

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Одеський національний морський університет

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ЧЕРНОВА ЛЮБАВА СЕРГІЇВНА

УДК 519.68

**КОГНІТИВНІ МЕХАНІЗМИ УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ
ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

05.13.22 – управління проектами та програмами

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Л. С. Чернова

Науковий консультант
доктор технічних наук, професор
Блінцов Володимир Степанович

Одеса – 2023

АНОТАЦІЯ

Чернова Любава Сергіївна. Когнітивні механізми управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.22 – «Управління проектами та програмами». – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова Міністерства освіти і науки України, Миколаїв, 2023.

В дисертації розглянуто науково-прикладну проблему розробки нових механізмів когнітивного підходу для розв'язання завдань управління стратегією змін в організаційно-технічних структурах через проекти. Тому дослідження, створення та впровадження когнітивного підходу в рамках проектно-орієнтованого середовища, для формування стратегічного напрямку управління програмами підготовки фахівців є актуальним.

Метою дослідження є вирішення наукової проблеми підвищення ефективності управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності за рахунок розроблення концептуальних положень, моделей, методів та принципів, що формують базові засади когнітивних механізмів управління стратегією змін в організаційно-технічних структурах через програми.

Виконано аналіз загальної проблеми когнітивного управління складними організаційно-технічними системами, визначено його особливості; розглянуто основні підходи та стандарти до управління та виконано огляд сучасних рішень щодо застосування когнітивних механізмів управління програмами підготовки фахівців.

Розроблено теоретичні основи для застосування когнітивних механізмів в управлінні програмами підготовки фахівців.

Побудовано концептуальну когнітивну модель управління проектами та програмами фахівців в умовах невизначеності.

Виконано аналіз варіантів раціонального впровадження результатів роботи.

Доведена універсальність і прикладна цінність отриманих результатів щодо застосування когнітивних механізмів управління.

Об'єктом дослідження є процеси управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності.

Предметом дослідження є система когнітивних механізмів стратегічного управління програмами підготовки фахівців в складних організаційно-технічних структурах в умовах невизначеності.

Чинні концепції проєктно-орієнтованого управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності орієнтовані на застосуванні відомих підходів найкращої практики на основі проактивних методів управління проєктами/програмами/ портфелями (ППП). Лише застосування когнітивних механізмів управління, побудованих за механізмами передбачення, дозволить перейти до нового стану систем на основі когнітивних проєктно-орієнтованих моделей і методів відображення ходу проєктів. При цьому формуються нові умови ефективного стратегічного управління навчанням, як діяльністю, за рахунок використання всіх видів аналітичної діяльності, підтримується та розвивається системне мислення, забезпечуються систематизація і удосконалення досягнень найкращої практики.

Як відомо, концепції розробки нових ідей полягали в розширенні меж відомих технологій, у покращенні, як продукції, так і процесів її виготовлення. В сучасній передовій, культурній і технологічній парадигмі модель розвитку орієнтована на інше. Вона спрямована на розуміння майбутнього за рахунок трансформації поточних знань, а також розширення можливостей людей і їх навколишнього середовища. Тобто це не тільки технічна проблема, а стратегічний виклик можливостям наукової спільноти, яка в проєктній діяльності буде майбутнє через трансформацію своїх бажань в можливість. Тому сучасна парадигма розвитку може бути окреслена як проблема бачення,

розвитку творчості на основі застосування когнітивних механізмів перетворення інформації.

Ключові слова: когнітивні механізми, організаційно-технічні системи, проєкти, програми, моделі, методи

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ:

Публікації які індексовані в наукометричних базах даних SCOPUS, WoS і закордонні видання:

1. Chernov, S., Titov S., Chernova, L, Gogunskii, V. The Algorithm for Simplification of Solution to Discrete Optimization Problems. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 3/4 (93). Kharkiv, 2018. P. 34-43. Видання включено до МНБ: *Index Copernicus, DOAJ, ScienceIndex, SCOPUS* (квартіль Q2).

https://www.academia.edu/36948824/ALGORITHM_FOR_THE_SIMPLIFICATION_OF_SOLUTION_TO_DISCRETE_OPTIMIZATION_PROBLEMS

Авторкою запропоновано спосіб спрощення комбінаторного розв'язку задачі дискретної оптимізації.

2. Chernov, S., Chernova, Lb., Titov S. Reduction in Discrete Optimization Problem. *Proceedings of the 13th “International Scientific and Conference on Computer Sciences and Information Technologies” (CSIT 2018)*. Lviv, Ukraine, September 11-14.2018. P. 230-234. Видання включено до МНБ: *SCOPUS*

[DOI: 10.1109/STC-CSIT.2018.8526718](https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2018.8526718)

Авторкою запропоновано метод редуції для розв'язання задач дискретної оптимізації.

3. Chernova, L., Titov, S., Chernov, S., Kolesnikova, K., Chernova, Lb. Development of a Formal Algorithm for the Formulation of a Dual Linear Optimization Problem. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4/4 (100). Kharkiv, 2019. P. 28-43. Видання включено до МНБ: *Index Copernicus, Science Index, SCOPUS* (квартіль Q2).

[DOI: 10.15587/1729-4061.2019.175105](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175105)

Авторкою запропоновано та доведено формальний алгоритм загального підходу до складання пар спряжених задач, що дозволило довести істинність алгоритму побудови двоїстої задачі для довільної форми представлення прямої задачі.

4. Chernov, S., Chernova, L., Kunanets, N., Titov, S., Chernova, Lb. The Analysis of Gomory Algorithm Convergence in Integer Linear Optimization Problems: *Project Management. Proceedings of the 14th International Conference “Computer Sciences and Information Technologies” (CSIT 2019)*. Lviv, Ukraine, September 17-20. 2019. P. 187-190. Видання включено до МНБ: SCOPUS (квартіль Q4).

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8929846>

Авторкою розглянуті задачі процесу обчислення командних ресурсів, необхідних для реалізації проекту за допомогою моделей та методів дискретної оптимізації.

5. Timinsky, A., Lysytsin, B., Chernova, L., Chernova, Lb. Digitalisation HR-management Used Bi-adaptive and Foresight Models. *IEEE International Conference on Advanced Trends in information Theory (ATIT 2019) Proceedings*, Kyiv, Ukraine, Dec. 18-20. 2019. P. 406-410. Видання включено до МНБ: SCOPUS (квартіль Q4).

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9030518>

Авторкою розроблено використання біадаптивних моделей для ІТ-систем з метою цифровізації управління персоналом.

6. Chernov, S., Titov, S., Chernova, L., Kunanets, N. The maple® symbolic mathematics system the method of projections for discrete optimization problems. *Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications (ICTERI 2019)*. Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019. P.231-249. Видання включено до МНБ: SCOPUS.

<http://ceur-ws.org/Vol-2387/20190231.pdf>

Авторкою досліджено спосіб спрощення комбінованого розв'язку задачі дискретної оптимізації, що дозволяє зменшити складність розрахунку оптимізаційних задач, вдосконалити алгоритми, які можливо використати у викладанні ряду дисциплін в освітніх програмах з управління IT-проєктами.

7. Titov, S., Chernova, L., Kusanets, N., Chernova, Lb., Nedelko, E., Chernov, S. The algorithm of selecting candidates for IT projects based on the simplex method. *IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT 2020)*. Proceeding. 2020. P. 221-232. Видання включено до МНБ: SCOPUS (квартіль Q4).

<http://ceur-ws.org/Vol-2565/paper19.pdf>

Авторкою запропоновано підхід до розв'язування задач лінійної оптимізації, що прискорює збіжність симплексного обчислення шляхом відхилення від канонічного алгоритму і забезпечує можливість спрощення числового алгоритму на основі зменшення кількості ітерацій.

8. Chernov, S., Titov, S., Chernova, Ld., Kusanets, N., Chernova, Lb. Linearization of Problem on Placing a Maximum- Radius Hypersphere in Polyhedral Region. *Proceedings of the 15th "International Scientific and Conference on Computer Sciences and Information Technologies"* (CSIT 2020). Lviv, Ukraine, September 23. P. 176-179 Видання включено до МНБ: SCOPUS (квартель Q4).

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9321846>

Авторкою запропоновано математичне зведення (лінеаризацію) задачі нелінійної оптимізації щодо розміщення гіперсфери максимального радіуса в опуклу багатогранну область щодо задачі лінійної оптимізації. Запропонований підхід узагальнено на довільну скінченновимірну задачу.

9. Timinsky, A., Voitenko, O., Chernova, Ld., Chernova, Lb. Methodological approach to the implementation of the biadaptive development program in the organization on the basis of cognitive improvement of key competencies. *Proceedings of the 2nd International Workshop IT Project Management (ITPM 2021)*, February 16-18, 2021, Slavsko, Lviv region, Ukraine. P.153-162. Видання включено до МНБ: SCOPUS.

<http://ceur-ws.org/Vol-2851/paper14.pdf>

Авторкою запропоновано використання алгоритму складання подвійної задачі, для вирішення проблеми синхронного розвитку компетенцій персоналу з метою отримання когнітивної синергії та покращення когнітивного потенціалу проєктно-орієнтованої організації в біадаптивних програмах розвитку. Запропоновано холакратію як підхід біадаптивного когнітивного вдосконалення проєктних команд.

10. Chernov , S., Titov, S. , Chernova, L. , Kunanets, N. , Chernova , L., Piterska, V., Shcherbynac Y., Petryshyne L. Efficient algorithms of linear optimization problems solution. *2nd International Workshop IT Project Management, ITPM 2021; Slavsko, Lviv Region; Ukraine; 16 February 2021 through 18 February 2021* P.116–131. *Видання включено до МНБ: SCOPUS*

<http://ceur-ws.org/Vol-2851/paper11.pdf>

Авторкою розроблено ланцюг ефективних алгоритмів для спрощення вихідної математичної моделі задачі та її комп'ютерного розрахунку. Побудовано ефективні алгоритми і загальні принципи підготовки до комп'ютерного розв'язування задач ЛО з їх ілюстрацією на різних задачах моделі управління проєктами.

11. Sergii K. Chernov, Sergey D. Titov, Ludmila S. Chernova, Lubava S. Chernova, Diana Zahorodnia and Taras Lendyuk. The Methods and Means of Efficiency Increasing the Linear Optimization Problems Solving in Project Management/*We received your submission to IDAACS 2021 (The 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. Краків, 2021. P.116–131. Видання включено до МНБ: SCOPUS*

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9660967>

Авторкою побудовано ефективні алгоритми та загальні принципи підготовки комп'ютерного розв'язування задач ЛО з їх ілюстрацією на різних модельних задачах.

12. Oleksandr Voitenko, Lyudmila Chernova, Liubava Chernova, Alexander

Timinsky. 4K-model as a basis of improving project management maturity in the organization. *XVI International Scientific and Technical Conference on COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGIES 4rd International Workshop on Project Management*. Lviv, Ukraine 22-25 September, 2021 . P 337-340. Видання включено до МНБ: SCOPUS

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9648708>

Авторкою запропоновано 4К модель зростання зрілості управління організаційними проєктами. Визначено, що для досягнення підготовчого та опорного етапу зрілості більш важливими є компетентнісні та когнітивні моделі, для просунутого – форсайт та біадаптивні моделі. Визначено принципи реалізації моделі 4К.

13. Chernov S., Titov S., Chernova L., Piterska V.b, Chernova L., Kunanets N. Three-Index Optimization Transportation Model. *16th IEEE International Conference on Computer Science and Information Technologies, CSIT 2021*. Lviv, Ukraine 22 -25 September 2021 P. 315 - 318. Видання включено до МНБ: SCOPUS.

[DOI: 10.1109/csit52700.2021.9648807](https://doi.org/10.1109/csit52700.2021.9648807)

Авторкою наведено в роботі модельний приклад оптимізаційного розрахунку, що підтверджує доцільність автоматизованого підходу до задач логістики для мінімізації вартості перевезення.

14. Serhii Chernov, Serhii Titov, Liudmyla Chernova, Liubava Chernova, Antonina Trushliakova. Optimization Model in Transportation Logistics Management Problems. *2022 IEEE. Nur-Sultan, Kazakhstan, Smart Information Systems and Technologies (SIST) 28-30 April, 2022*, P.195-199. Видання включено до МНБ: SCOPUS.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9945777>

[DOI: 10.1109/SIST54437.2022.9945777](https://doi.org/10.1109/SIST54437.2022.9945777)

Авторкою представлено розробку математичної оптимізаційної моделі в управлінні транспортною логістикою на прикладі постачання товарів або ресурсів до чорноморських портів.

15. Serhii Chernov, Sergiy Titov, Ludmila Chernova, Lubava Chernova, Antonina Trushliakova, Nataliia Kunanets, Serhii Lupenko. «Some Techniques for Simplifying the Solution of Linear Optimization Problems in Project Management». *3rd International Workshop IT Project Management, August 26, ITPM 2022, P.38-47*

[Vol-3295 urn:nbn:de:0074-3295-6](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0074-3295-6)

Авторкою запропоновано підхід щодо спрощення математичної моделі, підготовленої для комп'ютерної реалізації. Такий підхід сприяє розробці ефективних та вдосконаленню існуючих алгоритмів підготовки до комп'ютерних розрахунків і значно економить час та зменшує обсяг апаратних вимог до комп'ютера, що сприятиме формуванню ефективних альтернатив реалізації IT-проектів.

16. Serhii Chernov, Serhii Titov, Liudmyla Chernova, Liubava Chernova, Antonina Trushliakova, Natalia Kunanets, Igor Bobyk. *Assignment Problem Generalization. 3rd International Workshop IT Project Management, August 26, ITPM 2022, P.48-63*

[Vol-3295 urn:nbn:de:0074-3295-6](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0074-3295-6)

Авторкою запропоновано розв'язок математичної моделі задачі призначення методом потенціалів, що містить багато тривіальних кроків, що перешкоджають збіжності процесу розв'язання.

17. Liubava Chernova, Lyudmyla Chernova, Natalia Kunanets, Anna Zhuravel, Serhii Chernov, Olga Artemenko. *Application of the cognitive approach in the field of IT project management. 17th IEEE International Conference on Computer Science and Information Technologies, CSIT 2022. Lviv, Ukraine September 2022 P. 426-429 Видання включено до МНБ: SCOPUS.*

[doi: 10.1109/CSIT56902.2022.10000512.](https://doi.org/10.1109/CSIT56902.2022.10000512)

Авторкою розглянуто сутність когнітивної системи, обрано, описано та розроблено когнітивну карту як когнітивну модель, спосіб її побудови та застосування.

18. Chernova Liubava, Zhuravel Anna, Chernova Lyudmila, Chernov Serhii,

Trushliakova Antonina «Application of the cognitive approach in the field of project management», 7th International Conference Digital Technologies in Education, Science and Industry, DTESI 2022, 20-21 October 2022, Almaty, Kazakhstan. Видання включено до МНБ: SCOPUS.

<https://ceur-ws.org/Vol-3382/Short4.pdf>

Авторкою представлено та описано приклад когнітивної карти з розглядом проблем взаємовпливу факторів при вирішенні управлінських задач, трансформації знань та їх верифікації для розробки найбільш ефективної стратегії управління.

19. Serhii Chernov, Serhii Titov, Liudmyla Chernova, Liubava Chernova, Antonina Trushliakova «The Behavior Antagonism in the IT Project Management», 2023 IEEE Smart Information Systems and Technologies, (2023 IEEE SIST), May 4-6, 2023, Astana, Republic of Kazakhstan, P.114-119. Видання включено до МНБ: SCOPUS. ISBN 979-8-3503-3502-6

Авторкою описано розроблену когнітивну карту як когнітивну модель, спосіб її побудови та застосування.

20. Liubava Chernova, Anna Zhuravel, Lyudmila Chernova, Serhii Chernov and Iryna Zhuravel «Using Cognitive Modeling During the Creation of IT Projects», 4th International Workshop IT Project Management (ITPM 2023), May 19, 2023, Warsaw, Poland. P.106-116. Видання включено до МНБ: SCOPUS

<https://ceur-ws.org/Vol-3453/paper10.pdf>

Авторкою приведена логічна схема IT-проєкту, розглянуті основні етапи проєктування. Наведено гібридний, каскадно-циклічний алгоритм формування IT-проєкту, покликаний компенсувати недоліки як каскадної, так і ітераційної парадигми проєктування та забезпечити його якість та життєздатність в умовах короткострокового планування.

21. Sergiy Chernov, Sergiy Titov, Ludmila Chernova, Nataliia Kunanets, Lubava Chernova, Evgeniy Trushliakov and Pavlo Fedorka «The Project of Information System for Students Knowledge Evaluation», 4th International Workshop IT Project Management (ITPM 2023), May 19, 2023, Warsaw, Poland,

P.117-127. Видання включено до МНБ: SCOPUS

<https://ceur-ws.org/Vol-3453/paper11.pdf>

Авторкою реалізовано використання біматричного ігрового алгоритму при проєктуванні інформаційної системи оцінювання знань студентів.

Публікації у міжнародних наукових виданнях, фахових виданнях України:

22. Chernova, Ld., Mazurkevych, O., Chernova, Lb. The Model of Assessing the General Intensity of Resistance to Changes in an Organization. *Quarterly scientific journal Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*. Vol.4(6). Kharkiv, 2018. P.77-84.

https://www.researchgate.net/publication/329846157_THE_MODEL_OF_A_SSESSING_THE_GENERAL_INTENSITY_OF_RESISTANCE_TO_CHANGES_IN_AN_ORGANIZATION

Авторкою досліджено процес інтродукції зміни в діяльності організації. Розроблено модель для розрахунку сумарної стійкості програми до змін або перетворень з урахуванням інтенсивності програми реалізації та її успішне завершення.

