

УДК 004.896

DOI: 10.31673/2412-9070.2022.022731

В. П. КОЛУМБЕТ, аспірант,

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», Київ

МЕТОД ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПІД ЧАС РОЗРОБЛЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ СФЕРИ МУЛЬТИАГЕНТНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ РЕСУРСІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Мультиагентні системи є новим напрямком у розвитку штучного інтелекту, який сформувався на основі результатів досліджень у галузі розподілених комп'ютерних систем, мережних технологій для вирішення проблем і паралельних обчислень. Агентний підхід уже використовується в розподіленому розв'язанні складних завдань, реінжинірингу підприємств, електронному бізнесі, логістиці, однаковому моделюванні. У даній задачі можна класифікувати два класи проблем: завдання розподіленого керування і завдання планування досягнення цілей, в яких агенти спільно вирішують поставлені проблеми, і потрібно забезпечити ефективний спосіб співпраці їх діяльності та локальні завдання, в яких агенти використовують загальні та зазвичай обмежені ресурси. Упровадження програмних агентів в інформаційній системі дасть змогу певною мірою спростити роботу користувачів, оскільки агенти зможуть стежити за станом системи і пропонувати деякі вирішення.

Важливою проблемою в розвитку інформаційної системи є здобуття знань фахівців у певній предметній сфері. Здебільшого ці знання не формалізовані, а тому недоступні іншим людям. Успішним розв'язком цієї проблеми є додавання загальної бази знань до створеної концептуальної моделі та розроблення агентів, які, ґрунтуючись на цих знаннях, запропонують вирішення деяких наявних проблем в автоматизованій сфері, яка виконує певні формалізовані функції користувачів і надає підтримку у вирішенні завдань організаційно-технічного керування.

У статті розглянуто метод підтримки прийняття рішень під час розроблення предметної сфери мультиагентних процесів перетворення ресурсів інформаційної системи, який відрізняється від наявних методів використанням інформаційної складової опису предметної сфери на основі аналізу інформаційних потоків для побудови концептуальної моделі інформаційної системи, що дає змогу значно прискорити та спростити розроблення програмних комплексів.

Ключові слова: мультиагентний підхід; підтримка прийняття рішень; предметна сфера; потоки даних; діаграми прецедентів; інформаційна система.

Вступ

Процеси ухвалення рішень мають свої особливості. Передусім ці проблеми важко описати алгоритмічно [1]. Рішення ухвалюються за певними сценаріями, для опису яких доцільно використовувати бази знань і технології експертних систем. Під час автоматизації діяльності особи, яка ухвалює рішення, можна використовувати програмні інтелектуальні агенти [2]. Тому для таких процесів інформаційна система має містити й допоміжну систему підтримки прийняття рішень (СППР). З огляду на наявну інформацію особа, що ухвалює рішення, правильно визначає проблему і вибирає оптимальне рішення [3]. Слід зазначити, що не всі алгоритми і сценарії поведінки піддаються повній формалізації. Іноді потрібна безпосередня участь особи, що ухвалює рішення. Автоматизація кожної групи процесів, що відбуваються в організації, має свої особливості [4]. Наявні підходи до розроблення, кожен окремо, не охоплюють усі питання, які постають у даному випадку [5]. Запропонований метод здатен істотно скоротити час та витрати на розроблення й упровадження інформаційних систем.

Огляд останніх досліджень та публікацій. Питання розв'язання задачі та реалізації систем підтримки прийняття рішень доволі актуальна для нашого часу. Цій тематиці було присвячено низку праць сучасних зарубіжних та вітчизняних учених. Серед них, зокрема, варто виокремити таких, як Додонов О. Г., Сенченко В. Р., Коваль О. В., Бідюк П. І., Тимошук О. Л., Коваленко А. Є., Коршевнюк Л. О., Суботін С. О., Азарова А. О. та ін. Роботи цих учених присвячено дослідженню та розвитку систем підтримки прийняття рішень.

