

О. В. Шефер, О. І. Лактіонов, О. В. Михайленко

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

**Анотація.** Вимоги щодо змісту процесів інформатизації в рамках «Індустрії 4.0» потребують розробки сучасних інформаційних систем щодо прийняття рішень в різних галузях. Проведений аналіз змісту та структури складних технічних систем, методології, напрямів та існуючих засобів прийняття рішень дозволив систематизувати процес прийняття рішень. За результатами досліджень з'ясовано ряд узагальнених рекомендацій стосовно побудови систем підтримки прийняття рішень. Отримані результати дослідження процесу прийняття рішень складних технічних систем, при розробці відповідних засобів, дозволять враховувати існуючі обмеження та оптимізувати процес оцінювання, відбору, прогнозування тощо.

**Ключові слова:** складна система, прийняття рішень, інформаційна система, технологія, програмний засіб.

### Вступ

Епоха «Індустрії 4.0» активно розвивається на теренах України, де використовуються інформаційні технології [1]. Інструментарій досліджень у кожній сфері передбачає мінімізацію впливу людського фактору за рахунок використання технологій прийняття рішень.

Ознакою ефективності функціонування інформаційних систем, у останніх дослідженнях, є зменшення витрат часу щодо процесу прийняття рішень, зменшення витрат ресурсів на розробку, використання програмного продукту тощо [2]. Тому здебільшого спостерігається використання методології штучного інтелекту [3]. За рахунок недостатньої інформативності первинних оцінок [4] виникає проблема стосовно точності прогнозів, котрі здійснюються за допомогою існуючого інструментарію систем підтримки прийняття рішень.

У зв'язку з цим необхідно систематизувати існуючі методології досліджень саме складних технічних систем (ергатичних або людино-машинних) з точки зору процесів прийняття рішень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Залежно від мети та завдань досліджень структура систем різна та має певні стани. Тому обґрунтовується математичне відображення систем за допомогою певного математичного апарату [5]. Більшості досліджень характерний теоретико-множинний підхід щодо опису систем, так як вказаний математичний апарат є більш простішим у порівнянні з іншими. Існуючі різновиди інструментарію досліджень процесу прийняття рішень являють собою технологію, котра опирається на певну методологію або вчення [6]. Виходячи з цього, здійснюючи математичну постановку завдання, при дослідженні складної технічної системи, важливою передумовою є виконання опису системи з використанням відповідного рівня складності математичного апарату. Це дозволяє підвищити ефективність процесу досліджень за рахунок реалізації відповідних технологій у інформаційних системах (програмних засобах).

Результати аналітичного вивчення існуючого досвіду інформаційних систем прийняття рішень вказують на деякі протиріччя та недостатньо вирі-

шені частини проблем. Недостатньо вирішеною частиною проблеми лишається формування структури вимог щодо інструментарію дослідження складних технічних систем (ергатичних), де присутні два і більше елементи підсистем. Прикладом таких систем є людино-машинні системи, що використовуються у промисловості, авіації, побуті.

Відповідно до напрямку вказаного дослідження акцентуємо увагу на типі інформаційних систем «Системи підтримки прийняття рішень», котрим характерний певний зміст та структура щодо особливостей їх побудови й функціонування.

**Мета статті:** дослідити методологію та структуру прийняття рішень, що надасть можливість сформулювати рекомендації для розробки системи підтримки прийняття рішень.

### Виклад основного матеріалу

Дослідження стосовно прийняття рішень у складних технічних системах, опираючись на основну методологічну посилку, розглядають вирішення конкретної задачі. Власне це спонукає до існування напрямів досліджень (стратегій використання методів).

З [7] відомо декілька класичних напрямів прийняття рішень: управління, аналіз, планування і прогнозування, де кожному напрямку характерний певний зміст, що складається з етапів. Наприклад, системний аналіз передбачає наявність наступних етапів дослідження: мета, обмеження, формування альтернатив, формування та вибір критеріїв ефективності, синтез адекватності моделі, розробка рекомендацій [8]. Формування етапів дослідження вибору управлінського рішення та опис процесу вирішення поставлених задач вивчався у [9].