23. Chernov, S., Titov, S., Chernova, Ld., Kunanets, N., Chernova, LB. Determination of Approaches for Project Costs Minimization with Use of Dual Problems. *Econtechmod. An International Quarterly Journal on Economics in Technology, New Technologies and Modeling Processes*. Vol.8 (2). 2019. P.61-69. Видання включено до МНБ: *Index Copernicus (Міжнародне видання - Poland)*.

<https://www.semanticscholar.org/paper/Determination-of-Approaches-for-Project-Costs-with-Chernov-Titov/c3cfd275043cd209f3f1ad3a35b21302d834fffb>

Авторкою розроблено модель розрахунку опору змінам, що враховує інтенсивність реалізації програми, та дозволяє після успішного завершення програми визначити сумарний рівень опору змінам.

24. Чернова, Л.С., Лук'янов, Д.В., Гогунський, В.Д., Чернова, Лб.С. Моделювання стану форсайт-проєкту на основі ланцюга Маркова. *Зб. наук.*

робіт «Управління проєктами та розвиток виробництва». Вип. 2.70. Луганськ, 2019. С.82-86.

<http://visnyk.onmu.odessa.ua/index.php/1/article/view/51/50>

Авторкою виконано аналіз поведінки форсайт-систем чотирьох типів відповідно до різних сполучень унікальності.

25. Чернова, Л.С., Лук'янов, Д.В., Гогунський, В.Д., Чернова, Лб.С. Розробка імітаційної моделі утворюваної цінності на ланцюзі Маркова для форсайт-методології. *Вісник ОНМУ: Зб. наук. робіт*. Вип. 3 (60). Одеса, 2019. С.172-191.

<http://visnyk.onmu.odessa.ua/index.php/1/article/view/51>

Авторкою доведено, що трансформація життєвого циклу переваг проєктів у ланцюг Маркова є ефективним способом для феноменологічного відображення проєктної структури, що базується на циклі цінностей проєктів.

26. Тімінський, О.Г., Войтенко, О.С., Чернова, Лд.С., Чернова, Лб.С. Вплив впровадження біадаптивного управління і форсайту на розвиток компетентності. *Вісник НТУ «ХПІ». 78 Серія: Стратегічне управління, управління портфелями програмами та проєктами: Зб. наук. робіт*. Харків, 2020. №1. С.63-67. Index Copernicus.

[http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-](http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/46573/1/vestnik_KhPI_2020_1_Timinskyi_Vplyv.pdf)

[Press/46573/1/vestnik_KhPI_2020_1_Timinskyi_Vplyv.pdf](http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/46573/1/vestnik_KhPI_2020_1_Timinskyi_Vplyv.pdf)

Авторкою запропоновано організаційну структуру для впровадження біадаптивного управління на основі форсайту.

27. Chernova, Lb., Titov, S.D., Chernova, Ld., Model Approach in Project Management Methodology. *Transport development. Scientific journal. ONMU. Vol.4(11)* Odessa, 2021. P.40-52

http://nbuv.gov.ua/UJRN/transdevel_2021_4_6

Авторкою запропоновано строге математичне зведення (лінеаризація) нелінійної оптимізаційної задачі про розміщення гіперсфери максимального радіусу в опуклу ділянку типу поліедру до задачі лінійної оптимізації.

28. Chernova, Lb., Chernova, Ld. Cognitive modeling of knowledge management mechanisms in the training of specialists *Quarterly Scientific Journal Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*. Vol.4 (14). Kharkiv, 2020. P.86-93

<https://doi.org/10.30837/ITSSI.2020.14.086>

Авторкою розроблена когнітивна модель механізму управління знаннями, де на основі когнітивного аналізу виявлені корисні закономірності, які відображають вплив факторів різної фізичної природи на результати підготовки фахівців.

29. Чернова, Лб. С., Чернова, Л.С., Войтенко, О. С., Тімінський, О. Г. Вдосконалення ключових компетенцій програми біадаптивного розвитку проєктно-орієнтованих організацій. *Вісник НТУ «ХПІ».78 Серія: Стратегічне управління, управління портфелями програмами та проєктами: Зб. наук. робіт*. Харків : НТУ "ХПІ", 2021. № 1 (3). С. 66-73. *Index Copernicus*.

http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/52266/1/visnyk_KhPI_2021_1_SUUPPP_Chernova_Vdoskonalennia.pdf

Авторкою запропоновано використовувати двоїсту задачу лінійної оптимізації для вирішення складних завдань програм біадаптивного розвитку з когнітивним вдосконаленням існуючих компетенцій.

30. Чернова, Лб. Управління організаційними знаннями в організації, що інноваційно розвивається. *Вісник ОНМУ: Зб. наук. робіт. Вип. 2 (64)*. Одеса, 2021. С.186-198.

[DOI: 10.47049/2226-1893-2021-2-186-198](https://doi.org/10.47049/2226-1893-2021-2-186-198)

Авторкою представлена модель системи управління знаннями, навколо циклу знань у вигляді «знаннєвих процесів»: виявляти, створювати, зберігати, обмінювати, застосовувати.

31. Чернова, Лб. С., Титов С. Д., Чернова, Л.С. Спрощення розв'язку задач лінійної оптимізації в проєктному менеджменті. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями програмами та проєктами: Зб. наук. робіт*. Харків : НТУ "ХПІ", 2022. №1(5). С.80-85

<https://doi.org/10.20998/2413-3000.2022.5.10>

Авторкою запропонованого підхід, що використовує науковий результат для забезпечення можливості вдосконалення канонічних методів розв'язання задач оптимізації та, відповідно, для спрощення автоматизованого розрахунку.

32. Чернова Лб.С., Титов С.Д., Чернова Л.С. Узагальнення задач про призначення. *Вісник ОНМУ: Зб. наук. робіт. Вип. 1 (67)*. Одеса, 2022. С.142-167.

33. Чернова Лб.С., Журавель І.А., Журавель А.В. Концептуальна модель когнітивного управління проєктами та програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності. *Вісник ОНМУ: Зб. наук. робіт. Вип. 1(68)*, Одеса, 2023. С.204-214.

[DOI 10.47049/2226-1893-2022-1-204-214](https://doi.org/10.47049/2226-1893-2022-1-204-214)

Авторкою розроблена концептуальна модель, яка із застосуванням когнітивних механізмів перетворення інформації сприяє досягненню певної мети в удосконаленні трансформації поточних знань та прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності або ризиків.

Монографії:

34. Воронкова, В., Банаха, В., Сосніна, О., Ввайнхардт, И., Чернова, Л. Публічне управління адміністрування в умовах інформаційного суспільства: вітчизняний і зарубіжний досвід: Моногр. Запоріжжя, 2017. 602с.

<https://old-zdia.znu.edu.ua/index.php?page=4007&lang=ua>

Авторкою написано: розділ 6

35. Chernova L., Zhuravel I., Chernova L. APPLICATION OF THE COGNITIVE APPROACH IN THE FIELD OF PROJECT MANAGEMENT
Стаття у колективній монографії на тему: «Innovative integrated computer systems in strategic project management», Riga-2022. P.27-34

[DOI: https://doi.org/10.30837/MMP.2022.027](https://doi.org/10.30837/MMP.2022.027)

Авторкою розкрито сутність когнітивної системи, а в якості когнітивної моделі представлено та описано приклад когнітивної карти,

методологію її побудови та застосування.

Роботи апробаційного характеру:

36. Чернова, Л.С. Аналіз моделі прийняття рішень у службі директора технічного. *Зб. матеріалів XIII Міжнар. наук.-практ. конф. «Управління проєктами: стан та перспективи»*. Миколаїв, 2017. С.133-134.

37. Чернова, Л., Титов, С., Максимізація радіусу гіперсфери розміщеної у поліедру. *Зб. матеріалів XIV Міжнар. конф. «Управління проєктами в умовах переходу до поведінкової економіки»*. Київ, 2018. С. 99-101.

38. Chernova, L. The Realization Of The Ukrainian Existing “Artel” Produstion Project Transformation Into The Modern Competitive Shipbuilding. *Зб. Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. «Управління проєктами. Ефективне використання результатів наукових досліджень та об’єктів інтелектуальної власності»*. Дніпро, 2019. Том1. С. 176-178.

https://nmetau.edu.ua/file/tom_1_zbirnik_materialiv_konf_nmetau_2019.pdf

39. Чернова, Лд., Титов, С., Чернова, Лб. Виродженість ров’язку біматричної некооперативної гри. *Зб. матеріалів XV міжнар. наук.-практ. конф. «Управління проєктами: Стан та перспективи»*. Миколаїв, 2019. С.73-74.

Авторкою запропоновано підходи до розв’язку біматричної некооперативної гри.

40. Чернова, Лд., Чернова, Лб. Форсайт-методології стратегічного бачення і креативності. *Зб. матеріалів XXVII Міжнар. наук. - практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я»*. Харків, 2019. С. 393.

Авторкою запропоновані інструменти форсайт-методології у програмах розвитку, які у першу чергу є методологією прогнозування.

41. Чернов, С., Титов, С., Чернова, Лб. З досвіду використання пакету символної математики Maple® у вивченні дисципліни «Математичні моделі

та методи в управлінні проектами». *Зб. матеріалів XVI Міжнародної наук.-практ. конф. «Управління проектами: стан та перспективи»*. Миколаїв, 2020. С.130-143.

42. Чернова, Л.С., Когнітивні технології управління програмами підготовки фахівців. *Зб. матеріалів V міжнародної науково-практичної конференції «Project, Program, Portfolio, р3management»*. Одеса, 2020. С.112-115.

<http://journals.uran.ua/itssi/article/view/ITSSI.2020.14.086/220578>

Авторкою розроблена когнітивна модель механізму управління знаннями, в якій на основі когнітивного аналізу виявлені корисні закономірності, які відображають вплив факторів різної фізичної природи на результати підготовки фахівців.

43. Чернова, Л.,С. Інноваційна стратегія управління знаннями організації. *Зб. матеріалів III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Управління проектами. Ефективне використання результатів наукових досліджень та об'єктів інтелектуальної власності»*. Дніпро, 2021. С.272-278

https://nmetau.edu.ua/file/zbirnik_materialiv_konf_nmetau_17-18.03.2021_.pdf

Авторкою розроблена модель системи управління знаннями.

44. Чернова, Л.,С. «Управління знаннями» як методологічний орієнтир побудови концепції для розробки когнітивних технологій управління знаннями. *Зб. матеріалів XVIII Міжнар. конф. «Управління проектами у розвитку суспільства»*. Київ, 2021. С. 309-313

<http://eprints.kname.edu.ua/58522/1/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B82021.pdf>

45. Чернова, Лб.,С. Формування інноваційної стратегії управління знаннями. *Зб. матеріалів XVII Міжнародної наук.-практ. конф. «Управління проектами: стан та перспективи»*. Миколаїв, 2021. С.98-99.

46. Chernov S.K., Titov S.D., Chernova Ludmila S., Chernova Lubava S.,

Piterska V.M. The instrumental methods and means for improving the efficiency of linear optimization problems solution in project management. *XVI Міжнародна науково-практична конференція. «Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС»*. 2021. Чернігів, 2021. С.132-135

https://www.researchgate.net/publication/353903164_The_digital_tools_for_decentralized_patent_accounting_and_management

Авторкою запропоновані алгоритми спрощення розв'язку задачі лінійної оптимізації.

47. Чернова, Л.,С., Моделювання траєкторії проєкту розвитку суднобудування України. *XII Міжнародна науково-технічна конференція «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці»*. Миколаїв, 2021. С.473-478

48. Чернова, Л.С., Титов, С.Д., Чернова, Л.С. Багатоіндексна оптимізаційна модель транспортного типу. *I Міжнародна науково-практична конференція «Проектний та логістичний менеджмент: нові знання на базі двох методологій»*. Одеса, 2021. С.81-85

<https://pm-onmu.org.ua/wp-content/uploads/2021/12/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%B8-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%97-2021.pdf>

Авторкою вдосконалена оптимізаційна модель поставленої логістичної задачі по доставці ресурсів.

49. Чернова, Л.С. Механізми управління знаннями в організаціях в умовах невизначеності. *Зб. матеріалів IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Управління проєктами. Перспективи розвитку проєктного та нейроменеджменту, інформаційних технологій управління, технологій створення та використання об'єктів інтелектуальної власності»*. Дніпро, 2022. С.102-104

https://nmetau.edu.ua/file/zbirnik_materialiv_konf_udunt_vipravleniy_2022.pdf

50. Чернова Лб.С., Журавель І.А., Чернова Лд.С. Когнітивний підхід у

сфері управління проєктами. *Зб. матеріалів Міжнародна науково-практична конференція «Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проєктами та економіці в умовах воєнного стану»*. Коблево, 2022. С. 132

Авторкою представлено та описано приклад когнітивної карти, принципи її побудови та застосування.

51. Чернова Л.С., Журавель А.В. Застосування когнітивного моделювання в управлінні проєктами, *XIII Міжнародна науково-технічна конференція «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці»*. Миколаїв 2022, С.379

Авторкою розібрано аналіз когнітивної карти, принципи її побудови та застосування на промисловому підприємстві.

52. Чернова Л.С., Журавель А.В., Журавель І.А. «Створення ІТ-проєктів за допомогою когнітивного моделювання», *V Міжнародна науково-практична інтернет-конференція МІСТ «КИЇВ-ДНІПРО»*, 23-24 березня 2023, С.198

https://nmetau.edu.ua/file/zbirnik_materialiv_konf_udunt_2023.pdf

Авторкою створена логічна схема ІТ-проєкта.

53. Чернова Л.С., Журавель І.А., Журавель А.В. «Формування команди ІТ-проєктів за допомогою компетентнісного підходу», *зб. матеріалів ХХ Міжнар. конф. «Управління проєктами у розвитку суспільства»*. Київ, 2023.С.263-268

Авторкою розроблена класифікація компетенцій з розподіленням командних ролей з метою підвищення якості проєктної команди.

Роботи, які додатково відображають наукові результати дисертації:

54. Chernova, Lb., Chernova, Ld. The Mechanisms of Project Initiation Processes. Manual. Kharkiv, 2017. 245p. Published in English and Russian.

55. Титов, С., Чернова, Л. Вища та прикладна математика. Навч. посібник. Modeling and analysis of organizational systems structures. Manual. Kharkiv, 2017. 148p. Published in English and Russian.

SUMMARY

Liubava Serhiivna Chernova. Cognitive Mechanisms for Management of Programs for Specialists Training under Conditions of Uncertainty. – Qualifying manuscript copyright research paper.

A dissertation for the degree of Doctor of Technical Science in field of study 05.13.22 – «Project and Program Management». – Admiral Makarov National University of Shipbuilding by the Ministry of Education and Science of Ukraine, Mykolaiv, 2023.

The dissertation is concerned with the scientific and applied problem of developing new mechanisms of a cognitive approach for solving tasks in the management of changes strategy within organization and technical systems to be realized through programs. Therefore, the research, creation and implementation of the cognitive approach within a project-oriented environment keeps being of essential importance towards formation of a strategic path in the specialists education programs management.

The research objective consists in development of models, methods and procedures of the specialists education project management.

The author has analyzed the general problem of cognitive management of complicated organization and technical systems, defined its specifics; reviewed the basic approaches and standards of management and investigated modern solutions as to application of cognitive mechanisms of specialists training programs management.

The thesis elaborated theoretical fundamentals for applying cognitive approaches in specialists training programs management.

The paper constructed a conceptual cognitive model of specialists training projects and programs under conditions of uncertainty.

The research carried out analysis of options for reasonable implementation of the thesis results.

The versatility and the applied value of the obtained results has been proved as concerns the application of the cognitive management mechanisms.

The research object consists in cognitive mechanisms of managing specialists training programs under uncertainty conditions.

The research subject is comprised by cognitive mechanisms of training programs strategic management in complicated organization and technical systems.

The effective concepts of project-oriented management of specialists training programs under conditions of uncertainty are aimed at applying the known approaches of the best practice based on proactive methods of project / program / portfolio (PPP) management. Only the application of cognitive management mechanisms constructed under foresight mechanisms will enable moving to the new status of systems on the basis of cognitive project-oriented models and methods of the project progress representation. This provides for creation of new conditions of efficient strategic management of the education as activities, owing to usage of all types of analytical activity, support and development of systemic thinking, systematization and improvement of the best practice achievements.

As we know, the concepts of developing new ideas consisted in widening boundaries of the known technologies, in the improvement of both the products and the processes of their manufacture. In the modern advanced, cultural and technological paradigm, the model of development is focused on other objects. It is aimed at understanding of the future due to transformation of the current knowledge, as well as widening the possibilities of people and their environment. Therefore, this is not just a technical problem but also a strategic challenge to the possibilities of the scientific society that is building the future in its project activities through conversion of its wishes into its possibilities. Thus, the modern paradigm of development can be outlined as a problem of vision, development of creativity based on application of cognitive information conversion methods.

Keywords: cognitive mechanisms, organization and technical systems, projects, programs, models, methods

**THE LIST OF THE APPLICANT'S PUBLICATIONS RELATED TO
THE DISSERTATION SUBJECT:**

***Publications indexed in scientometric databases SCOPUS, WoS and foreign
editions:***

1. Chernov, S., Titov S., Chernova, L., Gogunskii, V. The Algorithm for Simplification of Solution to Discrete Optimization Problems. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 3/4 (93). Kharkiv, 2018. P. 34-43. *The publication is included to International Scientometric Databases (ISD): Index Copernicus, DOAJ, ScienceIndex, SCOPUS (quartile Q2).*

https://www.academia.edu/36948824/ALGORITHM_FOR_THE_SIMPLIFICATION_OF_SOLUTION_TO_DISCRETE_OPTIMIZATION_PROBLEMS

The author proposed a method to simplify combinatory solution to a discrete optimization problem.