У статті [6] досліджувались процеси підтримки прийняття рішень у системі керування виробничо-збутовим процесом. Для багатокритеріального оцінювання варіантів із використанням апарата нечітких множин вибрано функції загальної корисності та корисності локальних критеріїв. Такий метод не дає змоги описати статичний і динамічний базові процеси, а отже, не розглядає питання їх аналізу і реінжинірингу.

У [7] описується система підтримки прийняття рішень стосовно підвищення рівня інформаційної безпеки підприємства. Така система дає можливість засобами системного підходу та ER-моделювання

© В. П. Колумбет, 2022

істотно підвищити рівень інформаційної безпеки підприємства, здійснюючи індивідуальний добір методів та засобів політики інформаційної безпеки на підприємстві, ґрунтуючись на побажаннях підприємця та експертному оцінюванні. Запропонований у статті метод реалізовано у складі набору компонентів для розроблення мультиагентних систем. Інструментарій призначено для створення мультиагентних систем, пов'язаних із плануванням і виділенням ресурсів. Однак цей метод не призначено для аналізу та реінжинірингу бізнес-процесів.

У праці [8] розглядаються процеси моделювання підтримки прийняття рішень в інноваційних класерах. Метод моделювання ґрунтується на принципі аналогії, тобто можливостях вивчення реального об'єкта не безпосередньо, а через дослідження подібного до нього й більш доступного цьому дослідженню об'єкта – його моделі. Але такий метод не здатен описати статичний і динамічний базові процеси та не вивчає питання їх аналізу і реінжинірингу.

У [9] запропоновано концепцію побудови групової системи підтримки прийняття рішень із реінжинірингу бізнес-процесів, описано її структуру, запропоновано типові та специфічні вимоги до її побудови та впровадження. Даний метод не дає змоги описати динамічні базові процеси.

Отже, з огляду на здійснений аналіз виявлено, що сучасні методи не повною мірою розв'язують питання розроблення інформаційних систем із використанням фреймово-семантичного підходу, що впливає на аналіз процесів створення організаційно-технічної системи [11]. Вони не беруть до уваги динаміку бізнес-процесів, не приділяють достатньої уваги аналізу «вузьких місць», не використовують інформацію з моделі процесів організаційно-технічної системи за умов динамічного бізнес-процесу для розвитку інформаційної системи.

Мета та задачі дослідження. Метою дослідження є вдосконалення методу підтримки прийняття рішень під час розроблення предметної сфери мультиагентних процесів перетворення ресурсів інформаційної системи на основі інформаційної складової предметної сфери та аналізу інформаційних потоків для побудови концептуальної моделі інформаційної системи.

Основна частина

У статті розглядається запропонований метод підтримки прийняття рішень на етапі розроблення предметної сфери мультиагентних процесів перетворення ресурсів інформаційної системи, що складається з таких п'яти етапів.

Перший етап — розроблення інформаційної системи — починається з дослідження предметної сфери і побудови імітаційної моделі мультиагентних процесів перетворення ресурсів «як є». **На другому етапі** проводяться імітаційні експерименти з моделлю «як є» з метою виявлення «вузьких місць» в організації процесів [12]. **На третьому етапі** побудова моделі інформаційної системи здійснюється на основі даних моделі мультиагентних процесів перетворення ресурсів. Розглянемо його детальніше.

До складу динамічної моделі мультиагентних процесів перетворення ресурсів належать процеси (PR), операції (Op), ресурси (RES), керувальні команди (U), інструменти ($MECH$), відправники ($Sender$) і приймачі ($Receiver$), перетини ($Junction$), параметри (P), агенти ($Agent$). Окремо виділяються інформаційні типи ресурсів: повідомлення ($Message$) і запити на роботу ($Order$). Опис причинно-наслідкових зв'язків між елементами перетворення і ресурсами задано об'єктом ($Relation$) [13].