Розглянемо відмінності між вказаними напрямками, щоб з'ясувати їх сутність. Так, відомо управління – дуже складний процес, котрий передбачає існування теми, мети, завдань, форми, методи й зворотній зв'язок, де існують об'єкт і суб'єкт. У дослідженні [10] розглядається методологія прийняття управлінського рішення щодо вибору стратегічного напрямку розвитку підприємств. Враховуючи певні обмеження, стосовно особливостей використаних інших методів, ідеєю дослідження є використання

удосконаленого методу аналізу ієрархій [10]. Цінністю запропонованого підходу – набуття подальшого розвитку методу аналізу ієрархій що, на відміну від існуючих, дозволяє вирішити задачу пріоритету стратегій розвитку підприємства.

Так з [11] відомо, процес управління враховує певні складові моделі. При цьому відмітимо, крім моделей при прийнятті управлінських рішень враховують й інші фактори: ризик, час відведений для прийняття рішення, політику організації, ступінь підтримки керівника колективом та його особисті якості [12]. Також варто відмітити використання в управлінні певними об'єктами методів штучного інтелекту [13], котрі на сьогоднішній день вважаються найбільш обговорюваними і ефективними.

Цінністю підходу [14] є врахування теоретико-методологічних основ досліджень, які фактично є стратегіями досліджень. Тобто потрібно враховувати значно ширший набір факторів та розглядати технології реалізації вказаних ідей за допомогою програмних засобів.

Тому вирішення задачі управління при прийнятті рішень передбачає: визначення шкал досліджень, формування масиву критеріїв, формування вибірки дослідження (альтернатив), формування досліджуваних моделей, обґрунтування підходів щодо врахування зовнішніх факторів, визначення інструментарію або тактики використання методів дослідження.

Другою задачею, що вирішується при прийнятті рішень є задача аналізу або пошуку найкращої альтернативи за певними обмеженнями чи без. Вказаний напрям досліджень розглядався у [13, 15], де дослідженню піддавалися способи мінімізації пілоутворення з використанням запропонованої алгоритмізації методів. Етапами пошуку оптимальної альтернативи є: визначення цільової функції, що враховує певні обмеження, визначення питомої ваги та досліджуваних критеріїв.

Наступний напрям прийняття рішень – прогнозування [16]. Визначення певних тенденцій потребує підготовки вихідних даних. Детально процес підготовки вихідних даних розглядався у [17]. Фактично вирішувані задачі процесу прогнозування описуються широким набором відомих та новітніх методів, зокрема: регресійні моделі, ковзної середньої, експоненціального згладжування, статистичної екстраполяції тощо [17].

Дослідно-експериментальне дослідження [18] присвячене ймовірнісному прогнозуванню процесів ціноутворення на фондових ринках. Цінністю дослідження є покращення існуючих прогнозів за допомогою запропонованого підходу. Розглянутий досвід щодо прогнозування зорієнтований на фіксацію і дослідження певних оцінок за конкретний відрізок часу. Реалізація вказаної задачі прийняття рішень складних систем потребує обґрунтування інструментарію у залежності від гіпотез досліджень.

Дослідно-експериментальне дослідження [17], має на меті розгляд системи прийняття рішень не тільки при плануванні, а ще й при керуванні рухом мобільних об'єктів. Тобто вказана система прийнят-

тя рішень зорієнтована на вирішення як мінімум двох задач. Окрім того відомі й алгоритми та методи планування, що використовуються при прийнятті рішень [19].

Тобто вирішення задачі прогнозування зорієнтовано на процес ретельної підготовки вихідних оцінок певним інструментарієм шляхом використання відомих методів або розробкою нових методів. Практичним результатом дослідження є інформація стосовно прогнозу об'єкту досліду.

Серед існуючих напрямів досліджень варто виділити [20], де виділені напрями реалізації інформаційних систем. При цьому існуючі дослідження досить різносторонні, що проявляється саме завданнями, гіпотезою досліджень. Одні розглядають значно ширші аспекти [22], вивченню піддається певна методологія. Розробка інформаційної системи розглядається не що інше як інструмент. Інші – досліджують виключно процес розробки системи прийняття рішень з точки зору програмування [21].

Враховуючи існуючий досвід, реалізація ідей досліджень опирається на теоретико-методологічні основи проведення досліджень при прийнятті рішень. Кожна програма досліджень переслідує декілька етапів, де обґрунтовується філософія підходу: шкали, методи, критерії, альтернативи, цільові функції та обмеження. При цьому варто зазначити стосовно вузько направленості існуючих підходів, де запропонований інструментарій дослідження здатний вирішити лише певну конкретну задачу і не є універсальним. Проте, створені методи можуть бути алгоритмізовані та реалізовані у програмних засобах. Існуючі засоби прийняття рішень реалізують певні методи щодо прийняття рішень конкретної наукової задачі [22]. З точки зору розробки, – програмні засоби мають певну архітектуру структура якої залежить від підходів проектування.