2. Chernov, S., Chernova, Lb., Titov S. Reduction in Discrete Optimization Problem. *Proceedings of the 13th "International Scientific and Conference on Computer Sciences and Information Technologies"* (CSIT 2018). Lviv, Ukraine, September 11-14.2018. P. 230-234. *The publication is included to ISD: SCOPUS*

[DOI: 10.1109/STC-CSIT.2018.8526718](https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2018.8526718)

The author proposed a method of reduction to solve discrete optimization problems.

3. Chernova, L., Titov, S., Chernov, S., Kolesnikova, K., Chernova, Lb. Development of a Formal Algorithm for the Formulation of a Dual Linear Optimization Problem. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4/4 (100). Kharkiv, 2019. P. 28-43. *The publication is included to ISD: Index Copernicus, Science Index, SCOPUS (quartile Q2).*

[DOI: 10.15587/1729-4061.2019.175105](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175105)

The author proposed and proved a formal algorithm of general approach to composing couples of dual problems, which enabled proving the truth of the algorithm of composing a dual problem for an arbitrary primal problem representation form.

4. Chernov, S., Chernova, L., Kunanets, N., Titov, S., Chernova, Lb. The Analysis of Gomory Algorithm Convergence in Integer Linear Optimization Problems: *Project Management. Proceedings of the 14th International Conference “Computer Sciences and Information Technologies”* (CSIT 2019). Lviv, Ukraine, September 17-20. 2019. P. 187-190. *The publication is included to ISD: SCOPUS (quartile Q4).*

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8929846>

The author reviewed problems in the process of calculating command resources required for implementing the project with the help of discrete optimization models and methods.

5. Timinsky, A., Lysytsin, B., Chernova, L., Chernova, Lb. Digitalisation HR-management Used Bi-adaptive and Foresight Models. *IEEE International Conference on Advanced Trends in information Theory* (ATIT 2019) Proceedings, Kyiv, Ukraine, Dec. 18-20. 2019. P. 406-410. *The publication is included to ISD: SCOPUS (quartile Q4).*

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9030518>

The author developed application of bi-adaptive models for IT-systems towards personnel management digitalization.

6. Chernov, S., Titov, S., Chernova, L., Kunanets, N., The maple® symbolic mathematics system the method of projections for discrete optimization problems. *Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications* (ICTERI 2019). Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019. P.231-249. *The publication is included to ISD: SCOPUS.*

<http://ceur-ws.org/Vol-2387/20190231.pdf>

The author researched the method of simplifying a combinatory solution to discrete optimization problem enabling a reduction of the optimization problems calculation complexity, improvement of algorithms that can be used in teaching a number of disciplines within IT project management training programs.

7. Titov, S., Chernova, L., Kunanets, N., Chernova, Lb., Nedelko, E., Chernov, S. The algorithm of selecting candidates for IT projects based on the

simplex method. *IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT 2020)*. Proceeding. 2020. P. 221-232. *The publication is included to ISD: SCOPUS (quartile Q4).*

<http://ceur-ws.org/Vol-2565/paper19.pdf>

The author proposed an approach to linear optimization problems solution for a quicker convergence of simplex calculation through departing from the canonical algorithm, and for enabling simplification of the numerical algorithm based on reducing the number of iterations.

8.Chernov, S., Titov, S., Chernova, Ld., Kunanets, N., Chernova, Lb. Linearization of Problem on Placing a Maximum- Radius Hypersphere in Polyhedral Region. *Proceedings of the 15th “International Scientific and Conference on Computer Sciences and Information Technologies” (CSIT 2020)*. Lviv, Ukraine, September 23. P. 176-179 *The publication is included to ISD: SCOPUS (quartile Q4).*

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9321846>

The author proposed a mathematic reduction (linearization) of a nonlinear optimization problem of placing a maximum-radius hypersphere in a convex polyhedral area of a linear optimization problem. The approach proposed is generalized to an arbitrary finite-dimensional problem.

9.Timinsky, A., Voitenko, O., Chernova, Ld., Chernova, Lb. Methodological approach to the implementation of the biadaptive development program in the organization on the basis of cognitive improvement of key competencies *Proceedings of the 2nd International Workshop IT Project Management (ITPM 2021)*, February 16-18, 2021, Slavske, Lviv region, Ukraine. P.153-162. *The publication is included to ISD: SCOPUS*

<http://ceur-ws.org/Vol-2851/paper14.pdf>

The author proposed using a dual problem composition algorithm for solving a problem of synchronous personnel competences development towards obtaining cognitive synergy and improving the cognitive potential of a project-oriented organization in bi-adaptive development programs. Holacracy has been proposed

as an approach of bi-adaptive cognitive project team improvement.

10. Chernov , S., Titov, S. , Chernova, L. , Kunanets, N. , Chernova , L., Piterska, V., Shcherbynac Y., Petryshyne L. Efficient algorithms of linear optimization problems solution. *2nd International Workshop IT Project Management, ITPM 2021; Slavsko, Lviv Region; Ukraine; 16 February 2021 through 18 February 2021* P.116–131.*The publication is included to ISD: SCOPUS*
<http://ceur-ws.org/Vol-2851/paper11.pdf>

The author developed a chain of efficient algorithms for simplifying the initial mathematic model of the problem and its computer calculation. She constructed efficient algorithms and general concepts of preparing for computer solution to LO problems with their illustration on various problems of the project management model.

11. Sergii K. Chernov, Sergey D. Titov, Ludmila S. Chernova, Lubava S. Chernova, Diana Zahorodnia and Taras Lendyuk. The Methods and Means of Efficiency Increasing the Linear Optimization Problems Solving in Project Management/*We received your submission to IDAACS 2021 (The 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. Cracow, 2021. P.116–131. The publication is included to ISD: SCOPUS*

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9660967>

The author constructed efficient algorithms and general concepts of preparing for computer solution to LO problems with their illustration on various model problems.

12.Oleksandr Voitenko, Lyudmila Chernova, Liubava Chernova, Alexander Timinsky. 4K-model as a basis of improving project management maturity in the organization. *XVI International Scientific and Technical Conference on COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGIES 4rd International Workshop on Project Management. Lviv, Ukraine 22-25 September, 2021 . P 337-340. The publication is included to ISD: SCOPUS*

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9648708>

The author proposed a 4C model of organizational projects management maturity increase. It has been ascertained that competence and cognitive models are more important for attaining the preparatory and basic stage of maturity, and that the foresight and bi-adaptive models are significant for the advanced stage. The paper defined the 4C model implementation concepts.

13. Chernov S., Titov S., Chernova L., Piterska V.b, Chernova L., Kunanets N. Three-Index Optimization Transportation Model. *16th IEEE International Conference on Computer Science and Information Technologies, CSIT 2021*. Lviv, Ukraine 22 -25 September 2021 P. 315 - 318. *The publication is included to ISD: SCOPUS. DOI: [10.1109/csit52700.2021.9648807](https://doi.org/10.1109/csit52700.2021.9648807)*

The author provided a model example of an optimization calculation confirming the reasonability of an automated approach to logistics problems for transportation cost minimization.

14. Serhii Chernov, Serhii Titov, Liudmyla Chernova, Liubava Chernova, Antonina Trushliakova. Optimization Model in Transportation Logistics Management Problems. *Optimization Model in Transportation Logistics Management Problems. 2022 IEEE. Nur-Sultan, Kazakhstan, Smart Information Systems and Technologies (SIST)28-30 April, 2022,195-199. The publication is included to ISD: SCOPUS.*

<https://ieeexplore.ieee.org/document/9945777>

[DOI: 10.1109/SIST54437.2022.9945777](https://doi.org/10.1109/SIST54437.2022.9945777)

The author provided a development of a mathematic optimization model in transportation logistics management on an example of supplying goods or resources to black sea ports.

15. Serhii Chernov, Sergiy Titov, Ludmila Chernova, Lubava Chernova, Antonina Trushliakova, Nataliia Kunanets, Serhii Lupenko Some Techniques for Simplifying the Solution of Linear Optimization Problems in Project Management. *3rd International Workshop IT Project Management, August 26, ITPM 2022, P.38-47*

[Vol-3295 urn:nbn:de:0074-3295-6](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0074-3295-6)

The author proposed an approach to simplifying a mathematic model prepared for computer realization. This approach contributes to developing new efficient and improving now existing algorithms of preparing for computer calculations and significantly saves the time and reduces the scope of hardware requirements to computer, which will help to create efficient alternatives in IT projects implementation.

16. Serhii Chernov, Serhii Titov, Liudmyla Chernova, Liubava Chernova, Antonina Trushliakova, Natalia Kunanets, Igor Bobyk *Assignment Problem Generalization. 3rd International Workshop IT Project Management, August 26, ITPM 2022, P.48-63*

[Vol-3295 urn:nbn:de:0074-3295-6](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0074-3295-6)

The author proposed a solution to an assignment problem mathematic model by the method of potentials including many trivial steps hampering the solution process convergence.

17. Liubava Chernova, Lyudmyla Chernova, Natalia Kunanets, Anna Zhuravel, Serhii Chernov, Olga Artemenko *Application of the cognitive approach in the field of IT project management* 17th IEEE International Conference on Computer Science and Information Technologies, CSIT 2022. Lviv, Ukraine September 2022 P. 426-429 The publication is included to ISD: SCOPUS.

[doi: 10.1109/CSIT56902.2022.10000512.](https://doi.org/10.1109/CSIT56902.2022.10000512)

The author reviewed the cognitive system content, she selected, described and developed a cognitive map as a cognitive model, the method of its construction and application.

18. Chernova Liubava, Zhuravel Anna, Chernova Lyudmila, Chernov Serhii, Trushliakova Antonina «Application of the cognitive approach in the field of project management», 7th International Conference Digital Technologies in Education, Science and Industry, DTESI 2022, 20-21 October 2022, Almaty, Kazakhstan, *The publication is included to ISD: SCOPUS.*

<https://ceur-ws.org/Vol-3382/Short4.pdf>

The author presented and described a cognitive map example with

consideration of problems of factors interacting during solution of management problems, knowledge transformation and verification for developing the most efficient management strategy.

19. Serhii Chernov, Serhii Titov, Liudmyla Chernova, Liubava Chernova, Antonina Trushliakova «The Behavior Antagonism in the IT Project Management», 2023 IEEE Smart Information Systems and Technologies, (2023 IEEE SIST), May 4-6, 2023, Astana, Republic of Kazakhstan, The publication is included to ISD: SCOPUS.

The author described the developed cognitive map as a cognitive model, the method of its construction and application.

20. Chernova Liubava, Zhuravel Anna, Chernova Lyudmila, Chernov Serhii, Zhuravel Irina «Use cognitive modeling during the creation of IT projects», IV International Workshop «IT Project Management», (ITPM 2023), May 19, 2023, Warsaw, Poland. P.106-116

<https://ceur-ws.org/Vol-3453/paper10.pdf>

The author provided a logical diagram of an IT project, reviewed the basic projecting stages. She presented a hybrid, cascade and cyclic algorithm of an IT project formation aimed at compensating shortages both of the cascade and of the iteration projecting paradigm, and assuring its quality and viability under short-term planning conditions.

21. Sergiy Chernov, Sergiy Titov, Ludmila Chernova, Nataliia Kunanets, Lubava Chernova, Evgeniy Trushliakov, and Pavlo Fedorka. The Project of Information System for Students Knowledge Evaluation. Proceedings of the 4th International Workshop IT Project Management (ITPM 2023), May 19, 2023, Warsaw, Poland. P.117-127.

<https://ceur-ws.org/Vol-3453/paper11.pdf>

Publications at international scientific and Ukrainian specialized periodicals:

22. Chernova, Ld., Mazurkevych, O., Chernova, Lb. The Model of Assessing

the General Intensity of Resistance to Changes in an Organization. *Quarterly scientific journal Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*. Vol.4(6). Kharkiv, 2018. P.77-84.

https://www.researchgate.net/publication/329846157_THE_MODEL_OF_A_SSESSING_THE_GENERAL_INTENSITY_OF_RESISTANCE_TO_CHANGES_IN_AN_ORGANIZATION

The author studied the process of introducing a change to activities of a company, developed a model for calculating the total program resistance to changes or transformations with account taken of the implementation program intensity and its successful finish.

23. Chernov, S., Titov, S., Chernova, Ld., Kunanets, N., Chernova, LB. Determination of Approaches for Project Costs Minimization with Use of Dual Problems. *Econtechmod. An International Quarterly Journal on Economics in Technology, New Technologies and Modeling Processes*. Vol.8 (2). 2019. P.61-69. *The publication is included to ISD: Index Copernicus (An International Publication - Poland).*

<https://www.semanticscholar.org/paper/Determination-of-Approaches-for-Project-Costs-with-Chernov-Titov/c3cfd275043cd209f3f1ad3a35b21302d834fffb>

The author developed a model of calculating the resistance to changes taking into account the program implementation intensity and enabling determination of the total level of resistance to changes after successful finish of the program.

24. Chernova, L., Lukianov, D., Gogunskii, V., Chernova Lb. A Foresight Project Status Modeling Based on Markov Chain. *Collection of Scientific Works "Project Management and Development of Production"*. Vol. 2.70. Lugansk, 2019. P.82-86.

<http://visnyk.onmu.Odesa.ua/index.php/1/article/view/51/50>

The author analyzed the behavior of foresight systems of four types according to various uniqueness combinations.

25. Chernova, L., Lukianov, D., Gogunskii, V., Chernova, Lb. Development of a Created Value Imitation Model Based on Markov Chain for Foresight

Methodology. *ONMU Bulletin: Collection of Scientific Works*. Vol. 3 (60). Odesa, 2019. P.172-191.

<http://visnyk.onmu.Odesa.ua/index.php/1/article/view/51>

The author proved that a transformation of the project advantage lifecycle into a Markov chain is an efficient method for phenomenological representation of a project structure based on a project value cycle.

26. Timinskyi, O., Voitenko, O., Chernova, Ld., Chernova, Lb. The Effect of Bi-Adaptive Management and Foresight Implementation upon the Competence Development. *Bulletin of The National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute” (NTU “KPI”). Series 78: Strategic Management. Portfolio, Program and Project Management: Collection of Scientific Works*. Kharkiv, 2020. No. 1. P.63-67. Index Copernicus.

[http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-](http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/46573/1/vestnik_KhPI_2020_1_Timinskyi_Vplyv.pdf)

[Press/46573/1/vestnik_KhPI_2020_1_Timinskyi_Vplyv.pdf](http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/46573/1/vestnik_KhPI_2020_1_Timinskyi_Vplyv.pdf)

The author proposed an organizational structure for implementation of a foresight-based bi-adaptive management.

27. Chernova, Lb., Titov S.D., Chernova, Ld., Model Approach in Project Management Methodology. *Transport development. Scientific journal. ONMU*. Vol.4(11) Odesa, 2021. P.40-52

http://nbuv.gov.ua/UJRN/transdevel_2021_4_6

[*The author proposed a rigorous mathematic reduction \(linearization\) of a nonlinear optimization problem on placing a maximum-radius hypersphere in a polyhedron-type convex area to a linear optimization problem.*](#)

28. Chernova, Lb., Chernova, Ld. Cognitive modeling of knowledge management mechanisms in the training of specialists *Quarterly Scientific Journal Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*. Vol.4 (14) Kharkiv, 2020. P.86-93

<https://www.itssi-journal.com/index.php/itssi/article/view/238/236>

<https://doi.org/10.30837/ITSSI.2020.14.086>

The author developed a cognitive model of a knowledge management

mechanism, in which useful regularities were found on the basis of the cognitive analysis reflecting the effect of various physical factors upon specialists training results.

29. Chernova, Lb., Chernova L., Voitenko, O., Timinskyi, O. Improvement of the Key Competences at the Program of Bi-Adaptive Development of Project-Oriented Organizations. *Bulletin of The National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”*. Series 78: Strategic Management. Portfolio, Program and Project Management: Collection of Scientific Works. Kharkiv: NTU “KPI”, 2021. – No. 1 (3). – P. 66-73. *Index Copernicus*.

http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/52266/1/visnyk_KhPI_2021_1_SUUPPP_Chernova_Vdoskonalennia.pdf

The author proposed to use a dual linear optimization problem for solving complicated tasks of bi-adaptive development programs with cognitive improvement of existing competences.

30. Chernova, Lb. Organizational Knowledge Management at an Innovatively Developing Organization. *ONMU Bulletin: Collection of Scientific Works*. Vol. 2 (64). Odesa, 2021. P.186-198.

[DOI: 10.47049/2226-1893-2021-2-186-198](https://doi.org/10.47049/2226-1893-2021-2-186-198)

The author presented a knowledge management system model around the cycle of knowledge in the form of “knowledge processes”: find, create, save, share, apply.

31. Chernova, Lb., Titov, S., Chernova, L. Simplification of Linear Optimization Problems Solution in Project Management. NTU “KPI” Bulletin, Series: Strategic Management. Portfolio, Program and Project Management: Collection of Scientific Works. Kharkiv: NTU “KPI”, 2022. No.1(5). P.80-85

<http://pm.khpi.edu.ua/article/view/262166>

<https://doi.org/10.20998/2413-3000.2022.5.10>

The author proposed an approach using the scientific result for ensuring the possibility to improve canonical methods of solving optimization problems and for simplifying the automated calculation respectively.

32. Chernova, Lb., Titov, S., Chernova L. Assignment Problems Generalization. *ONMU Bulletin: Collection of Scientific Works. Vol. 1 (67)*. Odesa, 2022. P.142-167.

33.* Chernova, Lb., Zhuravel, I., Zhuravel, A. Conceptual Model of Cognitive Management of Specialists Training Projects and Programs under Conditions of Uncertainty. *ONMU Bulletin: Collection of Scientific Works. Vol. 1 (68)*. Odesa, 2023. P.204-214.

