

УДК 330.4:658.012.32

**Т. О. Прокопенко, д.т.н., доцент**e-mail: [t.prokopenko@chdtu.edu.ua](mailto:t.prokopenko@chdtu.edu.ua)Черкаський державний технологічний університет  
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

## ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УПРАВЛІННІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

*В статті розглядається питання розробки імітаційної моделі прийняття рішень в управлінні організаційно-технологічними об'єктами та комплексами. Сучасний темп змін та розвитку технологій вимагає застосування адекватних методологій дослідження в режимі реального часу. На основі застосування мультиагентного підходу, автором запропонована імітаційна модель, що надасть можливості прогнозу динаміки досягнення цілей, динаміки зміни показників ефективності при прийнятті відповідного управлінського рішення та виборі на основі цього оптимального рішення.*

**Ключові слова:** організаційно-технологічний об'єкт, прийняття рішень, імітаційна модель, мультиагентний підхід.

**Вступ.** Сучасні підприємства, корпорації, об'єднання в різних галузях промисловості характеризуються багатовимірністю, складністю організаційної та виробничої структури, наявністю та зміною багатьох цілей, активністю, нестаціонарністю технологічних процесів, необхідністю забезпечення мінімальних втрат цільового продукту при жорстких обмеженнях на енергоносії, не детермінованістю. Тісний взаємозв'язок організаційних та технологічних процесів, їх взаємна інтеграція, організація інноваційної діяльності, інтелектуальне керування виробничими процесами дає можливість розглядати сучасні виробництва як організаційно-технологічні об'єкти та комплекси [1]. Прийняття рішень в управлінні такими об'єктами має базуватись на комплексному поєднанні формалізованих методів, інтелектуальних методів та евристичних способів на основі оцінювання теперішнього стану та прогнозування майбутнього з врахуванням впливу факторів зовнішнього середовища та ризиків.

Такі властивості організаційно-технологічних об'єктів як наявність підсистем, що пов'язані між собою складними структурними та функціональними відношеннями; ієрархічна структура, що обумовлена існуванням глобальної цілі та локальних цілей підсистем; необхідність адаптації до зміни внутрішніх умов функціонування та зовнішнього середовища; велика розмірність задач управління, залежність від якості сировини та навантажень, що характеризується виробничими

ситуаціями ускладнюють прийняття управлінських рішень в режимі реального часу. Тому для підвищення ефективності управління складними організаційно-технологічними об'єктами, особливо в умовах невизначеності та ризиків, доцільними є застосування комплексних методів та підходів, що нададуть можливості не тільки обробки значного обсягу інформації в режимі реального часу, а також автоматизованого управління певними процесами, але й прийняття рішень з врахуванням поточного стану, майбутніх перспектив та ризиків.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В управлінні організаційно-технологічними об'єктами актуальним є об'єднання всіх функцій управління та створення гнучких систем з елементами штучного інтелекту, які дозволяють оперативно здійснювати оцінку ефективності підприємства, планування і управління виробництвом, планування та управління матеріальними потоками, логістичний аналіз, розрахунок та аналіз собівартості продукції; а також планувати стратегічну діяльність в умовах невизначеності та ризиків.

Моделі прийняття рішень в управлінні організаційними, організаційно-технічними (технологічними) об'єктами та комплексами досліджуються в роботах вітчизняних та зарубіжних вчених. Так, в роботах [2, 3] вітчизняних вчених Ладанюка А.П., Українця А.І., Кишенько В.Д. та зарубіжних вчених A. Chochowski, I. Chernyshenko та ін. досліджу-

ється питання управління організаційно-технологічними процесами, зокрема біотехнологічними, на основі застосування методів ситуаційного аналізу та сценарного підходу. При цьому розглядається система моделей, що описує процеси зміни параметрів та умов функціонування біотехнологічних процесів, дискретно фіксує принципи з точки зору розробника системи управління біотехнологічними процесами моменти переходу на новий якісний рівень функціонування та режимів роботи. В роботі [4] вітчизняних вчених Грабовського Г.Г., Богаєнко І.М., Архангельського В.І. прийняття рішень в управлінні організаційно-технологічними об'єктами досліджено з точки зору інтегрованого підходу в управлінні залежно від ситуації з використанням об'єктивної інформації, що надходить та оброблюється в темпі протікання процесів. Робота [5] зарубіжних вчених Большакова О.А. та ін. присвячена дослідженню організаційно-технічних систем на основі застосування комбінованого інтелектуального методу. В роботі [6] прийняття управлінських рішень в організаційно-технічних системах досліджується на основі нечітких множин та нечіткої логіки. В роботі [7] описуються моделі прийняття рішень в управлінні організаційними системами на основі математичної теорії, теорії ігор, теорії активних систем.