Так у дослідно експериментальній роботі [23] наводиться приклад побудови системи підтримки прийняття рішень у банку. Кожна підсистема реалізує конкретний набір методів, що вирішують певні задачі.

У роботі [24] розглядається існуюча архітектура інформаційних систем та акцентується увага на удосконалення систем підтримки прийняття рішень за рахунок використання сховищ даних. Ефективність виконання завдань зростає за рахунок розробки інформаційної системи прийняття рішень [25, 26].

Серед існуючого досвіду дослідно-експериментальних досліджень систем підтримки прийняття рішень виявлено недоліки, а саме [27]:

1. Психологічні проблеми застосування вказаних систем.
2. Верифікація рекомендацій систем прийняття рішень.
3. Формалізація процедури перевірки множини критеріїв на незалежність за перевагами.

Тому, система підтримки прийняття рішень – засіб, що дозволяє підвищити ефективність прийняття рішень у складних технічних системах шляхом їх автоматизації. Залежно від сформованих

критеріїв до мови програмування, особливостей досліджуваного об'єкта, процес розробки вказаної інформаційної системи умовно складається з двох відомих частин: 1. обґрунтування інструментарію дослідження з врахуванням ідей життєвого циклу моделі; 2. обґрунтування структури інформаційної системи, де слід з'ясувати архітектуру, функціонал та його використання тощо.

Враховуючи проаналізований існуючий досвід [1–27], сформовано рекомендації щодо побудови системи підтримки прийняття рішень. Запропонована інформаційна система дозволить підвищити ефективність прийняття рішень за рахунок виключення людського фактору, зменшити час на процес прийняття рішень, об'єктивізувати процес отримання оцінок щодо прийняття рішень. Окрім того, програмно реалізована технологія прийняття рішень, щодо відбору складних технічних систем, повинна за досліджуваними ознаками ефективності переважати існуючі. Структурно-логічна схема дослідження складної технічної системи показана на рис. 1, де побудована на основі [1–27].

ПРОЦЕС ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ
Підготовка до реалізації системи підтримки прийняття рішень
Побудова математичної моделі та дослідження її адекватності
З'ясування структури досліджуваних альтернатив Обґрунтування критеріїв оцінювання, відбору складних технічних систем
Програмна реалізація запропонованої технології діагностики складних технічних систем
Експериментальна верифікація програмного засобу

Рис. 1. Структурно-логічна схема дослідження процесу прийняття рішень у складних технічних системах

Розглянемо кроки реалізації процесу прийняття рішень у складних технічних системах (крок 1–6).

**Крок 1.** Процес підготовки до реалізації системи підтримки прийняття рішень розпочинається з формування гіпотези, загальних завдань дослідження та складання плану науково-дослідної роботи. При цьому з'ясовується тип задачі, котра буде розглядатися і експериментально досліджуватися.

**Крок 2.** Здійснюється формальний опис постановки завдання щодо визначення математичної моделі технічної системи науково-дослідної роботи. Отримана математична модель складної технічної системи піддається дослідженню на предмет адекватності з використанням відомого математичного

апарату. Теоретично обґрунтована адекватність математичної моделі складної системи вказує на готовність до використання у дослідженні.

**Крок 3.** Визначення змісту досліджуваних складних систем (альтернатив). Формування первинних оцінок складних систем, котрі використовуються у запропонованому математичному апараті.

**Крок 4.** Обґрунтування критеріїв дослідження щодо обрання складних систем (альтернатив).

**Крок 5.** Програмна реалізація запропонованої технології з використанням певної мови програмування. Проектування системи підтримки прийняття рішень слід виконувати за існуючими вимогами до конструювання комп'ютерних систем: опис вимог; опис специфікацій системи; розроблення системи; тестування, оцінка надійності і якості системи.

**Крок 6.** Експериментальна верифікація запропонованих математичних моделей на існуючих комбінаціях оцінок вказаного дослідження. За необхідності уточнення змісту математичної моделі складної системи. За умови отримання результатів дослідження, що не задовольняють людину котра приймає рішення, здійснюється перехід на Крок 1. Інакше процес прийняття рішень завершено. Між іншим, досліджувана складна технічна система, з часом, може зазнавати модифікацій, що варто враховувати при моделюванні.