The author developed a conceptual model, which, with application of cognitive information conversion mechanisms, contributes to attaining a certain objective at improving the transformation of current knowledge and making management decisions under risks or uncertainty conditions.

Monographs:

34. Voronkova, V., Banakha, V., Sosnina, O., Vvainkhardt, I., Chernova, L. Public Administration Management under Information Society Conditions: Domestic and Foreign Experience: Monograph. Zaporizhzhia, 2017. 602p.

<https://old-zdia.znu.edu.ua/index.php?page=4007&lang=ua>

[*Written by the author: Section 6*](#)

35. Chernova L., Zhuravel I., Chernova L. APPLICATION OF THE COGNITIVE APPROACH IN THE FIELD OF PROJECT MANAGEMENT An article in the joint monograph: "Innovative integrated computer systems in strategic project management", Riga-2022. P.27-34

[DOI: https://doi.org/10.30837/MMP.2022.027](https://doi.org/10.30837/MMP.2022.027)

The author discovered the essence of a cognitive system and presented / described an example of a cognitive map, the methodology of its construction and application as a cognitive model.

Approbation works:

36. Chernova, L. Analysis of a Model to Decision Making at Technical Director Department. *Collection of proceedings of The 13th International Scientific*

and Practical Conference: Project Management: Status and Prospects. Mykolaiv, 2017. P.133-134.

37. Chernova, L., Titov, S. Radius Maximization at a Polyhedron-Enclosed Hypersphere. *Proceedings of the 14th International Conference "Project Management under Conditions of Moving to Behavior Economy"*. Kyiv, 2018. P. 99-101.

38. Chernova, L. The Realization Of The Ukrainian Existing "Artel" Produstion Project Transformation Into The Modern Competitive Shipbuilding. *Proceedings of The International Scientific and Practical Conference "Project Management. Efficient Use of Scientific Research Results and Intellectual Property Items"*. Dnipro, 2019. Vol.1. P. 176-178.

https://nmetau.edu.ua/file/tom_1_zbirnik_materialiv_konf_nmetau_2019.pdf

39. Chernova, Ld., Titov, S., Chernova Lb. Degeneration of a Noncooperative Bimatrix Game Solution. *Proceedings of the 15th International Scientific and Practical Conference "Project Management: Status and Prospects"*. Mykolaiv, 2019. P.73-74.

The author proposed approaches to a bimatrix noncooperative game solution.

40. Chernova, Ld., Chernova Lb. Foresight Methodologies of Strategic Vision and Creativity. *Proceedings of the 27th International Scientific and Practical Conference "Information Technologies: Science, Engineering, Technology, Education, Health"*. Kharkiv, 2019. P. 393.

The author proposed foresight methodology tools in development programs being first of all a forecasting methodology.

41. Chernov, S., Titov, S., Chernova, Lb. From Experience of Using a Maple® Symbol Math Package in Studying the Discipline "Mathematic Models and Methods in Project Management". *Proceedings of the 16th International Scientific and Practical Conference "Project Management: Status and Prospects"*. Mykolaiv, 2020. P.130-143.

42. Chernova, L. Cognitive Technologies of Specialists Training Programs Management. *Proceedings of the 5th International Scientific and Practical*

Conference “Project, Program, Portfolio, p3management”. Odesa, 2020. P.112-115.

<http://journals.uran.ua/itssi/article/view/ITSSI.2020.14.086/220578>

The author developed a cognitive model of knowledge mechanism management finding useful regularities based on cognitive analysis that reflect the impact of various physical factors upon specialists training results.

43. Chernova, L. Innovative Strategy of Organization Knowledge Management. *Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Internet Conference “Project Management. Efficient Use of Scientific Research Results and Intellectual Property Items”*. Dnipro, 2021. P.272-278

https://nmetau.edu.ua/file/zbirnik_materialiv_konf_nmetau_17-18.03.2021_.pdf

The author developed a knowledge management system model.

44. Chernova, L. Knowledge Management as a Methodological Reference Point for Constructing a Concept for Development of Cognitive Technologies in Knowledge Management. *Proceedings of the 18th International Conference “Project Management in Society Development”*. Kyiv, 2021. P. 309-313

<http://eprints.kname.edu.ua/58522/1/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B82021.pdf>

45. Chernova, Lb. Formation of an Innovative Knowledge Management Strategy. *Proceedings of the 17th International Scientific and Practical Conference “Project Management: Status and Prospects”*. Mykolaiv, 2021. P.98-99.

46. Chernov, S., Titov, S., Chernova, Ld., Chernova, Lb., Pitera, V. The Instrumental Methods and Means for Improving the Efficiency of Linear Optimization Problems Solution in Project Management. *The 16th International Scientific and Practical Conference “Mathematic and Imitation Modeling of Systems MODS 2021”*. Chernihiv, 2021. P.132-135

https://www.researchgate.net/publication/353903164_The_digital_tools_for_decentralized_patent_accounting_and_management

The author proposed simplification algorithms to a linear optimization problem solution.

47. Chernova, L. Modeling a Trajectory of the Ukrainian Shipbuilding Development Project. *The 12th International Scientific and Technical Conference “Innovations in Shipbuilding and Ocean Technology”*. Mykolaiv, 2021. P.473-478

48. Chernova, Lb., Titov, S., Chernova, Ld. A Multi-Index Transportation Optimization Model. *The 1st International Scientific and Practical Conference “Project and Logistics Management: New Knowledge Based on Two Methodologies”*. Odesa, 2021. P.81-85

<https://pm-onmu.org.ua/wp-content/uploads/2021/12/%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%B8-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%97-2021.pdf>

The author improved an optimization model of a set logistics problem on resources delivery.

49. Chernova, L. Mechanisms of Knowledge Management in Organizations under Uncertainty Conditions. *Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Internet Conference “Project Management. Prospects of Development of Project and Neuro-Management, Information Technologies of Management, Technologies of Creation and Use of Intellectual Property Items”*. Dnipro, 2022. P.102-104

https://nmetau.edu.ua/file/zbirnik_materialiv_konf_udunt_vipravleniy_2022.pdf

50. Chernova, Lb., Zhuravel, I., Chernova, Ld. Cognitive Approach in Project Management. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Intellectual Information Systems in Project Management and Economy under Conditions of a Warlike Situation”*. Koblevo, 2022. P. 132

51. Chernova, L., Zhuravel, A. Cognitive Modeling Application in Project Management. *The 13th International Scientific and Technical Conference “Innovations in Shipbuilding and Ocean Technology”*. Mykolaiv 2022, P.379

52. Chernova, L., Zhuravel, A., Zhuravel I. Creation of IT Projects with the Aid of Cognitive Modeling. *The 5th International Scientific and Practical Internet Conference “The Bridge KYIV-DNIPRO”*, March 23-24, 2023, P. 198

The author presented and described an example of a cognitive map, its construction and application.

53. Chernova, L., Zhuravel, I., Zhuravel, A. Formation of an IT Project Team Aided by the Competence Approach. *Proceedings of the 20th International Conference “Project Management in Society Development”*. Kyiv, 2023. P. 263-268

The author developed a classification of competences with distribution of team roles aimed at improving the project team quality.

Works additionally reflecting scientific results of the dissertation:

54. Chernova, Lb., Chernova, Ld. The Mechanisms of Project Initiation Processes. Manual. Kharkiv, 2017. 245p. Published in English and Russian.

55. Titov, S., Chernova L. Higher and Applied Mathematics. Training Manual. Modeling and Analysis of Organizational Systems Structures. Manual. Kharkiv, 2017. 148p. Published in English and Russian.

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ППП	Проекти / програми / портфелі
ERP	Система планування ресурсів підприємства
WBS	Work Breakdown Struture
PDM	Precedence Diagram Method
ISO	Міжнародна організація по стандартизації
PMI	Інститут проєктного менеджменту
IPMA	Міжнародна асоціація проєктного менеджменту
ЖЦ	Життєвий цикл
НМБД	Наукометрична база даних
ЗВО	Заклад вищої освіти
СС	Слабоструктуровані системи
SWOT	Strengths Weaknesses Opportunities Threats
HR	Human Resources. HR-менеджер-спеціаліст по управленню персоналом.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ	4
SUMMARY	19
THE LIST OF THE APPLICANT’S PUBLICATIONS RELATED TO THE DISSERTATION SUBJECT	21
СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	36
ЗМІСТ	37
ВСТУП	40
РОЗДІЛ 1	
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ КОНЦЕПЦІЙ УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ	
1.1 Огляд сучасних підходів до управління програмами підготовки фахівців	55
1.2 Аналіз моделей та методів управління проектами та програмами в умовах невизначеності	67
1.3 Компетентністний підхід в управлінні проектами	84
1.4 Когнітивні технології в управлінні проектами	100
1.5 Висновки до розділу 1	109
1.6 Список використаних джерел до розділу 1	111
РОЗДІЛ 2	
ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ КОГНІТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ	
2.1 Методологія формування стратегії вирішення слабоструктурованих проблем на основі когнітивних моделей.	119
2.2 Методологія когнітивного моделювання в невизначених обставинах	130
2.3 Концептуальна модель когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності	146

2.4	Принципи когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності	158
2.5	Висновки до розділу 2	170
2.6	Список використаних джерел до розділу 2	172

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛІ КОГНІТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

3.1	4К-модель як базис зростання технологічної зрілості організацій у галузі управління проектами	178
3.2	Біадаптивні і форсайт моделі у діджиталізації HR-менеджменту	188
3.3	Моделювання ключових компетенцій проектно-орієнтованих організацій	201
3.4	Використання когнітивного моделювання під час створення ІТ-проектів	213
3.5	Висновки до розділу 3	226
3.6	Список використаних джерел до розділу 3	228

РОЗДІЛ 4

МЕТОДИ КОГНІТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

4.1	Теоретико-ігрова концепція в методології когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності	234
4.2	Концепція дискретизації в методах аналізу когнітивного управління підготовки фахівців	251
4.3	Інструментальні методи та засоби підвищення ефективності аналізу когнітивного управління підготовки фахівців	275
4.4	Бінарні методи аналізу в методології когнітивного управління підготовки фахівців	290
4.5	Висновки до розділу 4	298
4.6	Список використаних джерел до розділу 4	299

РОЗДІЛ 5

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДОЛОГІЙ
УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ В УМОВАХ
НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

5.1	Комп'ютерне моделювання теоретико-ігрової концепції в задачах когнітивного управління.	303
5.2	Моделювання дискретизації в методах аналізу когнітивного управління	315
5.3	Практичні аспекти використання редукції в методології управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності	332
5.4	Практичні аспекти бінарної інтерпретації в методології управління програмами підготовки фахівців.	336
5.5	Висновки до розділу 5	348
5.6	Список використаних джерел до розділу 5	349
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ	352
	ДОДАТКИ	
	ДОДАТОК А. Біматрична гра 3 на 3. Пошук мішаних та чистих рівноваг за Нешом	358
	ДОДАТОК В. Багатоіндексна логістична задач	364
	ДОДАТОК С. Вихідний код в середовищі Maple	369
	ДОДАТОК D. Вихідний код в середовищі Wolfram Mathematica	376
	ДОДАТОК Е. Акти впровадження результатів дисертаційної роботи	380

ВСТУП

Актуальність теми. Чинні концепції проектно-орієнтованого управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності орієнтовані на застосування відомих підходів найкращої практики на основі проактивних методів управління проектами/програмами/ портфелями (ППП). Лише застосування когнітивних механізмів управління, побудованих за механізмами передбачення, дозволить перейти до нового стану систем на основі когнітивних проектно-орієнтованих моделей і методів відображення ходу проектів. При цьому формуються нові умови ефективного стратегічного управління навчанням, як діяльністю, за рахунок використання всіх видів аналітичної діяльності, підтримується та розвивається системне мислення, забезпечується систематизація і удосконалення досягнень найкращої практики.

Як відомо, концепції розробки нових ідей полягали в розширенні меж відомих технологій, у покращенні, як продукції так і процесів її виготовлення. В сучасній передовій, культурній і технологічній парадигмі модель розвитку орієнтована на інше. Вона спрямована на розуміння майбутнього за рахунок трансформації поточних знань, а також розширення можливостей людей і їх навколишнього середовища. Тобто це не тільки технічна проблема, а стратегічний виклик можливостям наукової спільноти, яка в проектній діяльності буде майбутнє через трансформацію своїх бажань в можливість. Тому сучасна парадигма розвитку може бути окреслена як проблема бачення, розвитку творчості на основі застосування когнітивних механізмів перетворення інформації.

Проблеми управління проектами в умовах невизначеності та ризиків розглядалися в працях таких вітчизняних та зарубіжних вчених, як Бушуєв С.Д., Кононенко І.В., Гогунський В.Д., Руденко С.В., Колеснікова К.В., Бондар А.В., Данченко О.В., Ковтун Т.А., Дружинін Є.А., Іванов В.В., Зачко О.Б.,

Оніщенко С.П., Малаксіано М.О., Тригуба А.М., Бедрій Д.І., Babaev Ig., Kendrick T., Smith P. G. та ін.

Формуванню теоретичної бази проектно-орієнтованого закладу вищої освіти, управлінню проектами та програмами підготовки фахівців присвячені дослідження Гогунського В.Д., Чумаченка І.В., Пітерської В.М., Білощицького А.О., Рача В.А., які спираються на методологію проектно-орієнтованого управління, представлену в працях зарубіжних дослідників: Turner J. Rodney, Tanaka H., а також в працях вітчизняних вчених: Бушуєва С. Д., Бушуєвої Н.С., Кононенка І.В., Кошкіна К. В., Рибака А.І., Кадильнікової Т.М., Фесенко Т.Г., Шахова А.В. та ін.

Когнітивні моделі управління проектами та програмами розроблялись такими вченими як Бушуєв С.Д., Бушуєв Д.А., Бушуєва В.Б., Становська І.І., Яковенко В.Б., Кошкін К.В.

Розв'язання протиріч між постійно зростаючими вимогами щодо програм розвитку організаційно-технічних систем і відсутністю підходів для розв'язання завдань стратегічного управління проектами, програмами та портфелями є вкрай актуальними за рахунок наукового обґрунтування і вирішення **науково-прикладної проблеми** розробки нових механізмів когнітивного підходу для розв'язання завдань управління стратегією змін в організаційно-технічних структурах через програми. Тому дослідження, створення та впровадження когнітивного підходу в рамках проектно-орієнтованого середовища, для формування стратегічного напрямку управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності є актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Роботу виконано на кафедрі «Інформаційних управляючих систем та технологій» НУК ім. адмірала Макарова (м. Миколаїв). Наведені у роботі матеріали узагальнюють результати досліджень, виконаних авторкою у відповідності до державних науково-технічних програм та напрямків розвитку

науки і техніки, за планами виконання фундаментальних та прикладних НДР МОН України (Секція 2 «Інформатика та кібернетика»), по спеціальних напрямках фундаментальних і прикладних досліджень: № 2189«Розробка методики проєктного розрахунку буксированого підводного апарата»; № 2197«Розробка комплексу робочої конструкторської документації на малогабаритний буксирований підводний апарат»; № 2233 «Модернізація системи енергоживлення телекерованого підводного апарата»; № 2260 «Розробка конструкторської документації на створення буксированого підводного апарата»; № 2266 «Ескізний проєкт вантажного саморухомого підводного носія»; № 2280 «Розробка конструкторської документації на створення приладу для вимірювання динамічних характеристик малорозмірного судна».

В рамках зазначених тем здобувачем, як виконавцем та відповідальним виконавцем окремих розділів, були розроблені моделі, методи і процедури управління проєктами підготовки фахівців.

Мета і задачі дослідження.

Метою дослідження є вирішення наукової проблеми підвищення ефективності управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності за рахунок розроблення концептуальних положень, моделей, методів та принципів, що формують базові засади когнітивних механізмів управління стратегією змін в організаційно-технічних структурах через програми.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язані наступні головні задачі:

- виконати аналіз сучасних методологій управління складними організаційно-технічними структурами, визначити їхні особливості; розглянути основні підходи та стандарти до управління проєктами та програмами і виконати огляд сучасних рішень щодо застосування когнітивних механізмів управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності;

- розробити теоретичні основи застосування когнітивних механізмів управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності;
- побудувати концептуальну модель когнітивного управління проєктами та програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності, а також запровадити розширену модель стратегічного управління програмами з урахуванням активності стейкхолдерів;
- розробити принципи формування стратегії вирішення слабоструктурованих проблем на основі когнітивних моделей;
- побудувати моделі когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності;
- розробити інструментальні методи та засоби підвищення ефективності аналізу когнітивного управління підготовки фахівців;
- виконати аналіз варіантів раціонального впровадження результатів роботи;
- показати універсальність і прикладну цінність отриманих результатів щодо застосування когнітивних механізмів управління проєктами та програмами в умовах невизначеності.

Об’єктом дослідження є процеси управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності.

Предметом дослідження є система когнітивних механізмів стратегічного управління програмами підготовки фахівців в складних організаційно-технічних структурах в умовах невизначеності.

Головна гіпотеза досліджень полягає в припущенні, що стратегічне управління складними організаційними системами відбувається за допомогою когнітивних механізмів управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності.

Методи дослідження. Для аналізу методів і засобів, що застосовуються як елементи проєктного середовища в системах обробки інформації та

управління прийняттям рішень, а також при вивченні впливу конкретних завдань щодо прийняття рішень на якість результатів, застосовуються методи системного аналізу, теорії ймовірності, теорії інформації, теорії нечітких множин і нечіткої логіки, методи оцінювання складних об'єктів, теорія лінійного програмування. Розробка моделей базується на технології об'єктно-орієнтованого програмування.