Однак, для організаційно-технологічних об'єктів в процесі прийняття управлінських рішень важливим є врахування факторів швидкої зміни обставин, коли необхідно охопити великий обсяг інформації, що надходить, порівняти її з інформацією, яка вже є, врахувати досвід минулого, розібратися в різних ситуаціях, втрутитись в хід реалізації управлінського рішення [8]. Тобто важливого значення набуває фактор реального часу.

Метою даної статті є обґрунтування та дослідження імітаційної моделі прийняття рішень в управлінні організаційно-технологічними об'єктами, що базується на застосуванні мультиагентного підходу, та забезпечить можливість визначення подальших перспектив з врахуванням поточного стану.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Швидкість і адекватність прийняття рішень в управлінні організаційно-технологічними об'єктами, а також їх реалізація в умовах зросту складності процесів

управління викликає необхідність використання сучасних методів управління, в тому числі інтелектуальних. Організаційно-технологічні процеси характеризуються та контролюються сотнями параметрів та показників, що впливають на ефективність управлінського рішення. Тому моделювання прийняття рішення та прогнозування результатів не певний інтервал часу доцільно реалізувати на основі застосування мультиагентного підходу, що поєднує досягнення системного аналізу і програмування та штучного інтелекту [9]. Така імітаційна модель є досить гнучкою та надасть можливості прийняття рішення з врахуванням фактору часу, оцінювати результати дій та використовувати різні варіанти сценаріїв рішень для досягнення різних цілей, що забезпечить підвищення ефективності організаційно-технологічного об'єкту.

В основі імітаційної моделі прийняття рішення на основі мультиагентного підходу є взаємодія агентів, що представляють собою організаційну та технологічну підсистему, які характеризуються вхідними каналами, на які надходять ресурси (фінансові, інформаційні, матеріальні, енергетичні, людські та ін.), та вихідними каналами, що видають результати її роботи (продукцію) [10].

Модель агента задається наступними елементами:

- структурою цілей;
- структурою рішень;
- структурою показників ефективності.

Кожна структура задається за допомогою графів, вершини яких відповідають параметрам агента, а ребра – відносинам на множині параметрів (рис. 1–3).

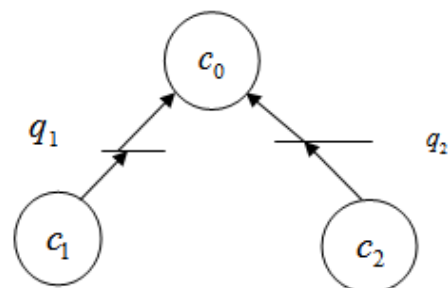


Рис. 1. Граф цілей

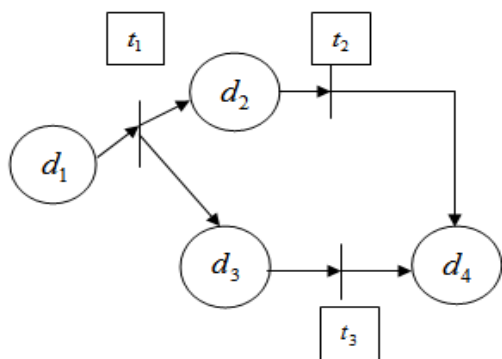


Рис. 2. Граф рішень

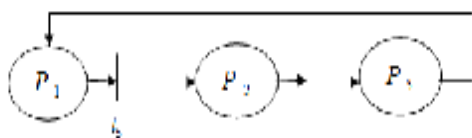


Рис. 3. Граф показників ефективності

Мультиагентна імітаційна модель прийняття рішень в управлінні організаційно-технологічними об'єктами представляє собою множину взаємопов'язаних агентів, діяльність яких може координуватися у часі, причому в певні моменти часу агенти можуть передавати один одному ресурси. Результатом індивідуальної діяльності агентів є досягнення певних колективних цілей і певна динаміка колективних показників. Мультиагентна система характеризується інтегральними цілями та показниками. Для технологічної складової організаційно-технологічних об'єктів такими цілями є максимізація кількості виготовленої продукції ( $C_0$ ), максимізація коефіцієнту виробництва ( $C_1$ ), мінімізація тривалості виробництва ( $C_2$ ). В якості показників ефективності виступають показники кількості виготовленої продукції ( $P_1$ ), коефіцієнт виробництва ( $P_2$ ), тривалість виробництва ( $P_3$ ). Процеси  $d_1 \dots d_4$  характеризують рішення, що спрямовані на досягнення цілей  $C_i$ , результат виконання яких характеризується показниками ефективності  $P_i$ .

