно відображає середовище функціонування і сам об'єкт управління (рис. 3).

Поняття управління з адаптацією (адаптивне управління) – це управління в системі з неповною апріорною інформацією про керований процес, яке змінюється в міру накопичення інформації і застосовується з метою поліпшення якості роботи системи.

Адаптивною моделлю системи керування об'єктом вважають таку модель, в якій в результаті зміни характеристики внутрішніх і зовнішніх властивостей об'єкта відбувається відповідна зміна структури і параметрів регулятора управління з метою забезпечення стабільності функціонування об'єкта. Основна властивість

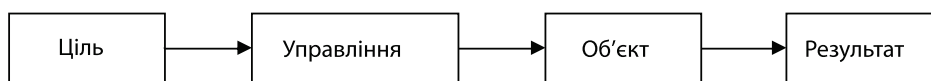


Рис. 1. Схема розімкненого управління

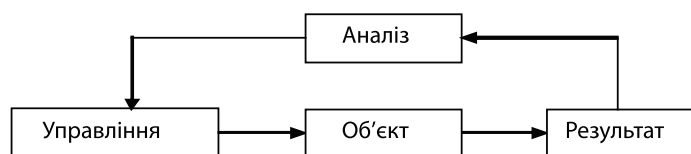


Рис. 2. Схема замкнуте управління (управління зі зворотним зв'язком)

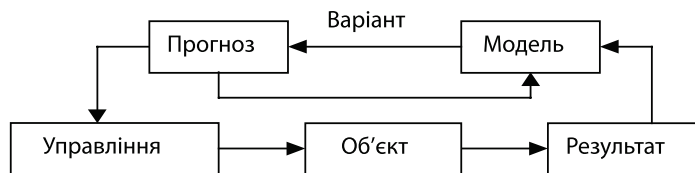


Рис. 3. Схема адаптивного управління

адаптивних систем – реалізація мети управління в умовах недетермінованого зовнішнього середовища і параметрів об'єкта, що змінюються.

До теперішнього часу модель адаптивного управління розглядалася розробниками в основному для керування фізичними процесами. Цей підхід будується на припущенні, що можна отримати точну форму передавальної функції, що відображає множину вхідних параметрів у множину вихідних параметрів керованого об'єкта. Областю застосування таких методів управління є порівняно прості та такі, що добре формалізуються, об'єкти управління з очевидними властивостями (насамперед – технічні об'єкти та системи).

На практиці ж типовими є об'єкти управління, функціонування яких слабо формалізуються та властивості яких априорі невідомі або змінюються в процесі функціонування. Спроби аналітично описати їх властивості швидко призводять до катастрофічного ускладнення математичних моделей. Прикладами об'єктів такого класу можуть слугувати соціально-економічні об'єкти (наприклад, промислові підприємства, банки, страхові компанії тощо).

До числа причин, які не дозволяють використати для соціально-економічних систем напрацьовані в технічній сфері методи побудови адаптивних систем управління, слід віднести: 1) неможливість точної математичної формалізації структури об'єкта; 2) похибка вимірів параметрів, що відображають процес функціонування об'єкта; 3) відсутність достовірної інформації про початкові координати; 4) наявність непередбачуваних зовнішніх впливів та ін.

Адаптивне управління підприємствами на основі прецедентів. Одним із можливих напрямків адаптивного управління соціально-економічними системами (зокрема, і промисловими підприємствами) є управління на основі прецедентів [3]. Прецедент – це опис проблеми або ситуації в сукупності з докладним зазначенням дій, що вживаються в цій ситуації чи для вирішення даної проблеми. Традиційно прецедент включає: 1) опис проблеми, 2) вирішення цієї проблеми та 3) результат (обґрунтованість) застосування рішення. Є багато способів представлення прецеденту: від записів бази даних, деревовидних

структур до предикатів і фреймів. Подання має відповідати цілям системи. Проблема подання прецеденту – це насамперед проблема рішення, що зберегти в прецеденті, знаходження відповідної структури для опису змісту прецеденту і вибору способу організації та індексування бази знань прецедентів для ефективного пошуку і багаторазового використання. Цикл адаптивного управління на основі прецедентів представлений на рис. 4.

Реальні бізнес-процеси на підприємстві як прецеденти. Сьогодні в практиці функціонування економічних об'єктів (наприклад, промислових підприємств) досить часто використовується процесно-орієнтований підхід до управління – основним елементом управління при такому підході є бізнес-процеси. Особливістю процесно-орієнтованого підходу є те, що бізнес-процеси на рівні формалізації можуть описувати взаємодії (і, відповідно, взаємовідносини) між об'єктами та суб'єктами в процесі функціонування соціально-економічних структур.

Пропонується в якості прецедентів розглядати реальні бізнес-процеси функціонування економічних об'єктів. Головна задача, яка потребує вирішення в рамках такого підходу, – це отримання фактичної інформації про реальні бізнес-процеси.