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає у розробці наукових основ системи нових механізмів когнітивного підходу для розв'язання завдань управління стратегією змін в організаційно-технічних структурах через програми, які дозволять підвищити ефективність управління підготовкою фахівців в умовах невизначеності.

Вперше:

– запропонована концептуальна модель управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності, яка базується на генетичній платформі проєктів підготовки фахівців, що в свою чергу містить генетичні алгоритми навігації програми підготовки, регламенти і правила визначення цінності та структури програм підготовки, що забезпечують навігацію проєктів програми та її розвитку; концептуальна модель дає змогу створити теоретичний фундамент для розробки методології когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності;

– розроблені принципи когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності, на яких базується методологія когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності;

– запроваджено новий підхід до інтерпретації когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності на платформі теоретико-ігрової моделі, при якому використано поведінковий антагонізм неантагоністичної біматричної гри для вибору оптимальної стратегії в управлінні підготовкою фахівців в умовах невизначеності;

- використано поведінковий антагонізм неантагоністичної біматричної гри для вибору оптимальної стратегії в управлінні програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності;

- проаналізовані можливості використання біадаптивних та форсайт моделей в ІТ-системі управління персоналом проєктно-орієнтованого підприємства щодо їх застосовності до HR-менеджменту проєктно-орієнтованого підприємства. Наведено приклад застосування описаних моделей для управління персоналом проєкту, створення Call-центру проєктно-орієнтованого підприємства. Проведено SWOT-аналіз запропонованих рішень.

Удосконалено:

- моделі цифровізації підприємства за рахунок використання системи управління додатковими факторами при прийнятті рішень, що забезпечують проактивне управління та координацію систем управління і створюють можливості для зростання кадрового потенціалу підприємства;

- моделі оптимальної поведінки гравців на базі поглибленого аналізу можливості умовного розбиття біматричної гри на дві матричні антагоністичні гри з нульовою сумою;

- метод повільної збіжності в методі Гоморі для повністю цілочислових задач лінійної цілочислової оптимізації;

- метод узагальнення математичної моделі задачі про призначення та її розв'язку з подальшою комп'ютерною реалізацією в середовищах символічної математики Maple та Mathematica для оптимізації процедур відбору претендентів в умовах підготовки фахівців;

- алгоритм переходу до двоїстої задачі в моделях оптимізації когнітивного управління;

- обґрунтування вибору оптимальної поведінки учасників біматричної гри з урахуванням наявності рівноваги у мішаних стратегіях;

- компетенції управляючих команд запропонованим підходом холакратії як засобом біадаптивного когнітивного вдосконалення компетенцій

команди управління програмою біадаптивного розвитку проєктно-орієнтованих організацій. Для таких задач запропоновано використовувати двоїсту задачу лінійного програмування.

Отримало подальший розвиток:

- модель зрілості 4К (компетентнісна, когнітивна, форсайтна та біадаптивна) за рахунок інтеграції чотирьох підходів до зростання технологічної зрілості організацій в галузі управління проєктами та програмами, при цьому було проведено експериментальне дослідження впливу моделі 4К на розвиток компетентності на основі методу експертних оцінок;
- термінологічний базис когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності за рахунок введення поняття ключової компетенції фахівців;
- модель ключової компетенції програми біадаптивного розвитку проєктно-орієнтованої організації;
- метод редукції в задачах лінійної оптимізації, який ґрунтується на проєктуванні багатовимірної оптимізаційної задачі на двовимірну координатну площину, за рахунок нової концепції дискретизації в методах аналізу когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності;
- метод підготовки до розрахунків оптимізаційної задачі на основі використання поняття двоїстості, редукції задачі та прийому порушення стандартного симплексного розрахунку;
- теоретичне обґрунтування узагальненої моделі про призначення;
- задача про розміщення гіперсфери найбільшого радіусу в полієдральній області;
- поняття ключової компетенції вищого порядку, що бере участь в створенні найбільшої споживчої цінності, яка є колективним знанням, що дозволяє організувати і управляти використанням інших компетенцій і здібностей, і тим самим створювати додаткову споживчу цінність. У розвиток

існуючих досліджень запропоновано модель ключової компетенції програми біадаптивного розвитку проектно-орієнтованої організації.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи підтверджуються: коректністю постановки задач дослідження і теоретичних положень, на яких ґрунтується їх розв'язання з урахуванням загальноприйнятих або обґрунтованих припущень, результатами комп'ютерних експериментів, перевіркою адекватності моделей, використанням математичних методів, що відповідають задачам досліджень, результатами моделювання і впровадженням результатів.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що дисертаційне дослідження передбачає завершення створення когнітивних механізмів управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності на основі математичного і інформаційного забезпечення проектного управління.

1. На Державному підприємстві «Миколаївський суднобудівний завод» використані наведені в роботі моделі управління знаннями та прийняття рішень з застосуванням підходів найкращої практики основ проактивних методів управління проектами. Концепції розробки нових ідей полягали в розширенні меж відомих технологій, у покращенні як продукції, так і процесів її виготовлення. Успішна реалізація досліджень дисертаційної роботи сприятиме поверненню українського суднобудування на позицію багатопрофільного, високотехнологічного та наукомісткого виробництва, що забезпечить додаткову зайнятість населення і в повній мірі потреби в транспортних, рибпромислових, науково-дослідних судах, а також в плавбазах і кораблях ВМСУ.

2. На ТДВ «Первомайськдизельмаш», (м. Первомайськ), результати досліджень надані в дисертації дозволяють перейти до нового стану систем на основі когнітивних проектно-орієнтованих моделей і методів відображення ходу проектів з формуванням нових умов ефективного стратегічного управління навчанням за рахунок використання аналітичної діяльності, з

якою підтримується та розвивається система мислення та забезпечуються систематизація і удосконалення досягнень найкращої практики. Нові механізми когнітивного підходу сприяють розв'язанню задач управління стратегією змін в організаційно-технічних системах через програми.

3. На ДП НВКГ «Зоря»-«Машпроект» (м. Миколаїв) результати роботи мають практичну цінність в напрямку підготовки персоналу. Особливу увагу викликали розглянуті в роботі питання організаційної та ключової компетенції проектно-орієнтованих підприємств, що базуються на когнітивних моделях. Також для підприємства має значення відображена в роботі модель зростання зрілості в управлінні проектами.

4. На ПрАТ «Дніпроспецсталь» (м. Запоріжжя) запропоновані в роботі моделі прийняття рішень та управління знаннями допомагають систематизувати виконання проектів на підприємстві й створити прозорість скорочення витрат на додаткові ресурси, зменшити вартість навчання, знизити ризики, пов'язані з проектами та одночасно збільшити показник корисного використання ресурсів. Вдосконалення управління проектами відтворить процеси підвищення ефективності розгортання програм.

5. На ТОВ «АМІКО Комплект»(м. Миколаїв) особливу увагу викликали дослідження використання алгоритму матричної гри при проектуванні інформаційної системи оцінювання знань фахівців, де в основу функціоналу інформаційної системи покладено теорію матричних ігор, що ґрунтується на аналізі результату конфлікту двох гравців з протилежними інтересами. Порівняння отриманих результатів розв'язків матричних ігор з розв'язками біматричної гри підтверджує можливість не тільки кількісних результатів про середні виграші гравців, але і їх якісної поведінки.

6. На ДП «ДП «Кривбаспроект»(м. Кривий Ріг) було звернено увагу на концептуальну модель управління проектами та програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності. За допомогою цієї моделі у турбулентному середовищі, яке зараз існує, з'являється можливість досягнення цілей організації в питаннях підготовки фахівців, які матимуть необхідну

кваліфікацію для досягнення підприємством бізнес-цілей, а також підвищення ефективності системи управління та забезпечення сталого розвитку у довгостроковій перспективі.

7. У Миколаївській обласній державній адміністрації у роботі привернули увагу моделі управління знаннями і методології прийняття рішень, які в сучасних умовах можуть мати практичну цінність в питаннях відбору креативних фахівців для роботи в органах обласної військової адміністрації, а також їх подальшої підготовки.

8. У Миколаївській міській раді результати дисертаційної роботи мають практичну цінність при розробці соціальних програм. Наведений в роботі аналіз сучасних концепцій управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності та теоретико-методологічні основи когнітивного управління можна використати як когнітивні технології в управлінні проєктами підготовки креативних фахівців для роботи в органах міської ради.

9. Розроблені інструментальні методи підвищення ефективності аналізу когнітивного управління підготовки фахівців, бінарні методи аналізу в методології когнітивного управління підготовки фахівців, моделі цифровізації підприємства за рахунок використання системи управління додатковими факторами при прийнятті рішень, запропонована модель ключової компетенції програми біадаптивного розвитку проєктно-орієнтованої організації, концепція дискретизації в методах аналізу когнітивного управління підготовки фахівців, компетенції управляючих команд запропонованим підходом холократії, дослідження впливу на рівні зрілості чотирьох типів моделей та теоретико-ігрова компетенція в методології когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності впровадженні в навчальний процес Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова (м. Миколаїв) і використовуються при викладанні дисциплін «Інструментальні засоби в управлінні проєктами», «Методи та моделі прийняття рішень в управлінні проєктами», «Комунікації, конфліктологія та управління командою проєкту»

для студентів освітнього рівня «магістр» спеціальності «Комп'ютерні науки» освітньо-професійної програми «Управління проектами».

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати, що виносяться на захист, одержані здобувачем самостійно. У публікаціях виконаних у співавторстві, особисто дисертанту належать: у [1] – запропоновано спосіб спрощення комбінаторного розв'язку задачі дискретної оптимізації; у [2] – запропоновано метод редукції для розв'язання задач дискретної оптимізації; у [3] – запропоновано та доведено формальний алгоритм загального підходу до складання пар спряжених задач, що дозволило довести істинність алгоритму побудови двоїстої задачі для довільної форми представлення прямої задачі; у [4] – розглянуті задачі процесу обчислення командних ресурсів, необхідних для реалізації проекту за допомогою моделей та методів дискретної оптимізації; у [5] – розроблено використання біадаптивних моделей для ІТ-систем з метою цифровізації управління персоналом; у [6] – досліджено спосіб спрощення комбінованого розв'язку задачі дискретної оптимізації, що дозволяє зменшити складність розрахунку оптимізаційних задач, вдосконалити алгоритми, які можливо використати у викладанні ряду дисциплін в освітніх програмах з управління ІТ-проектами; у [7] – запропоновано підхід до розв'язування задач лінійної оптимізації, що прискорює збіжність симплексного обчислення шляхом відхилення від канонічного алгоритму і забезпечує можливість спрощення числового алгоритму на основі зменшення кількості ітерацій; у [8] – запропоновано математичне зведення (лінеаризацію) задачі нелінійної оптимізації щодо розміщення гіперсфери максимального радіуса в опуклу багатогранну область щодо задачі лінійної оптимізації; у [9] – запропоновано використання алгоритму складання подвійної задачі, для вирішення проблеми синхронного розвитку компетенцій персоналу з метою отримання когнітивної синергії та покращення когнітивного потенціалу проектно-орієнтованої організації в біадаптивних програмах розвитку, та запропоновано холакратію як підхід біадаптивного когнітивного вдосконалення проектних команд; у [10] –

розроблено ланцюг ефективних алгоритмів для спрощення вихідної математичної моделі задачі та її комп'ютерного розрахунку; побудовано ефективні алгоритми і загальні принципи підготовки до комп'ютерного розв'язування задач ЛО з їх ілюстрацією на різних задачах моделі управління проєктами; у [11] – побудовано ефективні алгоритми та загальні принципи підготовки комп'ютерного розв'язування задач ЛО з їх ілюстрацією на різних модельних задачах; у [12] – запропоновано 4К-модель зростання зрілості управління організаційними проєктами і визначено принципи реалізації моделі 4К; у [13] – наведено модельний приклад оптимізаційного розрахунку, що підтверджує доцільність автоматизованого підходу до задач логістики для мінімізації вартості перевезення; у [14] – представлено розробку математичної оптимізаційної моделі в управлінні транспортною логістикою на прикладі постачання товарів або ресурсів до чорноморських портів; у [15] – запропоновано підхід щодо спрощення математичної моделі, підготовленої для комп'ютерної реалізації; у [16] – запропоновано розв'язок математичної моделі задачі призначення методом потенціалів, що містить багато тривіальних кроків, що перешкоджають збіжності процесу розв'язання; у [17] – розглянуто сутність когнітивної системи, обрано, описано та розроблено когнітивну карту як когнітивну модель, спосіб її побудови та застосування; у [18] – представлено та описано приклад когнітивної карти з розглядом проблем взаємовпливу факторів при вирішенні управлінських задач, трансформації знань та їх верифікації для розробки найбільш ефективної стратегії управління; у [20] – наведено гібридний, каскадно-циклічний алгоритм формування ІТ-проєкту, покликаний компенсувати недоліки як каскадної, так і ітераційної парадигми проєктування та забезпечити його якість та життєздатність в умовах короткострокового планування; у [22] – розроблено модель для розрахунку сумарної стійкості програми до змін або перетворень з урахуванням інтенсивності програми реалізації та її успішного завершення; у [23] – розроблено модель розрахунку опору змінам, що враховує інтенсивність реалізації програми; у [24] – виконано аналіз поведінки

форсайт-систем чотирьох типів відповідно до різних сполучень унікальності; у [25] – доведено, що трансформація життєвого циклу переваг проєктів у ланцюг Маркова є ефективним способом для феноменологічного відображення проєктної структури, що базується на циклі цінностей проєктів; у [26] – запропоновано організаційну структуру для впровадження біадаптивного управління на основі форсайту; у [27] – запропонована лінеаризація нелінійної оптимізаційної задачі про розміщення гіперсфери максимального радіусу в опуклу ділянку типу поліедру до задачі лінійної оптимізації; у [28] – розроблена когнітивна модель механізму управління знаннями, де на основі когнітивного аналізу виявлені корисні закономірності, які відображають вплив факторів різної фізичної природи на результати підготовки фахівців; у [29] – запропоновано використовувати двоїсту задачу лінійної оптимізації для вирішення складних завдань програм біадаптивного розвитку з когнітивним вдосконаленням існуючих компетенцій; у [30] – представлена модель системи управління знаннями, навколо циклу знань у вигляді «знанневих процесів»: виявляти, створювати, зберігати, обмінювати, застосовувати; у [31] – запропоновано підхід для забезпечення можливості вдосконалення канонічних методів розв’язання задач оптимізації та для спрощення автоматизованого розрахунку; у [33] – розроблена концептуальна модель, яка із застосуванням когнітивних механізмів перетворення інформації сприяє досягненню певної мети в удосконаленні трансформації поточних знань та прийнятті управлінських рішень в умовах невизначеності або ризиків; у [34] – написано розділ 6; у [35] – розкрито сутність когнітивної системи, а в якості когнітивної моделі представлено та описано приклад когнітивної карти, методологію її побудови та застосування. У решті публікацій апробаційного характеру внесок співавторів рівномірний.

Апробація роботи. Результати досліджень дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на таких національних та міжнародних конференціях і симпозіумах: XIII, XVII Міжнародна науково-практична

конференція «Управління проєктами: стан та перспективи»(м. Миколаїв 2017, 2021); XIV Міжнародна науково-практична конференція «Управління проєктами в умовах переходу до поведінкової економіки». (м. Київ, 2018); XVI,XVII,XVIII,XX Міжнародна конференція «Управління проєктами в розвитку суспільства» (м. Київ, 2019,2020,2021,2023); XXVII Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я», (м. Харків, 2019); XV, XVI,XVII Міжнародна науково-практична конференція «Управління проєктами: стан та перспективи» (м. Миколаїв 2019,2020,2021); XXVII Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я (MICROCAD)».(м. Харків, 2019); V міжнародна науково-практична конференція «Project, Program, Portfolio, p3management»(м. Одеса, 2020); I Міжнародна науково-практична конференція «Проектний та логістичний менеджмент: нові знання на базі двох методологій», (м. Одеса, 2021); III Міжнародна науково-практична конференція «Управління проєктами. Ефективне використання результатів наукових досліджень та об'єктів інтелектуальної власності»(м. Дніпро, 2021); XII,XIII Міжнародна науково-технічна конференція «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці» (м. Миколаїв, 2021,2022); XVI Міжнародна науково-практична конференція «Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС» (м. Чернігів, 2021); IV Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Управління проєктами. Перспективи розвитку проєктного та нейроменеджменту, інформаційних технологій управління, технологій створення та використання об'єктів інтелектуальної власності», (м. Дніпро, 2022); V Міжнародна науково-практична інтернет-конференція МІСТ «КИЇВ-ДНІПРО»,(м. Київ, 2023).

Публікації. Основні наукові положення і результати дисертації опубліковані в 55 працях: з них 21 – входять до наукометричної бази SCOPUS та закордонних видань, 12 – входять у наукові фахові видання України, 2–

монографії, 2 – навчально-методичні посібники, 18– публікації у збірниках і матеріалах конференцій та семінарів.

Структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел і 5-х додатків. Загальний обсяг дисертації – 394 стор., у тому числі 281 стор. основного тексту, список використаних джерел по розділам із 218 назв загалом на 22 стор., 5 додатків на 36 стор. Дисертація містить 32 рисунка та 41 таблицю.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ КОНЦЕПЦІЙ УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

1.1. Огляд сучасних підходів до управління проєктами та програмами підготовки фахівців

Управління проєктами та програмами підготовки фахівців потребує використання знань, навичок, методів та засобів до управління виконанням робіт для задоволення або перевищення потреб та бажань заінтересованих осіб при досягненні мети проєкту[1.5].