Запропонований підхід прийняття рішень є загальною методологічною посилкою, котру варто враховувати при побудові системи прийняття рішень.

## Висновки

В результаті досліджень складних систем проведено аналіз процесу прийняття рішень у вказаних системах та існуючих технологіях. Сформовані узагальнені рекомендації щодо проектування конкретної системи підтримки прийняття рішень складної технічної системи.

Методології та напрями досліджень прийняття рішень складних систем вказують на існування різного роду інструментарію, що вирішують задачі: аналізу; прогнозування; планування тощо.

З метою автоматизації процесу прийняття рішень здійснюють його автоматизацію, зокрема програмну реалізацію.

Перспективою наступних досліджень є формалізація завдання стосовно розробки системи підтримки прийняття рішень складної людино-машинної системи.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Запорожець Т. В. Індустрія 4.0: генезис цілей і завдань держави від першої промислової революції / Т. В. Запорожець. // Public Administration: Theory and Practice. – 2019. – №1. – С. 21–32.
2. Vasiuta Kostiantyn Метод синтезу варіантів рішень у відкритій експертній системі пункту управління повітряних сил з урахуванням ресурсно-часових обмежень / Kostiantyn Vasiuta, Dmytro Chopenko, Nataliia Harmash // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2021. – Т. 1 (63). – С. 74–80.
3. Skakalina E. Інтелектуальне управління логістичними процесами з використанням генетичних алгоритмів / E. Skakalina // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: ПНТУ, 2021. – Т. 1 (63). – С. 111–114.
4. Голуб С. В. Побудова ешелонів у поліагентних функціоналах для прогнозування кількості захворювань на covid-19 в Україні / С. В. Голуб, С. Ю. Куницька. // Математичні машини і системи. – 2021. – №2. – С. 45–51.
5. Lievi L. Сучасні інтелектуальні методи моделювання складних технологічних об'єктів / L. Lievi, O. Zuma. // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2021. – С. 49–53.

6. Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах: Навч. посібн. / Е. Г. Петров, М. В. Новожилова, І. В. Гребеннік; за ред. Е. Г. Петрова. – К.: Техніка, 2004. – 256 с.
7. Братушка С. М. Системи підтримки прийняття рішень : навчальний посібник для самостійного вивчення дисципліни / С. М. Братушка, С. М. Новак, С. О. Хайлук. – Суми : ДВНЗ “УАБС НБУ”, 2010. – 265 с.
8. Роїк, О. М. Системний аналіз. Навчальний посібник / О. М. Роїк, А. А. Шиян, Л.О. Нікіфорова – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 83 с.
9. Кваша Т. К. Вибір управлінського рішення у сфері економічної безпеки на основі багатокритеріальної моделі в умовах невизначеності / Т. К. Кваша // Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем. – 2013. – Вип. 18. – С. 122–136.
10. Ставицький О. В. Методологія прийняття управлінського рішення щодо вибору стратегічного напрямку розвитку підприємств / О. В. Ставицький // Агросвіт. – 2015. – № 3-4. – С. 59–65.
11. Галіцин В. К. Методологія дослідження і формування управлінських рішень / В. К. Галіцин, О. П. Суслов, Н. К. Самченко // Проблеми економіки. – 2018. – № 2. – С. 184–190.
12. Орлів М. С. Підготовка і прийняття управлінських рішень : навч.-метод. матеріали / М. С. Орлів ; упоряд. Г. І. Бондаренко. – К. : НАДУ, 2013. – 40 с.
13. Ситник В.Ф. Системи підтримки прийняття рішень: Навч. Посіб. – К. КНЕУ, 2009. – 614 с.
14. Григорук П. М. Характеристика методологічних підходів дослідження процесу прийняття рішень / П. М. Григорук, Н. А. Хрущ // Kreatywność i innowacyjność w zarządzaniu – egzemplifikacje teoretyczne i empiryczne. *Studia Zarządzania i Finansów*. – Poznań : Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bankowej w Poznaniu, 2016. – № 10. – С. 29-38.
15. Тверда О. Я., Ткачук К. К., Давиденко Ю. А. Порівняльний аналіз способів мінімізації пилоутворення з відвалів гранітних кар’єрів // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2016. – № 2(10). – С. 40–46.
16. Мулеса О. Ю. Розробка еволюційного методу для прогнозування часових рядів / О. Ю. Мулеса, В. Є. Снитюк. // *Automation of Technological and Business Processes*. – 2020. – №12. – С. 4–9.
17. Демиденко М.А. Системи підтримки прийняття рішень : навч. посіб. / М.А. Демиденко; Нац. гірн. ун-т. – Електрон. текст. дані. – Д. : 2016. – 104 с.
18. Бідюк П. І. Ймовірнісне прогнозування процесів ціноутворення на фондових ринках / П. І. Бідюк, А. В. Федоров // Системні дослідження та інформаційні технології : науково-технічний журнал. – 2009. – № 1. – С. 65–73.
19. Конспект лекцій з курсу “Системи прийняття рішень” для студентів напрямку підготовки 6.030502 “Економічна кібернетика”, спеціальності 051 “Економіка” / С. В. Гринчуцька – Тернопіль, ТНТУ імені І. Пулюя, 2017, 130 с.
20. Грибков, С. В. Розробка СППР управління виробництвом / С. В. Грибков, О. Л. Седих // *Almanahul SWorld* (Молдова). – 2020. – Вип. 4. – С. 52–56.
21. Лифар В. О. Моделі, методи та інформаційні технології оцінки техногенного ризику об’єктів підвищеної небезпеки : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.13.06 "Інформаційні технології" / Лифар В. О. – Миколаїв, 2017. – 42 с.
22. Використання методів підтримки прийняття рішень при пошуку джерел атак на комп’ютерні мережі в умовах невизначеності / [В. В. Литвинов, Н. Стоянов, І. С. Скїтер та ін.]. // *Математичні машини і системи*. – 2019. – №4. – С. 38–51.
23. Бідюк П.І., Коршевнюк Л.О. проектування комп’ютерних інформаційних систем підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник – Київ: ННК"ІПСА" НТУУ "КПІ", 2010. – 340 с.
24. Верес О. М. Види архітектури систем підтримки прийняття рішень / О. М. Верес // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2010. – № 685 : Комп’ютерні системи проектування. Теорія і практика. – С. 190–197.
25. Особливості проектування систем підтримки лікувальних рішень / Н.І. Мельникова, К.В. Стебліна // *Математичні машини і системи*. – 2014. – № 1. – С. 92-100.
26. Andrii Perekrst, Mykhailo Kushch-Zhyrko, Vita Ogar, Olga Zalunina, Oleksandr Bilyk, Yevheniia Chebotarova, "Key Performance Indicators Assessment Methodology Principles Adaptation for Heating Systems of Administrative and Residential Buildings", *Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP) 2020 IEEE*, 2020. С. 1–4.
27. Методи та засоби підтримки прийняття рішень / В.Г. Тоценко // *Ресстрація, зберігання і оброб. даних*. – 2007. – Т. 9, № 3. – С. 98–104.

Received (Надійшла) 01.10.2021

Accepted for publication (Прийнята до друку) 10.01.2022

### Research of the decision-making process in complex technical systems

A. Shefer, A. Laktionov, O. Mykhailenko

**Abstract.** Requirements for the content of informatization processes in the framework of "Industry 4.0" require the development of modern information systems for decision-making in different industries. The analysis of the content and structure of complex technical systems, methodology, directions and existing means of decision-making allowed to systematize the decision-making process. The research reveals a number of generalized recommendations for building decision support systems. The process of researching a complex technical system takes into account the individual stages. Preparation for the implementation of the decision-making system, where the topic, aim, tasks and hypotheses are set. Depending on the type of research, the problem appropriate tools are selected. Construction of a mathematical model and its research is carried out in accordance with the life cycle of the model. It is proposed to use the following stages of research of complex technical systems. Identification of alternatives to the study of complex technical systems and their scales. Formation of research criteria for complex technical systems, for example, criteria for evaluation, selection of research objects (alternatives). Program implementation, validation and experimental verification of the proposed approach. In the framework of the operation of the proposed solutions, it is necessary to take into account the relevance of the researched model, software functionality, which can be improved. The results of the study of the decision-making process of complex technical systems, in the development of appropriate tools, will take into account existing limitations and optimize the process of evaluation, selection, forecasting and more.

**Keywords:** complex system, decision making, information system, technology, software.