В якості інструментарію для вирішення цієї задачі пропонується скористатися технологією процес-майнінгу (**Process Mining**) [4]. *Технологія Process Mining – це технологія побудови формальних моделей для екземплярів бізнес-процесів.* Джерелом інформації для технології Process Mining виступають протоколи роботи інформаційних систем управління економічними об'єктами (так звані лог-файли). Вони відображають реальне виконання бізнес-процесів через взаємодію їх виконавців. Застосування до них методів Process Mining дозволяє автоматично побудувати моделі бізнес-процесів. На основі їх аналізу можуть прийматися рішення про внесення зміни до бізнес-процесів і/або про модернізацію та налаштування інформаційної системи. Однак, для аналізу може бути використаний не кожний протокол. Потрібно, щоб в ньому була інформація, достатня для застосування методів Process Mining. До необхідних вимог можна відне-

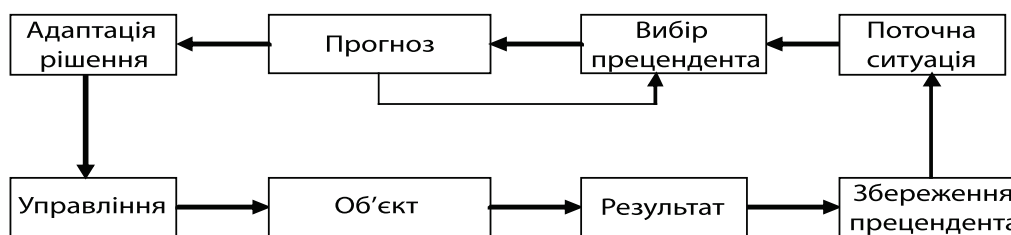


Рис. 4. Схема адаптивного управління на основі прецедентів

сти наступні: а) всі події, записані в протоколі, повинні бути ідентифіковані з екземплярами процесів; б) всі події повинні бути впорядковані за часом їх виконання; в) різнотипні події повинні розрізнятися.

Отримані за допомогою процес-майнінгу реальні бізнес-процеси можуть виступати в якості бази прецедентів, на основі яких може реалізовуватися адаптивне управління економічним об'єктом.

Агентно-орієнтована технологія реалізації технології процес-майнінгу. Для практичної реалізації технології Process Mining пропонується скористатися агентно-орієнтованим підходом — побудувати відповідну систему у вигляді сукупності програмних агентів (тобто як мультиагентну систему (МАС)), які дозволяють реалізовувати необхідний набір функцій Process Mining. До складу такої МАС пропонуються агенти двох типів: 1) функціональні агенти – покликані виконувати базовий функціонал системи Process Mining; 2) агенти оцінки та порівняння — основне їх призначення — це вибір найбільш прийнятних алгоритмів Process Mining для конкретних ситуацій на основі якісних та кількісних оцінок (вимірювань або метрик) та порівняння отриманих моделей бізнес – процесів з еталонними (або референтними) моделями (рис. 5).

Серед функціональних агентів, що повинні увійти до складу такої МАС, повинні бути наступні: 1) агент для імпортування (import agent) — дозволяє використовувати під час роботи раніше створені в інших засобах моделі, а також підключають їх до вже відкритих у середовищі логів; 2) агент для виявлення (mining agent) — реалізує алгоритми добування інформації з лог-файлів та представлення її у вигляді різних моделей; 3) агент для

експортування (export agent) — його призначення: зберігати отримані на фазах добування і аналізу інформації моделі, а також проводити операції над логами; 4) агент для аналізу (analysis agent) — його функція: аналізувати відкриті в середовищі лог-файли і моделі; 5) агент для перетворення (conversion agent) — сприяє перетворенню створених моделей з одного формату в інший.

Практична реалізація запропонованої агентно-орієнтованої технології для отримання реальних бізнес-процесів як прецедентів пов'язана з вирішенням цілого ряду важливих задач, зокрема, таких як вибір найбільш ефективного алгоритму процес-майнінгу, вибір методів (метрик) кількісної оцінки отриманих реальних бізнес-процесів, деталізація функцій агентів в складі відповідної МАС для здійснення процес-майнінгу тощо. Вирішення цих та інших пов'язаних задач може бути предметом подальших досліджень.

**Висновки.** Адаптивне управління є ефективним механізмом управління технічними системами та об'єктами. За цілим рядом причин перенести напрацьовані в технічній сфері методи та підходи адаптивного управління на соціально-економічні об'єкти практично неможливо.

Як можливий варіант вирішення такої проблеми розглядається використання адаптивного управління на основі прецедентів. В якості прецедентів можуть розглядати реальні бізнес-процеси. Для їх отримання пропонується скористатися технологією процес-майнінгу. Практичним інструментарієм впровадження останньої може слугувати відповідна мультиагентна система. ■



Рис. 5. Мультиагентна система для реалізації процедур процес-майнінгу

#### ЛІТЕРАТУРА

**1. Я. З. Цыпкин.** Адаптация и обучение в автоматических системах.– М.: Наука, 1968.

**2. Н. Г. Загоруйко.** Прикладные методы анализа данных и знаний.– Новосибирск, ИМ СО РАН, 1999.

**3. Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин.** Методы добычи данных при построении локальной метрики в системах вывода по прецедентам.– М.: ИСП РАН.– Препринт № 18.– 2006.

**4. L. Maruster, A. J. M. M. Weijters, W. M. P. van der Aalst, and A. van den Bosch.** Process Mining: Discovering Direct Successors in Process Logs / In Proceedings of the 5th International Conference on Discovery Science (Discovery Science 2002).– vol. 2534 of Lecture Notes in Artificial Intelligence.– pp. 364–373.– Springer-Verlag, Berlin, 2002.