Задоволення чи перевищення цих бажань означає забезпечення балансу конкуруючих вимог щодо:

- 1) внутрішньої області проєкту (змісту, технічному та технологічному рішенням), часу, вартості та якості;
- 2) зацікавленим сторонам з різними потребами та очікуваннями;
- 3) ідентифікованим та неідентифікованим вимогам.

Проєкт підготовки фахівців – це зобов'язання створити цінність на основі місії проєкту, яка має бути завершена до певного чи узгодженого періоду в межах часу, ресурсів та умов експлуатації. Місія проєкту підготовки фахівців має на увазі фундаментальні цілі, для яких розроблено цей проєкт і яких він має досягти.

Проєкт підготовки фахівців має три основні властивості, а саме: унікальність місії проєкту; тимчасовий характер, позначений певним часом початку та закінчення; та невизначеність, така як зміни в оточенні проєкту та ризику. На рис. 1.1. показані основні властивості проєкту.

а) Унікальність

Навіть якщо проєкти схожі, вони ніколи не виконуються в однаковому оточенні та контексті. Проєкти є неповторними та унікальними; особлива думка, яку несе місія проєкту, часто визначає рішення конкретної проблеми.

Проєкт підготовки фахівців представляє різні типи унікальності, відмінні риси, і навіть можливості інновації. Хоча існують різні типи та рівні

унікальності, унікальність вимагає змін у поглядах, створення підходів, і навіть багатого досвіду з абсолютно нових елементів.

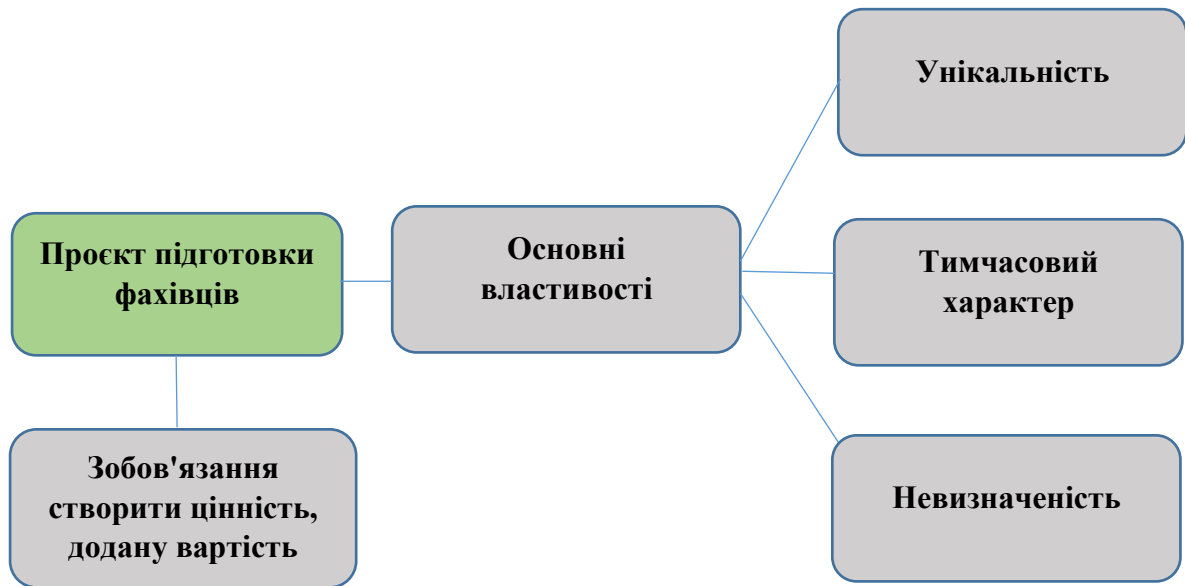


Рис.1.1. Визначення проекту підготовки фахівців[1.49]

(б) Тимчасовий характер

Тимчасовий характер відзначається певним початком та закінченням кожного проекту. Час початку зрозуміло, оскільки проект підготовки фахівців починається не тільки виходячи з призначених дат, продиктованих графіком проекту, а й на початку проекту на підставі місії організується тимчасова команда проекту та призначається команда ключових осіб.

Проте існують випадки, коли дата завершення проекту не обов'язково ясна. Наприклад, навіть після розробки програмного забезпечення, закінчення механізації, тестування або технічне обслуговування можуть продовжуватися протягом тривалого періоду часу через невизначеної дати закінчення проекту. Умови завершення проекту підготовки фахівців мають бути чітко визначеними. Проектний менеджер може взяти на себе відповідальність за задачу проекту лише у тому випадку, коли є дата закінчення проекту.

Для виконання проєкту підготовки фахівців з постійної організації тимчасово залучається персонал, щоб створити спеціальну команду для виконання проєкту.

Період роботи спеціально підібраної команди встановлено, і після завершення проєкту вона припиняє діяльність.

(в) Невизначеність

Так як проєкти не повторюються, виконуються для продукта з унікальним змістом і передбачають певні умови, досягнення їх місій не завжди є простим завданням і супроводжується неясністю. Ця неясність призводить до ризиків, викликаних невизначеною інформацією, незрілою або невиконаною технологією та непередбачуваними факторами. У проєктах підготовки фахівців ці ризики подолано за допомогою утримання на службі проєктного менеджера та об'єднаних знань, суджень та творчого потенціалу членів команди.

Проєкт підготовки фахівців реалізовує зазначену місію та цілі згідно його позиції, що веде до створення нової цінності, збагаченої унікальністю, відмінними рисами та інновацією. Дії, що створюють цінність, визначаються як дії, спрямовані на досягнення цінностей, що задовольняють потреби людей, промисловості та суспільства, які здійснюються індивідом або групою людей на основі інтелектуальних, фізичних та фінансових ресурсів[1.6].

Цінність проєкту підготовки фахівців визначається вигодою, яку надає продукт проєкту, під час виконання вимог, охоплених місією проєкту. Існує дві необхідні умови, які гарантують отримання цінності проєкту. Перше – практична здатність проєктного менеджера виконати проєкт згідно з планом; і друге – спосіб, у якому через продукт проєкту гармонійно досягається цінність проєкту всіма зацікавленими сторонами проєкту.

Перша умова є обов'язковою, тоді як друга – достатньою умовою досягнення цінності проєкту. Проєкт, який задовольняє цим двом умовам, може створити цінність активу, включаючи його інтелектуальну цінність, як прямий результат від його використання; цінність інновації, оскільки її

продукт створює нову соціальну цінність суспільству; та цінність власника, яка також називається цінністю балансування інтересів зацікавлених сторін, яка виділяє цінність володіння проєктом для кожної зацікавленої сторони та виробляє синергію для майбутнього вигідного співробітництва чи нової моделі, де виконання проєкту вдало балансує з інтересами стейкхолдерів.

Зданий в експлуатацію результат проєкту насамперед створює цінність активу для його власника. Хоча цінність активу не належить організації, яка виконувала проєкт (якщо власник та організація-виконавець різні) після здачі продукту проєкту, виконаний проєкт як для неї, так і для сторін, що брали участь у проєкті, представляє інтелектуальну цінність активу, цінність інновації та цінність володіння.

Планування цінності проєкту засноване і оцінюється на таких умовах, як порівняння прибутку від проєкту з встановленими запланованими витратами. Типовими методами та індикаторами, які використовуються для цієї оцінки, є: - CBA (Аналіз вигод витрат), CF (Потік грошових коштів), NPV (Розрахунок чистої поточної вартості) та IRR (Розрахунок внутрішньої ставки доходу).

Цінність проєкту підготовки фахівців можна також розглядати з погляду громадського сектору, порівняно з приватним. З погляду громадського сектору, цінність проєкту включає реалізацію соціальних пілг, громадської безпеки, благоустрою суспільства, соціального сприйняття, охорону навколишнього середовища, які переважно є суб'єктивними ознаками.

Цінність проєкту належить до корпоративних вигод, таких як: прибутковість, інновації, зростання, стабільність та надійність, які є об'єктивними ознаками.

Народження проєктів підготовки фахівців базується на філософії взаємодії життєвих циклів.

Розглянемо основні підходи до сучасних методологій управління проєктами з його логічними взаємозв'язками. Почнемо із системного підходу. Цей підхід дозволяє розглянути проєкт як множину взаємопов'язаних елементів - систему, що живе динамічно мінливому оточенні. Оточення

змінюється як під впливом проєкту, так та незалежно від нього. На цьому рівні абстракції важливими є питання народження проєкту та його взаємодії з навколишнім середовищем.

Системний підхід характеризується максимально повним, систематизованим поглядом на проєкт чи програму підготовки фахівців. Інструменти та методи цілепокладання та ціледосягнення в системному підході не розвинені.

Проєктний підхід характеризується чіткою орієнтацією на досягнення мети–створення «продукту проєкту». Інструменти управління проєктами та програмами побудовані з урахуванням унікальності проєкту чи програми та забезпечення досягнення мети у заданій системі критеріїв.

Якщо в моделі взаємодії даних підходів вибрати «ієрархію», то проєктний підхід є вкладеним по відношенню до системного, а методологія взаємодії підходів виглядає як «матрьошка».

Процесний підхід пов'язан з необхідністю регламентувати та уніфікувати дії менеджерів проєктів, привести їх до повторюваних процесів з описом вхідних та вихідних параметрів (ресурсів), а також набору дій, які перетворюють вхід у вихід. Процесний підхід прив'язується до певної предметної галузі (будівництво, інформаційні технології та т.п.) і дозволяє формалізувати дії проєктного менеджера.

У моделі «матрьошки» процесний підхід є вкладеним у проєктний, а регламентуючим документом, що описує зв'язки між підходами, є «Операційний посібник з управління проєктами».

Сценарний підхід – те, що пов'язує процеси підготовки та прийняття рішень в управлінні проєктами підготовки фахівців. Сценарії забезпечують швидке перенесення кращої практики у різноманітні процеси управління проєктами. Сценарний підхід таким чином є внутрішнім по відношенню до процесного і завершує формування моделі «матрьошки» взаємодії підходів до управління проєктами (рис.1.2).

Запропонована модель дозволяє будувати різноманітні формальні та неформальні методології управління проектами підготовки фахівців та розвивати їх. При цьому слід враховувати як вплив знань та регламентів предметної галузі, в рамках якої здійснюється проєкт, впливає на прийняту організацію культури адміністративного менеджменту. У цьому випадку основне навантаження по інтеграції покладається на системний підхід та інструменти організації взаємодії трьох складових – предметної, адміністративної та проєктної.

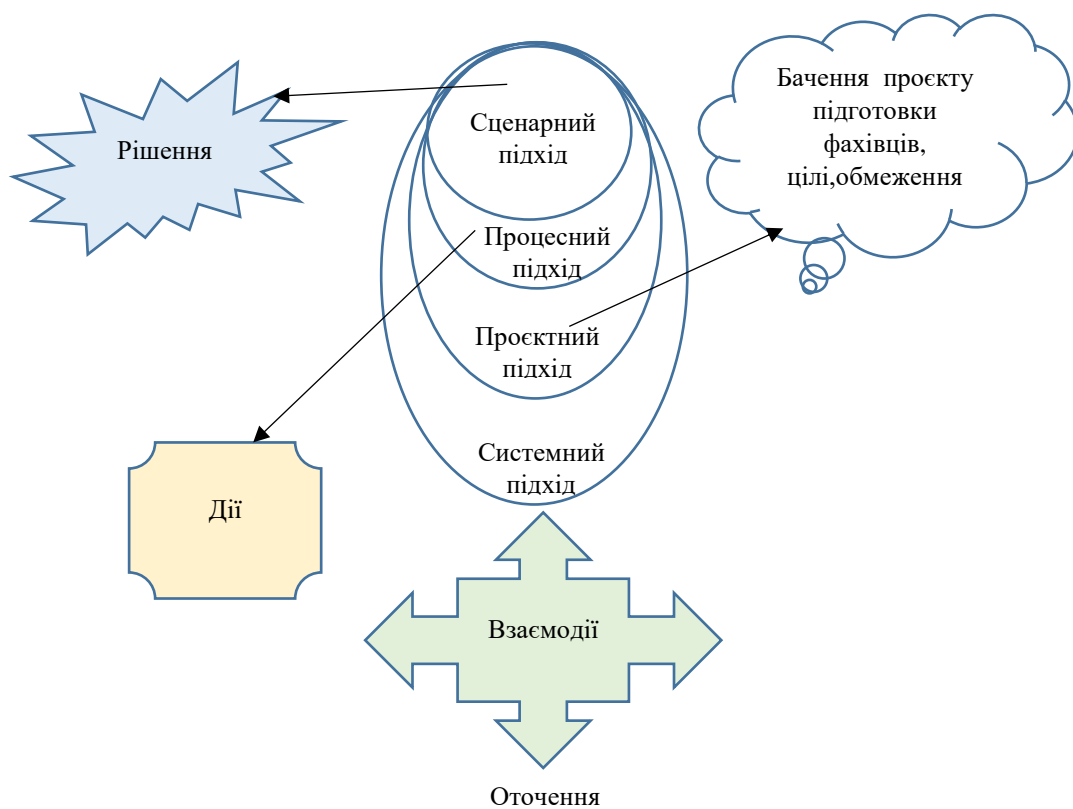


Рис.1.2. Модель «матрьошка» взаємодії підходів у методології управління проєктами та програмами підготовки фахівців[1.49]

Успіх прийнятого в даний час у світі процесного підходу до побудови бізнесу та управління ним обумовлений, перш за все, тим, що дозволяє організації врахувати такий важливий аспект підприємницької діяльності як орієнтація кінцевого продукту, тобто надання клієнту якісного продукту в стислі терміни та з мінімальними витратами.

Крім того, сама модель системи, за одиницю управління якою приймається процес, характеризується динамічною поведінкою та більш гнучким реагуванням на зовнішні та внутрішні зміни.

Перевага процесного підходу полягає також у безперервності управління, яке він забезпечує на стиках окремих підпроцесів і з урахуванням їхньої взаємодії.

Процесний підхід є одним із восьми базових принципів, покладених в основу Міжнародних стандартів та системи менеджменту якості.

Дотримуючись ідей процесного підходу, розглядатимемо проєкт підготовки фахівців як унікальний керований процес, вжитий для досягнення відповідної конкретним вимогам мети, що є сукупністю взаємопов'язаних скоординованих підпроцесів, маючих обмеження щодо термінів, вартості, ресурсів та показників якості.

Метою проєкту підготовки фахівців є задоволення потреб та очікувань клієнта та інших зацікавлених сторін (виконавців проєкту, постачальників, власників) результативним та ефективним способом. З погляду процесного підходу доцільно виділити дві групи пов'язаних з проєктом процесів: процеси управління проєктом та процеси життєвого циклу проєкту. Процеси управління проєктом підготовки фахівців, структуровані за функціональним принципом (відповідно зі «спеціальними» функціями управління проєктом), прив'язані до результатів проєкту через процеси життєвого циклу проєкту та традиційно розгортаються за загальними функціями управління. Зв'язок процесів управлінської діяльності та ієрархії процесів життєвого циклу проєкту легко простежується. Успіх проєкту, його результативність багато в чому визначаються тим, чи ефективно проєкт структурований, чи оптимально спроєктовані ланцюжки організаційно-технологічної взаємодії підпроцесів усередині структури та як організовано взаємодію структур.

Сценарний підхід пов'язан з процесами підготовки та прийняття рішень з управління проєктами. Сценарії забезпечують швидке перенесення кращої

практики у різноманітні процеси управління проєктами підготовки фахівців [1.46].

Кожен сценарій може мати кілька варіантів. У термінологічному плані неправильно ототожнювати багатоваріантність зі сценарним підходом.

Найбільш прийнятним може бути алгоритм, відповідно до якого виділяються та обґрунтовуються кілька стратегій розвитку, де кожній стратегії управління буде притаманна своя спрямованість та конкретні завдання, тимчасова та просторова логіка реалізації.

Сценарний підхід передбачає створення технологій розробки сценаріїв, що забезпечують більш високу ймовірність вироблення ефективного рішення в тих ситуаціях, коли це можливо, і вищу ймовірність зведення очікуваних втрат до мінімуму в тих ситуаціях, коли втрати неминучі.

В даний час застосовуються різні методи, побудовані в рамках сценарного підходу:

- отримання узгодженої думки;
- процедура об'єднання незалежних сценаріїв, що повторюється;
- використання матриць взаємодії та ін.

Метод отримання узгодженої думки є, по суті, однією з реалізацій методу Делфі, орієнтованої на отримання колективного думки різних груп експертів щодо великих подій у тій чи іншій галузі у заданий період майбутнього. До недоліків цього методу можна віднести недостатню увагу, що приділяється взаємозалежності та взаємодії різних факторів, що впливають на розвиток подій, динаміку розвитку ситуації.

Метод повторюваного об'єднання незалежних сценаріїв діє у складанні незалежних сценаріїв по кожному з аспектів, надаючи істотний вплив на розвиток ситуації, і повторюваному ітеративному процесі узгодження сценаріїв розвитку різних аспектів ситуації.

Перевагою цього є більш поглиблений аналіз взаємодії різних аспектів розвитку ситуації. До його недоліків можна віднести недостатню розробленість та методичну забезпеченість процедур узгодження сценаріїв.

Метод матриць взаємовпливів, розроблений Гордоном та Хелмером, передбачає визначення на підставі експертних оцінок потенційного взаємовплива подій аналізованої сукупності. Оцінки, що пов'язують всі можливі комбінації подій за їх силою, розподілом у часі і т.п., дозволяють уточнити початкові оцінки ймовірностей подій та їх комбінацій. До недоліків методу можна віднести трудомісткість отримання великої кількості оцінок та коректної їх обробки.