Отже, i -ту операцію (Op_i) можна подати такою структурою:

$$Op_i = \langle f, RESin_i, RESout_i, MECH_i \rangle, \quad (1)$$

де f — функція, яку реалізує i -та операція; $RESin_i$ — вхідні ресурси для виконання i -ї операції; $RESout_i$ — вихідні ресурси для виконання i -ї операції, $RESout_i = f(RESin_i)$; $MECH_i$ — механізми для виконання i -ї операції; $RESin_i = \{RESin_{i1}, RESin_{i2}, \dots, RESin_{ik}\}$ — множина вхідних ресурсів; $RESout_i = \{RESout_{i1}, RESout_{i2}, \dots, RESout_{im}\}$ — множина вихідних ресурсів; $Sender_{ik}$ — джерело ik -ресурсу; $Receiver_{ik}$ — приймачі ik -ресурсу.

Ця математична модель мультиагентних процесів перетворення ресурсів використовується як модель опису бізнес-процесів.

Кожна операція моделі мультиагентних процесів перетворення ресурсів, яка має бути автоматизована в інформаційній системі, перетворюється у функцію діаграми $DFD \forall Op_i Op_i \rightarrow F_{DFD}$. На діаграмі класу формується базовий клас операції, для кожної операції — екземпляр базового класу.

Усі ресурси, що використовуються в автоматизованих операціях, перетворюються в потоки даних діаграми DFD , а вхідні ресурси i -ї операції стають вхідними потоками i -ї функції DFD -діаграми $\forall Res_i; Res_i \in InOp_i Res_i \rightarrow DataFlowIn(Op_i)$, а вихідні ресурси є вихідними потоками діаграми $DFD \forall Res_i; Res_i \in OutOp_i Res_i \rightarrow DataFlowOut(Op_i)$. На діаграмі класів створюється базовий клас ресурсу. Для кожного ресурсу — екземпляр базового класу.

Для всіх ресурсів моделі потрібно створити сховище даних $Create(DataStore_i)$ на діаграмі DFD . На UML -діаграмі класу формується базовий клас для сховища даних.

Усі агенти з моделі мультиагентних процесів перетворення ресурсів, які будуть реалізовані програмним способом, перетворюються на зовнішні сутності діаграми $DFD \forall Agent_i Agent_i \rightarrow ExtrEss_i$. На діаграмі класу створюється базовий клас агента. Для кожного агента — екземпляр базового класу: $\forall Agent_i Agent_i \rightarrow Class(Agent_i)$. На основі даних із DFD -діаграми створюються діаграми прецедентів. Кожна зовнішня сутність перетворюється на актора у відповідній діаграмі прецедентів $\forall ExtrEss_i ExtrEss_i \rightarrow Actor_i$, а пов'язані з нею функції — у прецеденти $\forall F_i F_i \rightarrow Case(Actor_i)$.

Розглянемо приклад агента з одним правилом («якщо» $a > b$, «то» $a = a - b$). Елементи пам'яті, необхідні для зберігання змінних, перетворюються у сховища даних DFD -діаграми, а правила «якщо» і «то» — в операції. Результатом є діаграма DFD , зображена на рис. 1.

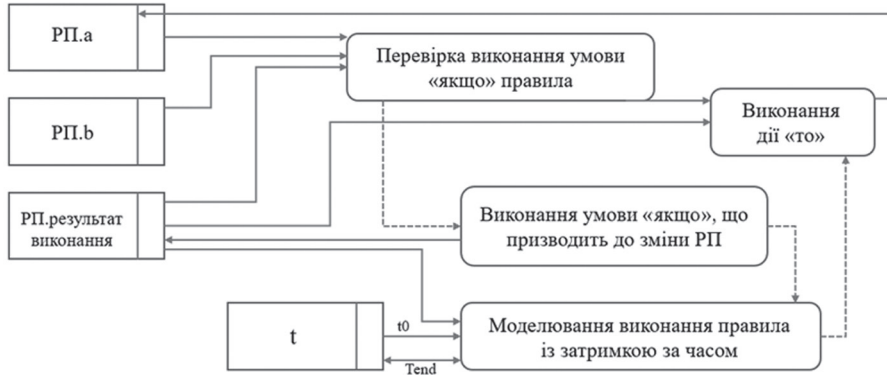


Рис. 1. Приклад DFD -діаграми для реактивного агента з одним правилом

Опис правил агента використовується для побудови діаграми прецедентів, тобто кожне правило переходить у прецедент.