Імітаційне моделювання прийняття рішення реалізовано наступним чином. Здаються для кожного агента графові моделі цілей, рішень показників (рис. 1-3).

Вершини графа цілей відповідають цілям  $c_i$ , що з'єднані ребрами з переходами  $q_j$ .  $C_0$  – інтегральна ціль для агента, що зображено на рис.1. Вершини  $c_i$  і переходи  $q_j$  складають комбінацію  $c_i q_j$ , що відповідає ребру та має певний номер, так наприклад номер 1 відповідає парі  $q_1 c_1$ . В позицію  $C_0$  ведуть вхідні ребра 1 і 2.

Вершини графа рішень  $d_k$  відповідають певним рішенням, що повинні бути реалізовані для досягнення цілей  $c_i$ . Переходи  $t_n$  вказують на реалізацію відповідного рішення (рис. 2).

Вершини графа показників  $P_i$  відповідають показникам ефективності технологічної складової організаційно-технологічного об'єкту. Переходи  $r_m$  визначають можливе досягнення відповідних показників (рис. 3).

В кожен момент часу агент виконує дії, згідно наступного алгоритму:

Крок 1. Послідовно перевіряє умови для всіх продукційних правил переходів графів цілей, рішень і показників (з врахуванням свого стану та зовнішніх впливів).

Крок 2. Для тих продукційних правил "ЯК-ЩО.., ТО..", умови яких виконані, оператор обчислює і знаходить значення вихідних змінних (досягнення цілей, реалізація рішень, бальні значення показників ефективності та оцінку стану об'єкта управління при прийнятті певного рішення).

Крок 3. Виконує дії і оновлює поточні параметри стану. При цьому агент інформує систему як про свою нормальну поведінку, так і про порушення функціонування, які можуть виникнути: якщо виявлено момент часу, в який не виконується умова ні для одного переходу; при суперечливості, якщо деякому параметру в один і той же момент присвоюються різні значення; при виході параметра за межі допустимого для цього інтервалу значень.

Імітаційне моделювання дало можливість на першому кроці сформувати рядок символів (позицій і переходів) у вигляді букв із нижніми індексами. На другому кроці розставляються стрілки, на третьому вводяться номери стрілок.

На рис. 4 показана схема взаємодії графів цілей, рішень, показників ефективності при прийнятті певного рішення, де стрілками

$c, d, P$  позначено впливи кожного з трьох графів на два інших, стрілки  $V$  відповідають впливам подій зовнішнього середовища.

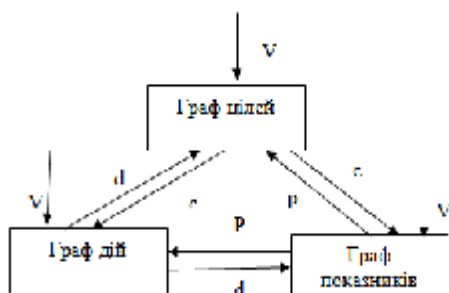


Рис. 4. Схема взаємодії графів цілей, рішень, показників ефективності

Моделювання динаміки індивідуального і колективного функціонування агента при прийнятті управлінського рішення реалізується на основі індикаторних виразів, у тому числі шляхом встановлення міжагентних часових і ресурсних зв'язків.

Динаміка прийняття рішення при імітаційному моделюванні визначається динамікою внутрішньої поведінки агентів і динамікою їх зовнішньої поведінки – взаємодій між агентами, а також агентами й зовнішнім середовищем, на заданому інтервалі дискретної часової шкали  $\tau = 0, 1, \dots, N$ . При цьому зміна параметрів (досягнення цілей, зміна рішень, зміна величини показників ефективності) відбувається в моменти спрацьовування вершин-переходів графа, а значення параметрів у проміжку між спрацьовуванням переходів фіксується у вершинах-позиціях. Переходи позначено продукційними правилами – виразами виду «ЯКЩО (виконання умови), ТО (реалізація оператора)», де умова й оператор описуються логічними формулами (ЛФ). Продукційні правила такого типу, зіставлені переходам графа відповідають логічним виразам та описуються формулами причинно-наслідкового зв'язку ЛФ1 → ЛФ2.