Сценарії розвитку розробляються для галузей, організацій загалом та їх стратегічних підрозділів, функціональних зон діяльності, найважливіших факторів довкілля, ринків. Цей підхід дуже корисний при виборі місії та цілей компанії, визначенні стратегії розвитку, при прогнозуванні на 10-20 років, коли втрачають своє значення сьгоднішні досягнення та зростає спектр нових можливостей.

Сценарії мають зі справжньої ситуації розвинути картини майбутнього. Робота ця ведеться систематично та з урахуванням основного принципу стратегічного управління – альтернативності вибору. Тому розробляється не один сценарій, а кілька варіантів, що дозволяє керівникам організації бачити можливі наслідки вибору того чи іншого напрямку розвитку. У демонстрації множини картин майбутнього та варіантів розвитку і складається мета методу сценаріїв.

Можлива розробка двох типів сценаріїв. Перший тип містить опис послідовності кроків, що ведуть до прогнозованого стану організації (системи), а також факторів і подій, що надають вирішальний вплив на цей процес. Другий тип містить опис можливих наслідків для організації (системи), якщо вона досягне прогнозованого стану.

Існує кілька підходів до розробки сценаріїв, всі вони передбачають три загальні положення:

- 1) вихідним пунктом розробки «сценаріїв майбутнього» завжди має бути точна оцінка реальної стратегічної ситуації організації. Така оцінка веде до

розуміння динаміки факторів, що впливають: значення яких факторів зменшується, а яких зростає по всьому тимчасовому обрїю;

2) для факторів, що впливають, з невизначеними тенденціями розвитку мають бути виконані спеціальні прогнози та зроблені раціональні прогнози кваліфікованих експертів;

3) має бути розроблено кілька альтернативних «сценаріїв майбутнього», що являють собою певну логічну картину. При цьому потрібно дотримуватися обов'язкової умови – альтернативні сценарії не повинні утримувати протиріч, тобто взаємовиключних кроків та подій.

В даний час у діяльності компаній приділяють все більшу увагу методам «сценаріїв майбутнього»:

– песимістичний – ситуація, коли відбувається погіршення стану соціальної, економічної та політичної систем суспільства, що наводить до зниження якості життя населення;

– реалістичний – ситуація, коли відбувається стабілізація стану соціальної, економічної та політичної систем суспільства, покращення якості життя населення;

– оптимістичний – ситуація, коли спостерігається значне покращення соціально-економічного становища в країні, зростання якості життя населення.

Після формування та оцінки стратегії розробляються конкретні варіанти реалізації сценаріїв, причому варіанти відрізнятимуться ресурсними можливостями, зв'язками, наміченими темпами зростання та використовуваним нормативним інструментарієм.

При розробці стратегії розвитку важливо також враховувати характеристики та структуру передбачуваного до використання механізму управління, а також взаємодії цього механізму з механізмами інших умов управління, інтереси яких представлені на «території» регіонального промислово-виробничого комплексу.

Стратегії та варіанти повинні бути взаємопов'язані. Науково-обґрунтований підхід запровадження стратегії розвитку організації має розглядатися з урахуванням сценаріїв.

Одним із найбільш його ефективних інструментів є багатоваріантність сценарію розвитку, що дозволяє у поступовій динаміці простежити зміни найважливіших техніко-економічних показників та його взаємозв'язку під впливом конкуренції. До основних вимог, яким має задовольняти багатоваріантний сценарій впровадження стратегії розвитку, відносяться такі:

- стратегія повинна забезпечувати організації виживання у довгостроковій перспективі;
- стратегія повинна допомагати організації впоратися з поточними завданнями;
- стратегія повинна приносити задоволення тим, хто входить до її сфери ділової взаємодії.

Сценарний багатоваріантний підхід дозволяє різко знизити негативні наслідки помилок стратегічного передбачення. У ситуаціях, коли у стислі терміни кардинально змінюються фактори мікро- та макросередовища, виникають або зникають нові можливості для розширення бізнесу, помилки стратегічного вибору стають фатальними для підприємства.

Сценарії розвитку аналізованої ситуації, що розробляються фахівцями, дозволяють з тим чи іншим рівнем достовірності визначити можливі тенденції розвитку, взаємозв'язку між факторами, що діють, сформулювати картину можливих станів, до яких може прийти ситуація в наслідок тих чи інших впливів.

Професійно розроблені сценарії дозволяють більш повно та чітко визначити перспективи розвитку ситуації як за наявності різних управляючих впливів, так і за їх відсутності. З іншого боку, сценарії очікуваного розвитку ситуації дозволяють своєчасно усвідомити небезпеку, якою загрожують невдалі управлінські впливи, або несприятливий розвиток подій.

Висловлюється думка, що необхідність передбачення найбільш ймовірного розвитку ситуації вперше з'явилась з виникненням промислового виробництва, оскільки при сезонно повторюваному сільському господарстві, господарському виробництві у цьому не було жодної потреби. Повністю погодитися з такою точкою зору важко, оскільки споконвіку людство воювало, іноді вело грандіозне будівництво. І без уявлення можливого розвитку ситуації такі цілеспрямовані дії навряд чи були б можливі.

Відмінною рисою сценарного підходу є багатоваріантність, тобто розгляд кількох альтернативних варіантів можливого розвитку ситуації з урахуванням базисних сценаріїв. Групуючи сценарії у класи, можна визначити раціональну стратегію на ситуацію. Як правило, дані про декілька можливих сценаріїв розвитку ситуації інформативні, ніж один єдиний сценарій, і сприяють прийняттю найефективніших рішень. Особливість цього методу полягає також у тому, що можна оцінювати значення взаємодії змінних лише межах області припустимих значень, а не по всій області, як і передбачається у методі, що використовує матриці взаємовпливів. Використання спеціальних програм для комп'ютерів, а також датчиків випадкових чисел з наступним відсіканням неможливих ситуацій для генерування альтернативних варіантів сценаріїв розширює обрій аналізу можливих у майбутньому ситуацій.

Розроблений широкий спектр можливих альтернативних варіантів розвитку ситуації дозволяє більш повно визначити критичні ситуації для прийняття рішень, а також можливі наслідки запропонованих альтернативних варіантів рішень з метою їхнього зіставлення та вибору найбільш ефективного.

Професійно розроблений та періодично актуалізований прогноз – невід'ємна складова процесу вироблення та прийняття важливих управлінських рішень в проєктах підготовки фахівців.

Взаємодія різних підходів у процесі управління проєктами, насамперед, пов'язана з системами цілепокладання та ціледосягнення, які схильні до змін при розвитку технологічної зрілості команд менеджерів та організацій. При цьому під час реалізації проєктів різні моделі ціледосягнення розглядаються в

контексті «системних інтеграторів» при управлінні проєктами підготовки фахівців. У реальній практиці така взаємодія формується інтуїтивно, що породжує значну кількість проблем в управлінні змінами та ціле досягненні. Це призводить до суттєвого зниження якості процесів управління проєктами та кризами у реалізації проєктів.

1.2. Аналіз моделей та методів управління проєктами та програмами в умовах невизначеності

Управління проєктами та програмами останнім часом завоювало визнання як найкращий метод планування та управління реалізацією інвестиційних проєктів. За американськими оцінками застосування методології управління проєктами забезпечує високу надійність досягнення цілей проєкту та на 10-15% скорочує витрати на його реалізацію.

У світі накопичено величезний досвід застосування управління проєктами та програмами. Зокрема, ця методологія використовується у всіх великих компаніях світу. Програмні засоби управління проєктами встановлені в усьому світі на мільйонах комп'ютерів - лише пакет Microsoft Project встановлений більш ніж на двох мільйонах комп'ютерів. Асоціація управління проєктами Project Management Institute (Інститут Управління Проєктами) об'єднує близько 40 тисяч членів та має відділення на всіх континентах, крім Антарктиди.

В нашій країні все більше організацій застосовують технологію управління проєктами та програмами та інтерес до цієї технології безперервно зростає. Проблематиці управління проєктами та програмами в умовах невизначеності присвятили багато праць вітчизняні вчені: Бушуєв С. Д. [1.5, 1.46, 1.58, 1.60], Бушуєва Н. С. [1.46, 1.59], Данченко О.Б. [1, 21, 1, 24], Чернов С. К. [1.30], та зарубіжні дослідники: Тернер Дж. Р. [1.61], Танаки Х. [1.62].

Для подальшого дослідження у авторки виникла необхідність розглянути поняття управління проєктами та програмами в умовах

невизначеності та проаналізувати моделі і методи, які використовуються у цьому напрямку.

Розглянемо основні поняття та методи управління проєктами та програмами в умовах невизначеності.

Проєкт в умовах невизначеності – це тимчасове підприємство, призначене для створення унікальних продуктів чи послуг. «Тимчасове» означає, що в будь-якого проєкту та програми є початок і неодмінно настає завершення, коли досягаються поставлені цілі, або виникає розуміння, що ці цілі не можуть бути досягнуті.

«Унікальні» означає, що проєкти та програми, що створюються, істотно відрізняються від інших аналогічних проєктів та програм. Приклади проєктів: будівництво будинку, розробка нового обладнання, бізнес-інжиніринг, розробка або впровадження програмних засобів, проведення рекламної компанії, проведення виборів і т.д.

Унікальність продуктів чи послуг зумовлює необхідність послідовного уточнення їх характеристик у міру виконання проєкту та програми в умовах невизначеності.

Управління проєктами та програмами в умовах невизначеності досліджує знання, досвід, методи та засоби з робіт проєкту для задоволення вимог, що висуваються до проєкту, та очікувань учасників проєкту, де вибір конкретного плану дій може зумовити будь-який результат із певної множини варіантів, але ймовірність впливу випадкових факторів невідома. Щоб задовольнити ці вимоги та очікування, необхідно знайти оптимальне поєднання між цілями, термінами, витратами, якістю та іншими характеристиками проєкту.

Управління проєктами підпорядковується чіткій логіці, яка пов'язує між собою різні галузі знань та процеси управління проєктами та програмами. Насамперед у проєкті обов'язково є одна або кілька цілей. Під цілями ми далі розумітимемо не лише кінцеві результати проєкту, а й обрані шляхи

досягнення цих результатів в умовах невизначеності (наприклад, застосовувані в проєкті технології, системи управління проєктом).

Досягнення цілей проєктів в умовах невизначеності може бути реалізовано у різний спосіб. Для порівняння цих способів необхідні критерії успішності досягнення поставленої мети.

Зазвичай до основних критеріїв оцінки різних варіантів виконання проєкту входять терміни і вартість досягнення результатів. При цьому заплановані цілі та якість зазвичай є основними обмеженнями при розгляді та оцінці різних варіантів. Звичайно, можливе використання й інших критеріїв та обмежень – зокрема, ресурсних.

Для управління проєктами та програмами в умовах невизначеності потрібні важелі. Впливати на шляху досягнення результатів проєкту, мети на якість, терміни та вартість виконання робіт можна, обираючи застосовані технології, склад, характеристики та призначення ресурсів на виконання тих чи інших робіт. Таким чином, застосовувані технології та ресурси проєкту можна віднести до основних важелів управління проєктами. Крім цих основних, існують і допоміжні засоби, призначені для управління основними. До таких допоміжних важелів управління можна віднести, наприклад, контракти, які дозволяють залучити потрібні ресурси у потрібний термін. З іншого боку, для управління ресурсами необхідно забезпечити ефективну організацію робіт в умовах невизначеності. Це стосується структури управління проєктом, організації інформаційної взаємодії учасників проєкту, управління персоналом, враховуючи різноманітні фактори ризику і загроз.

Інформація, що використовується в управлінні проєктами та програмами, зазвичай не буває повністю достовірною. Облік невизначеності вихідної інформації необхідний і при плануванні проєкту й задля грамотного укладання контрактів. Аналізу та обліку невизначеностей присвячений аналіз ризиків.

Будь-який проєкт у процесі реалізації проходить різні стадії, звані разом життєвим циклом проєкту. Для реалізації різних функцій управління проєктом

необхідні дії, які називаються процесами управління проєктами та програмами в умовах невизначеності. Процеси управління проєктами можуть бути розбиті на основні групи, що реалізують різні функції управління:

- процеси ініціації – ухвалення рішення про початок виконання проєкту;
- процеси планування - визначення цілей та критеріїв успіху проєкту та розробка робочих схем їх досягнення;
- процеси виконання – координація людей та інших ресурсів для виконання плану в умовах невизначеності;
- процеси аналізу - визначення відповідності плану та виконання проєкту за поставленими цілями та критеріями успіху з прийняттям рішень про необхідність застосування коригувальних впливів;

Практично методологія управління проєктами та програмами в умовах невизначеності допомагає:

- обґрунтувати доцільність інвестицій;
- розробити оптимальну схему фінансування робіт;
- скласти план робіт, що включає терміни виконання робіт, споживання ресурсів, необхідні витрати;
- оптимально організувати виконання робіт та взаємодію учасників проєкту;
- здійснювати планування та управління якістю;
- здійснювати аналіз та управління проєктними ризиками;
- оптимально планувати та керувати контрактами;
- аналізувати відхилення фактичного ходу виконання робіт від запланованого та прогнозувати наслідки відхилень, що виникають;
- моделювати коригувальні впливи на інформаційних моделях проєктів та приймати обґрунтовані управлінські рішення;
- вести архіви проєктів та аналізувати досвід їх реалізації, який може бути використаний в інших проєктах тощо.

Моделі та методи планування в управлінні проектами та програмами в умовах невизначності

В умовах господарської самостійності та ризиковому ринку успіх організації залежить від виконання двох факторів:

- проводиться має те, що буде прийнято ринком та середовищем;
- процес виробництва має бути ефективним.

Ці два напрями взаємопов'язані, доповнюють та взаємно зумовлюють один одного. Водночас у кожного підприємства своя сфера діяльності, цілі, завдання, методи. Відповіді на питання, що і як слід робити в орієнтації на перспективу і має визначити стратегічний план.

У той же час поточні плани визначають, що в якій послідовності та у які терміни необхідно виконати для реалізації даного конкретного проекту.

Головною метою оперативного планування є створення умов для здійснення ритмічного процесу виробництва (у тому числі СМР), що забезпечує своєчасне введення об'єктів в експлуатацію при максимальній реалізації виробничих потужностей організацій, використання трудових та матеріально-технічних ресурсів в умовах невизначеності.

Оперативне планування є складовою системи планування у всіх ланках промислової організації та заключним виробничим етапом у загальній системі планового керівництва виробництвом.

Оперативні плани можуть розроблятися практично для всіх виробничих структур:

- корпорацій, трестів, управлінь;
- фірм, центрів, малих підприємств;
- ділянок виробників робіт та майстрів, бригад робітників;
- допоміжних виробництв та обслуговуючих господарств.

У документах оперативного планування конкретизують основні показники виробничих організацій на рік. На їх основі розробляються конкретні виробничі завдання на більш короткі періоди часу (місяць, декада, тиждень, доба), які потім доводяться до безпосередніх виконавців (виробників

робіт, майстрів, бригад робітників). За допомогою оперативних планів ув'язуються та координуються роботи різних організацій, що задіяні у виробництві (зокрема і будівельному).

Особливе місце в управлінні проєктами та програмами в умовах невизначеності займають так звані календарні плани.

Календарний план – це такий проєктно-технологічний документ, який визначає послідовність, інтенсивність та тривалість виконання робіт, їх взаємоув'язку, а також потребу (з розподілом у часі) у матеріальних, технічних, трудових, фінансових та інших використовуваних ресурсів, враховуючи усі фактори ризиків[1.51].

Цілі календарного плану:

- гарантія того, що отриманий виграш у часі покриє витрати;
- координація використання ресурсів;
- ведення справ таким чином, щоб ресурси були в наявності, коли це необхідно;
- прогнозування рівнів вартості та ресурсів, які будуть потрібні різний час, для того, щоб пріоритети могли бути розподілені між проєктами;
- прив'язка до жорсткої дати фінішу проєкту.

У найпростішому випадку календарний план містить планові та фактичні дати старту та фінішу кожної роботи та їх тривалості. Можна отримати також дані про те, чи можливі відхилення в початковий момент часу для кожної роботи, які не вплинули на завершення проєкту вчасно. Ці відхилення називаються резервом часу. У більшості складних календарних планів існує до 5 варіантів моментів старту, фінішу, тривалості робіт та резервів часу. Це ранні, пізні, базові, планові та фактичні дати.

Тривалість – час виконання роботи. Зазвичай тривалість роботи вважається незмінною. Іноді вона залежить від зовнішніх факторів, не пов'язаних з управлінням проєктом. В інших випадках тривалість змінюється через зміну числа людей, які виконують роботу, або інших непередбачуваних факторів. Методи оцінки тривалості робіт, знання балансу між тривалістю і

рівнем споживання ресурсів, описані нижче. Вважатимемо, що тривалість робіт не змінюється. Крім того, приймемо, що перед початком складання плану для кожної роботи відома її оцінна тривалість. Як тільки роботу буде закінчено, можна зафіксувати фактичну тривалість. Фактичну тривалість корисно знати, оскільки порівнюючи її з плановою, можна обчислити відхилення від плану, виявити тенденції, що використовуються надалі для контролю процесу виконання подібних робіт.

Ранні та пізні дати можуть бути передбачені на підставі оціночних тривалості всіх робіт. Старт та фініш однієї роботи можуть залежати від фінішу іншої. Таким чином, існує рання дата, коли робота може бути розпочата, і яка називається датою раннього старту. Дата раннього старту та оціночна тривалість роботи визначають дату раннього фінішу, тобто ранню дату, до якої робота може бути закінчена. Існує також найпізніша дата, коли робота може бути закінчена і це не призведе до затримки виконання інших робіт та проекту в цілому. Ця дата і є датою пізнього фінішу роботи, і обчислюється вона за датою пізнього старту та оціночною тривалістю.