Формули, що містяться в умовах «якщо» і «то» правил агента, переводяться в опис методу відповідного класу. Схему пошуку рішення інтелектуального агента інформаційної системи під час перетворення агента на продукцію наведено на рис. 2 [15]. Слід зазначити, що:

- ресурси, інструменти та квитки є робочою пам'яттю;
- на другому етапі, якщо жодну ситуацію не діагностовано, відбувається перехід на етап 11 (Завершення роботи).

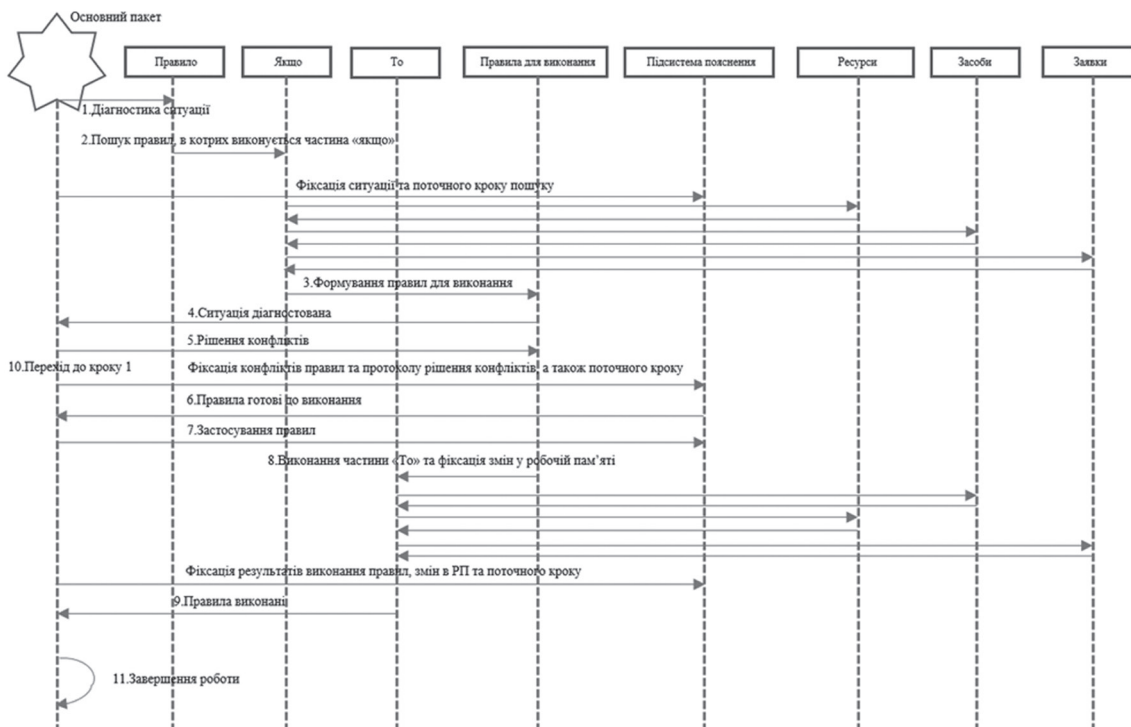


Рис. 2. Діаграма пошуку рішення інтелектуального агента проєктування інформаційної системи під час перетворення агента на продукцію

База знань про дизайн інтелектуального агента проектування інформаційної системи — це опис об'єктів мультиагентних процесів перетворення ресурсів та інформаційної системи.