Індикатор дорівнює 1, якщо співвідношення  $\#$  виконується, і рівний 0, якщо не виконується. ЛФ формується на базі індикаторів шляхом застосування до них логічних операцій кон'юнкції, диз'юнкції, заперечення. Перехід графа спрацьовує в момент  $\tau$ , якщо у відповідному йому індикаторному виразі ЛФ1 = 1. У результаті в момент  $\tau+1$  буде виконува-

тися співвідношення ЛФ2=1, що ініціює реалізацію оператора переходу.

Так, наприклад вираз для переходу  $t_1$  графа рішень і переходу  $t_5$  графа показників ефективності агента має вигляд:

$$F(t_1): (d_1 = 1) \wedge (v = 0) \rightarrow (d_2 = 1) \wedge (d_3 = 1), \quad (1)$$

де  $v$  – булева змінна, що відповідає зовнішньому впливу,

$$F(t_5): (P_1(\tau) > 7) \rightarrow (P_1(\tau + 1) = P_1(\tau) - 1) \vee (P_2(\tau + 1) = P_2(\tau) - 1), \quad (2)$$

де значення показників представлене функцією дискретного часу  $\tau$ . Оператор індикаторного виразу (1) при настанні моменту  $\tau + 1$  зменшує на одиницю значення показників  $P_1, P_2$  у момент  $\tau$ .

В результаті імітаційного моделювання можливо два варіанта імітаційного експерименту: або доходимо до кінцевого моменту часового інтервалу моделювання, не зустрічаючи порушень у поведінці агента, або фіксуємо порушення, наприклад:

не виявлено момент, коли не виконується умова ні для одного переходу;

суперечливість, якщо деякій змінній в один і той же момент привласнюються різні значення;

вихід змінної за межі припустимого для неї інтервалу значень.

При виявленні вищевказаних, а можливо й інших порушень у діяльності агентів здійснюється корегування комплексної моделі (керування моделлю) на рівні графів та індикаторних виразів. Далі цикл «імітаційне моделювання – управління» повторюється й т.д.

**Висновки.** Розглянутий підхід до побудови імітаційної моделі дає можливість розробки інформаційної технології прийняття рішень в управлінні організаційно-технологічними об'єктами. Організаційно-технологічний об'єкт представлено як множину взаємодіючих агентів зі своїми індивідуальними цілями, рішеннями і показниками ефективності, що у процесі прийняття рішення орієнтовані на досягнення інтегральних (колективних) цілей і характеризується інтегральними показниками. Взаємодії агентів при прийнятті рішення відбуваються у формі передачі ресурсу або/і інформаційних потоків. Взаємодії залежать від внутрішньої ситуації й

впливу зовнішнього середовища, і носять нерегулярний (випадковий) характер. Дана технологія дає можливість оцінити ефективність організаційно-технологічного об'єкту при прийнятті рішення, що забезпечує прийняття оптимального управлінського рішення.

### Список літератури

1. Прокопенко Т. О., Ладанюк А. П. Інформаційні технології управління організаційно-технологічними системами: монографія. Черкаси: Вертикаль, видавець Кандич С.Г., 2015. 224 с.
2. Ладанюк А. П., Українець А. І., Кишенько В. Д. Управління автоматизованими технологічними комплексами харчових виробництва на основі сценарного підходу. *Автоматика. Автоматизация. Электро-технические комплексы и системы*. 2008. №2. С. 187–196.
3. Chochowski A., Chernyshenko I., Kozyrs-kyi V., Kyshenko V. Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control. K.: Tsentr Uchbovovii Literatyru, 2014. 240 p.
4. Архангельский В. И. Грабовский Г. Г., Рюмшин Н. А., Богаенко И. В. Интегрированное управление производством: организационные и технологические аспекты менеджмента предприятиями. К.: «Техніка», 2005. 328 с.
5. Интеллектуальные системы управления организационно-техническими системами / под. ред. А.А. Большакова. М.: Горячая линия-Телеком, 2006. 160 с.
6. Борисов В. В., Сысков В. В. Мультиагентное моделирование сложных организационно-технических систем в условиях противоборства. *Информационные технологии*. 2012. № 4. С. 7–14.
7. Novikov D., Ashimov A., Sultanov B., Adilov Z., Borovskiy Y., Alshanov R., Ashimov A. Macroeconomic Analysis and Parametric Control of a National Economy. New York: Springer, 2013. 288 p.
8. Прокопенко Т.О., Куліш В.І. Моделювання оцінювання впливів факторів на показники ефективності організаційно-технологічних об'єктів з врахуванням сезонності виробництва. *Технологический аудит и резервы производства*. 2015. №6/6 (26). С. 15 – 17.
9. Юдицкий С.А. Моделирование динамики многоагентных триадных сетей. М.: СИНТЕГ, 2012. 112 с.

10. Прокопенко Т.А., Ладанюк А.П. Информационная модель управления технологическими комплексами непрерывного типа в классе организационно-технических систем. *Международный научно-технический журнал «Проблемы управления и информатики»*. 2014. №5. С. 64 – 70.

### References

1. Prokopenko, T. O., Ladanyuk, A. P. (2015) Information technology management organizational and technological systems. Cherkasy: Vertical, publisher Kandych S. G., 224 p. [in Ukrainian].
2. Ladajuk, A. P., Ukrainian, A. I., Kishenko V. D. (2008) Management of automated technological complexes of food production on the basis of scenario approach. *Automatics. Automation. Electro-technical complexes and systems*, 2. pp.187–196 [in Ukrainian].
3. Chochowski, A., Chernyshenko, I., Kozyrs-kyi, V., Kyshenko, V. (2014) Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control. K.: Tsentr Uchbovovii Literatyru, 240 p. [in English].
4. Arkhangelsk, V. I., Bohaenko I. V., Grabowski, G. G., Ryumshyn, N. A. (2005) Yntehyrovannoe Production Management: Organizational and Technological aspects of enterprise management. K.: «Tekhnika». 328 p. [in Russian].
5. Bolshakov, A. A. (2006) Intellectual systems of management of organizational and technical systems. M.: Hot line-Telecom, 160 p. [in Russian].
6. Borisov, V. V., Syskov, V. V. (2012) Multiagent modeling of complex organizational and technical systems in the context of confrontation. *Information technology*, 4, pp.7–14.
7. Novikov, D., Ashimov, A., Sultanov, B., Adilov, Z., Borovskiy, Y., Alshanov, R., Ashimov, A. (2013) Macroeconomic Analysis and Parametric Control of a National Economy. New York: Springer, 288 p. [in English].
8. Prokopenko, T., Kulish, V. (2015) Modeling of estimation of factors influence on indicators of efficiency of organizational and technological objects taking into account season-

- nality of production. *Technological audit and production reserves*. 6/6 (26), pp. 15 – 17. [in Ukrainian].
9. Yuditsky, S. A. (2012) Modeling the dynamics of multi-agent triad networks. M.: SYNTHET, 112 p. [in Russian].
10. Prokopenko, T. O. (2014). Information model of control of the continuous type technological complexes in the class of organizational and technical systems. *Journal of Automation and Information*, 5, pp. 64–70 [in Russian].

**T. O. Prokopenko**, *Dr.Tech.Sc, associate professor*,  
[t.prokopenko@chdtu.edu.ua](mailto:t.prokopenko@chdtu.edu.ua)  
CherkasyStateTechnologicalUniversity  
Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

### IMMIGATIONAL MODEL OF DECISION-MAKING IN MANAGEMENT BY ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL OBJECTS

*The article discusses the main question of the development of a simulation model for decision making in the management of organizational and technological objects and complexes. The current pace of change and technology development requires the use of adequate research methodologies in real time. Decision-making in the management of organizational and technological objects should be based on an integrated combination of formalized methods, intellectual methods and heuristic methods. To increase the efficiency of managing complex organizational and technological facilities, especially in conditions of uncertainty and risks, it is expedient to use complex methods and approaches. This will ensure the processing of a significant amount of information in real time, automated management of certain processes, decision making taking into account the current state, future prospects and risks. The author applied the multi-agent approach. The simulation model provides a forecast of the dynamics of achievement of goals, dynamics of changes in performance indicators when making the appropriate managerial decision. On the basis of the simulation model we implement the choice of the optimal solution.*

*This approach is recommended for application in the development of automated control systems for technological complexes of continuous type, including at enterprises, corporations of chemical, food, and other industries. Research results can also be applied in decision support systems for sugar industry enterprises.*

**Keywords:** *organizational and technological object, decision-making, imitation model, multi-agent approach.*

*Статтю представляє Т. О. Прокопенко, д.т.н., доцент.*