На основі даних із DFD-діаграми створюються діаграми прецедентів. Кожна зовнішня сутність перетворюється на актора відповідній діаграмі прецедентів $\forall Ex_{DFD}' Ex_{DFD}' \rightarrow Actor_{UML}'$, а пов'язані з нею функції в прецеденти $\forall F_{DFD}': F_{DFD}'(Ex_{DFD}')F_{DFD}' \rightarrow Case_{UML}'(Actor_{UML}')$.

Атрибути класів, які відповідають зовнішнім сутностям, дають змогу визначити структуру таблиць ER-діаграм.

На четвертому етапі відбувається доопрацювання системи розробниками, побудова діаграм послідовності та моделювання інтерфейсу користувача.

П'ятим етапом постає вирішення питання розміщення екземплярів концептів предметної сфери у базах знань (KBAG) агентів. Для розв'язання цієї задачі розглянемо проблему розміщення з дискретним простором рішень. Його формулювання можна подати в такий спосіб.

Знайти

$$\min z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}, \quad (2)$$

з обмеженнями

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \geq 1, \quad i = 1, \dots, m, \quad (3)$$

$$x_{ij} = (0, 1), \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n, \quad (4)$$

де z — цільова функція; n — кількість агентів; m — кількість екземплярів концептів предметної сфери; c_{ij} — коефіцієнт, що показує величину витрат на розміщення i -го екземпляра концепту j -го агента,

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i\text{-й екземпляр концепту} \\ & \text{розміщено в } j\text{-го агента} \\ 0, & \text{інакше,} \end{cases}$$

a_{ij} — коефіцієнт, що визначає потребу j -го агента в i -му концепті,

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i\text{-й екземпляр концепту} \\ & \text{розміщено в } j\text{-го агента} \\ 0, & \text{інакше.} \end{cases}$$

Мінімізація цільової функції вказує на мінімізацію сумарних витрат, що охоплюють виробничі витрати, витрати на переналагодження та хропіння запасів. Обмеження встановлює для кожного інтервалу часу співвідношення між наявною та необхідною кількістю ресурсів.

Отже, потрібно розташувати екземпляри концептів у базах знань (KBAG) агентів із мінімальними витратами. Коефіцієнти c_{ij} визначаються експертами і дають змогу лінійно впорядкувати агентів за вартістю розміщення екземплярів концептів з огляду на вартість розроблення розподіленої інформаційної системи та її експлуатації. Для цього можуть бути використані методи експертного оцінювання.

Висновки

У процесі використання запропонованого методу перехід від етапу проектування до етапу розроблення програмного забезпечення скорочується за допомогою процесу автоматизації моделювання. У разі використання методу підтримки прийняття рішень під час розроблення предметної сфери мультиагентних процесів перетворення ресурсів інформаційної системи на основі інформаційної складової предметної сфери знижується фактор втрати частини інформації під час переходу від концептуальної моделі предметної сфери організаційно-технічної системи до концептуальної моделі інформаційної системи. У розглядуваному методі пропонується автоматично генерувати заготовки програмних модулів, що описують класи та форми програмного інтерфейсу.

Даний метод стане в пригоді розробникам складних інформаційних систем.

Список використаної літератури

1. Автоматизована система формування сценарію аналітичної діяльності / О. Г. Додонов, О. В. Коваль, В. Р. Сенченко, В. В. Шпурик // Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2019. Т. 21. № 1. С. 11–22.
2. Формування оптимального сигналу фотодетектора в оптичних системах автоматичного керування / В. В. Петров, Є. Є. Антонов, В. М. Зенін [та ін.] // Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2022. Т. 24. № 1. С. 23–35.

3. Матов О. Я. Методи і аналітичні умови адаптації надання ресурсів користувачам хмарних обчислень // Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2020. Т. 22. № 4. С. 32–46.
4. Ланде Д. В., Страшної Л., Балагура І. В. Метод формування та кластеризації кореляційних мереж понять // Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2021. Т. 23. № 2. С. 27–36.
5. Додонов О. Г., Сенченко В. Р., Коваль О. В. Аналітика і знання в комп'ютерних системах: монографія. Київ: ін-т проблем реєстрації інформації НАН України; Нац. техн. ун-т України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». 2020. 315 с.
6. Адамцев Д. Ю., Прокопенко Д. І. Підтримка прийняття рішень у системі управління виробничо-збутовим процесом // Automation and development of electronic devices. 2021. Part 2. С. 139–143.
7. Азарова А., Дьогтєва І., Шиян А. Система підтримки прийняття рішень щодо підвищення рівня інформаційної безпеки підприємства // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 2022. Вип. 53. № 1. С. 12–18.
8. Мельников В. В. Моделювання процесів підтримки прийняття рішень в інноваційних кластерах // Бізнес Інформ. 2016. № 2. С. 172–177.
9. Помазун О. М. Особливості побудови групової системи підтримки прийняття рішень з реінжинірингу бізнес-процесів // Вісн. Запоріж. нац. ун-ту. 2009. № 1(4). С. 83–88.
10. Шаповалова О. О., Камардін А. С., Петухова О. А. Система підтримки прийняття рішень при виконанні логістичних завдань // Системи обробки інформації. 2018. Вип. 3 (154). С. 57–63.
11. Плескач В. Л., Рогушина Ю. В. Агентні технології: монографія. Київ: Нац. торг.-екон. ун-т, 2005. 344 с.
12. *Subsystem of Collection, Storage and Visualization of Operating Data of the Decision Support System for Microgrid Management* / V. Shendryk, Y. Parfenenko, V. Maikovskiy [et al.] // Computer Systems and Information Technologies. 2022. № 2. P. 69–77.
13. Wright A., Sittig D. Sequencing Infrastructure Investments under Deep Uncertainty Using Real Options Analysis // Journal of Biomedical Informatics. 2008. Vol. 41(6). P. 982–990.
14. Субботін С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень. Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. 341 с.
15. Системи і методи підтримки прийняття рішень / П. І. Бідюк, О. Л. Тимощук, А. Є. Коваленко, Л. О. Коршевнік. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 278 с.

V. Kolumbet

METHOD OF SUPPORTING DECISION-MAKING IN THE DEVELOPMENT OF THE SUBJECT FIELD OF MULTI-AGENT PROCESSES FOR THE CONVERSION OF INFORMATION SYSTEM RESOURCES

Multi-agent systems represent a new direction in the development of artificial intelligence, which was formed on the basis of research results in the field of distributed computer systems, network technologies for solving problems, and parallel computing. The agent approach is already used in the distributed solution of complex tasks, enterprise reengineering, e-business, logistics, and uniform modeling. In this problem, two classes of problems can be classified: tasks of distributed management and tasks of planning the achievement of goals, in which agents jointly solve the set problems, and it is necessary to ensure an effective way of cooperation of their activities, and local tasks in which agents use common, as a rule, limited resources. The implementation of software agents in the information system will, to some extent, simplify the work of users, as the agents will be able to monitor the state of the system and offer certain solutions.

An important problem in the development of the information system is obtaining the knowledge of specialists in a certain subject area. For the most part, this knowledge is not formalized and therefore inaccessible to other people. A successful solution to this problem is the addition of a general knowledge base to the created conceptual model and the development of agents that, based on this knowledge, will offer solutions to certain problems in an automated area that performs certain formalized user functions and provides support in solving organizational and technical management tasks.

The article considers a method of decision-making support in the development of the subject area of multi-agent processes of transformation of information system resources, which differs from existing methods by using the information component of the description of the subject area based on the analysis of information flows to build a conceptual model of the information system, which allows you to significantly speed up and simplify the development of software complexes.

Keywords: multi-agent approach; decision support; subject area; data flows; case diagrams; information system.