Якщо дата пізнього старту відрізняється від дати раннього старту, то проміжок часу, до якого робота може бути розпочата, називається резервом часу.

Робота з нульовим резервом часу називається критичною: її тривалість впливає на тривалість проекту загалом. Якщо проект представлений у вигляді щільного календарного плану, то мінімальна тривалість його визначається сукупністю робіт із нульовими резервами часу. Цей перелік робіт називається критичним шляхом. Роботи з великими резервами часу називаються основними роботами. Такі роботи використовуються для згладжування розподілу наявних ресурсів шляхом заповнення «вікон у розкладі» за допомогою їх переміщення у часі.

Існує два прийнятні способи відображення власне календарного плану:

- списки робіт із датами;
- діаграми Ганта (або лінійні діаграми).

Календарний план більш наочно можна подати у вигляді лінійних діаграм (іноді званих стовпчастими) або діаграм Ганта, які названі так тому, що Генрі Гант вперше їх використовував для цих цілей.

Широке застосування в управлінні проєктами набуло структурування проєктів на основі WBS. (Work Breakdown Structure) - концепція, відповідно до якої проєкт розбивається на ієрархічні підсистеми та компоненти. WBS є ієрархічною структурою робіт, які мають бути виконані для завершення проєкту.

Можуть бути використані різні методи структурування проєкту:

- «від загального до приватного» або «згори донизу»;
- «від приватного до загального» або «знизу догори».

Структуруванню підлягають у разі потреби мета роботи, виконувачі, ресурси, терміни завершення основних етапів проєкту та програми в умовах невизначеності.

Метод WBS ділить проєкт на елементи, які порівняно легко піддаються управлінню і для яких легше визначити витрати, бюджети та графіки.

Належним чином підготовлена і складена структура проєкту задовільнює вимоги керівництва, менеджера проєкту та клієнта. Інтеграція WBS з організаційною структурою проєкту допомагає менеджеру проєкту наділити окремих працівників відповідальністю за виконання конкретних технічних завдань. WBS також дозволяє створити просту систему відстеження ходу реалізації проєкту. Формування структури починається з поділу цілей проєкту на значно менші блоки робіт до досягнення самих дрібних одиниць звітності та контролю. Така деревоподібна структура дозволяє розбити загальний комплекс робіт по проєкту на незалежні блоки, які будуть передані під управління окремих фахівців, відповідальних за їх завершення.

Разом з тим, здійснити структурування на практиці здається не настільки простим, як на перший погляд. Щодо реальних проєктів структура розбивки повинна поєднувати поділ на (1) підсистеми та компоненти (продуктова структура); (2) етапи життєвого циклу (структура процесу); (3) групи ресурсів

(організаційна структура). Крім того, процес структурування проєкту та програми в умовах невизначеності є невід'ємною частиною загального процесу планування проєкту та визначення його цілей, а також підготовки генерального плану та матриці розподілу відповідальності та обов'язків. Здійснення цього процесу легше відносно до так званих «відчутних» проєктів», пов'язаних з будівництвом або встановленням обладнання, ніж до «невловимих проєктів», пов'язаних з розробкою програмного забезпечення.

WBS-структура є також потужним засобом, що полегшує формування списку робіт проєкту, які об'єднуються в мережу. З іншого боку, мережа - це математичний прийом, використовуваний для розрахунку календарного плану.

Для складних проєктів мережі можуть бути успішно застосовані лише в комплексі з розрахунком на ЕВМ.

Існують три основні типи мереж:

- мережі типу «вершини-події» (ADM – Arrow Diagram Method);
- мережі типу «вершини-роботи» (PDM – Precedence Diagram Method);
- змішані мережі.

У мережах типу PDM («вершини-роботи»), які у наступний час набули широкого поширення, елементи роботи представлені як прямокутники, пов'язані логічними залежностями. Існують чотири типи логічних взаємозалежностей між роботами:

- фініш – старт;
- фініш – фініш;
- старт – старт;
- старт – фініш.

Залежність типу «фініш – старт» зустрічається найчастіше. Залежності типу «фініш – фініш» та «старт – старт» також є природними і дозволяють частково перекривати відносини передування робіт у часі.

Вони дозволяють будувати схеми типу «приставних сходів». Залежності типу «старт-фініш» введені для математичної повноти картини і використовуються рідко.

Залежності, що зв'язують роботи в мережах типу «вершини-роботи», зазвичай мають нульову тривалість. Однак вони можуть бути задані з позитивною або негативною тривалістю, і це називається затримкою або випередженням відповідно.

Зазначимо, що всі види мереж забезпечують обчислення раннього та пізнього старту та фінішу, резервів часу для кожної роботи проєкту, у припущенні, що задані тривалості робіт та логічні залежності між ними. Причому мережі - це настільки потужний засіб, що вони дозволяють проводити дослідження різних варіантів, що передбачає варіювання за тривалістю та логічними залежностями між роботами і носить назву аналізу «що-якщо».

Ранні старт та фініш обчислюються на етапі прямого ходу розрахунку по мережі.

Для мереж PDM:

Дата раннього фінішу = Дата раннього старту + Тривалість - 1.

Пізні старт та фініш та резерв часу обчислюються при виконанні зворотного ходу розрахунку. Для мереж PDM:

Дата пізнього старту = Дата пізнього фінішу - Тривалість + 1,

Повний резерв = Дата пізнього старту - Дата раннього старту.

Календарні плани в умовах невизначеності найбільш зручно представляти у вигляді діаграм Ганта, які дають графічне відображення розкладу проєкту завдяки зображенню робіт у вигляді накладених на тимчасову шкалу окремих прямокутників (або ліній), довжина яких відповідає тривалості робіт. На діаграмах Ганта можуть бути відображені лише ранні або

ранні та пізні дати, а також можуть бути додатково показані логічні зв'язки між роботами.

У системі календарного планування існує до 15 дат і часів, що описують кожну роботу, представлену на діаграмі Ганта. Процес складання календарного плану полягає у визначенні значень цих дат та моментів часу.

При цьому планові дати обираються між ранніми та пізніми датами виконання робіт. Однак дата, яка планується для роботи перед початком виконання проєкту, може відрізнитись від дати поточного плану. Дуже важливо зареєструвати початковий план, тому що він є базою, щодо якої надалі здійснюється контроль часу. Ця дата зазвичай називається базовою датою, а дата поточного старту – поточною плановою датою. При плануванні на першому етапі оцінюється тривалість роботи, другою визначаються дати її старту і фінішу.

Зазвичай це здійснюється шляхом обчислення дат раннього старту і пізнього фінішу, і потім після врахування інших факторів, таких як вирівнювання ресурсів, задаються базові дати між цими двома датами. Водночас іноді буває необхідно призначити дату фінішу після пізнього фінішу і таким чином затримати проєкт.

Тривалість роботи у процесі календарного планування у відношенні старту і фінішу даної роботи, а також у обчисленні її раннього старту з урахуванням узагальненої тривалості попередніх робіт і пізнього фінішу, враховує узагальнену тривалість наступних робіт. Тривалість роботи залежить від 2-х факторів:

- сумарного часу, який витрачається на виконання цього обсягу роботи, та числа робітників, які можуть її виконати;
- від часу очікування на постачання деяких виробів, що не залежить від кількості робітників, які виконують роботу.

Цілком природно припустити, що тривалість роботи залежить від обсягу роботи, який необхідно виконати, та кількості задіяних робітників:

$$\text{Тривалість(днів)} = \frac{\text{Обсяг роботи(людино – днів)}}{\text{Кількість наявних робочих}}$$

При оцінці реальної тривалості існують припущення для врахування різних факторів, таких як:

- час, втрачений на непроєктні роботи;
- робота неповний день;
- перешкоди для людей, які виконують цю роботу;
- зв'язок між людьми, які виконують роботу.

Отже, для роботи, яка залежить від багатьох факторів:

$$\text{Тривалість(дні)} = K \text{ в. ч.} * \frac{\text{Обсяг роботи(людино-днів)}}{\text{Еквівалент працюючих повний день}} * K \text{ перешкод,}$$

де: К в.ч. (коеф. витрат часу) враховує втрати робочого часу, а під К перешкод мають на увазі фізичну взаємодію та зв'язок (спілкування) виконавців.

Тривалість проєкту в умовах невизначеності є – це його критичний шлях, тобто ланцюг робіт від першої до останньої з нульовими резервами часу. Деякі автори пропонують визначати критичний шлях не за допомогою прямого або зворотного ходу розрахунків, а шляхом визначення кожного можливого шляху та знаходження серед них шляхів із найбільшою тривалістю. Це можна здійснити для невеликих мереж, але для великої кількості робіт рішення задачі в такий спосіб неможливе. Методи прямого чи зворотного ходу спроектовані для розрахунку мереж із необмеженим розміром. Для великих проєктів рекомендується цей метод.

Методи розрахунку мереж дозволяють обчислювати лише ранні та пізні дати. Базові та поточні планові дати мають вибиратися з урахуванням інших факторів. На щастя, вони розташовані між ранніми та пізніми датами.

Існує три варіанта вибору:

- календарний план за ранніми стартами (жорстко зліва): використовується для стимулювання виконавців проєкту;
- календарний план із пізніх фінішів (жорстко праворуч): використовується для представлення виконання проєкту в кращому світлі для споживача;
- календарний план між ними: робиться або для згладжування споживаних ресурсів, або для показу адміністрації найімовірнішого результату.

Мережі є математичним засобом, яким можна скористатися незалежно від розміру проєкту. Їхнє застосування залежить від складності внутрішніх залежностей та розподілу ресурсів, а також можливостей менеджера проаналізувати ситуацію без допомоги комп'ютера. Як математичний засіб, вони допомагають менеджеру розрахувати календарний план та проаналізувати вплив змін (аналіз «що-якщо»). Однак, за винятком поетапного плану, не слід використовувати мережі для відображення плану або календарного графіка. У цьому випадку слід використовувати стовпчасті (лінійні) діаграми. Важливу роль мережевих моделях контролю за перебігом проєктів грають звані роботи-віхи (milestones) і прапор-роботи, мають нульову тривалість. Вони поділяються на стартові чи фінішні віхи, стартові чи фінішні прапори. Віхи індикують початок чи кінець головних подій у проєкті, таких як, наприклад, "Старт фази 1". Зі свого боку прапори сигналізують про старт або фініш їх визначальних робіт-попередників або робіт-нащадків. Апарат віх та прапорів дозволяє ефективно стежити за ходом виконання проєкту з його головних подій.

Планові та базові дати встановлюють критерій контролю виконання плану у часі. Важливо в умовах невизначеності оцінювати виконання проєкту щодо фіксованої базової дати. Якщо контролювати виконання проєкту щодо останніх змін у плані, сенс контролю буде втрачено.

Нерідко зустрічаються проєкти, які завжди виконуються вчасно, тому що календарний графік змінюється на кожній оглядовій нараді і персонал

швидко забуває, яким був початковий план: співробітники пам'ятають, що календарний графік змінювався, але не пам'ятають, коли і як.

Виконання окремих робіт проекту реєструється за допомогою фактичних дат їхнього старту та фінішу. А виконання етапів проекту зазвичай контролюється щодо дат старту та фінішу лише на кожному рівні WBS та з частотою, що забезпечує адекватний контроль.

При складанні розкладів необхідно враховувати такі чинники, як ризик, ресурси, потоки коштів, різні зовнішні чинники (наприклад, погодні) та ін., які можуть істотно впливати на параметри календарного плану. Крім того, не завжди розглянуті типи зв'язків між роботами мережі проекту дозволяють точно відобразити всі реальні умови його життєвого циклу, що накладають на роботи певні обмеження, такі як, наприклад:

- всі зовнішні роботи повинні бути закінчені до початку холодів;
- контрольні точки проекту повинні бути пройдені у певний час;
- старт ряду робіт може змінитись у зв'язку із затримками, викликаними необхідністю проведення погоджень, отримання дозволів, підтверджень керівних органів;
- підтвержені дати поставок обладнання можуть відрізнятись від дат, розрахованих у плані;
- дати отримання даних лабораторного тестування часто визначаються не планом організації, а графіком роботи цих установ та ін.

Для врахування впливу цих факторів на роботи можуть накладатися обмеження на дати типу:

- раннє стартове обмеження- «старт не раніше, ніж ...»
- раннє фінішне обмеження – «фініш не раніше, ніж...»
- пізнє стартове обмеження – «старт не пізніше, ніж ...»
- пізнє фінішне обмеження – «фініш не пізніше, ніж...»
- обов'язкові старт та фініш – «встановлені дати старту та фінішу»
- очікуваний фініш, а також обмеження на резерви:
- нульовий повний резерв – «якомога раніше»

Якщо після коригування розкладу відкладається дата завершення проєкту, актуальними стають методи стиснення розкладів у часі, до яких насамперед слід віднести зменшення тривалості робіт за рахунок використання додаткових ресурсів та коштів. Однак, такі прийоми не завжди можуть бути використані. Тоді слід проаналізувати логічну мережу робіт і спробувати змінити їхню послідовність. Активно застосовуються у випадках конструкції ланцюжків робіт як «приставних сходів».

Слід проаналізувати: може, є сенс змінити мету проєкту, звужити коло завдань, які він вирішує. Необхідно також здійснювати активний пошук нових технологій та методів проведення робіт, що дозволяє скорочувати час, що виділяється на окремі операції.

Якщо пошуки не увінчаються успіхом повною мірою, слід бути готовим до пересування дати завершення проєкту в цілому.

За допомогою мережевих методів можна обчислити ранні та пізні дати старту та фінішу для робіт проєкту та програми в умовах невизначеності. Однак у разі призначення базових чи поточних планових дат необхідно враховувати ще інші обмеження. Найбільш загальні – це ресурсні обмеження. Зазначимо по ходу, що слід пам'ятати можливість використання різних графіків споживання ресурсів, наприклад: постійний, ступінчастий, трикутний, нормальний та інших. Постійна чи ступінчаста функції майже завжди використовуються лише на рівні робіт. Інші функції можуть бути використані лише в комп'ютерних методах розрахунку розкладів і дають можливість коректніше відобразити реальні умови виконання проєкту.

Якщо потреби у ресурсах всіх робіт проєкту відомі, і складено календарний план проєкту, можна обчислити функцію зміни потреб кожного ресурсу проєкту загалом, який представляє таблицю рівнів ресурсів чи ресурсну гістограму.

Календарний план потреб у ресурсах можна порівняти з відомою наявністю кожного виду ресурсів, і якщо потреба у певному вигляді ресурсу перевищує наявну величину цього ресурсу, то, можливо, доведеться змінити

тимчасові дані робіт у календарному плані, щоб зменшити цю потребу. Це можна зробити за рахунок використання резервів часу робіт, які не лежать на критичному шляху. З іншого боку, можна збільшити тривалість проєкту.

Підбиваючи підсумки розглянутого дамо короткий опис послідовності кроків планування реалізації проєкту:

1. Визначення проєкту. Повинні бути повністю та чітко визначені характер, цілі та зміст проєкту, а також усі кінцеві продукти проєкту з їх точними характеристиками. У цій ситуації дуже корисно використовувати ієрархію цілей, що показує повний ланцюг кінцевих результатів/засобів їх досягнення.

2. Рівень деталізації. Необхідно обміркувати різні рівні деталізації планів та кількість рівнів елементів у структурі розбивки проєкту.

3. Структура процесу. Повинна бути підготовлена схема життєвого циклу проєкту.

4. Організаційна структура. Організаційна схема проєкту повинна охоплювати всі вихідні матеріали, групи або окремих осіб, які працюватимуть на проєктом, включаючи і осіб, зацікавлених у проєкті, з зовнішнього оточення, якщо це необхідно. (Саме управління проєктом є прикладом організаційного підрозділу, який часто стає елементом структури проєкту).

5. Структура продукту. Це схема розбивки за підсистемами або компонентами, включаючи машини та обладнання, програмне та інформаційне забезпечення, послуги та географічне розподілення, якщо це важливо.

6. План бухгалтерських рахунків. Система кодів, застосовуваних під час структурування проєкту, має ґрунтуватися на існуючому в організації плані бухгалтерських рахунків.

7. Структура розбиття проєкту. Чотири вищезазначені пункти об'єднуються в єдину WBS-структуру проєкту.

8. Генеральний зведений план та мережа. Другий і третій рівні елементів WBS-структури проєкту стають лівою частиною генерального

зведеного плану, а фази проєкту (третій крок) є переходом від правої до лівої частини плану при його складанні. Результатом є зведений план, який може бути надалі деталізований у процесі пошуку критичного шляху. У результаті реалізації проєкту зведений план можна використовувати для доповідей вищому керівництву. Завершується етап розробки логічної мережі робіт.

9. Матриця розподілу обов'язків. Дозволяє аналізувати взаємовідносини між елементами структури проєкту та організації.

10. Структура розподілення рахунків проєкту. Дозволяє ідентифікувати в номерах рахунків компоненти проєкту та відповідальних за їх виконання. Розрахункові рахунки застосовуються для планування, об'єднання та аналізу витрат коштів.

11. Розробка детального плану, розрахунку вартості та потреби в ресурсах. Складання та аналіз діаграм Ганта, кривих споживання ресурсів та вартості.

12. Формування порядку проведення работ. Здійснюється з урахуванням даних, отриманих на попередніх етапах.

13. Розробка звітів та системи контролю. Визначається порядок проведення контролю за ходом проєкту, розробляються звітні матеріали.

Підготовка потужних та переконливих звітів та графіків є важливим моментом поточної роботи над проєктами та програмами в умовах невизначеності, а також роботи при завершенні окремих етапів та проєктів загалом. З їх допомогою можна донести особливе бачення проблем до всіх членів управлінської програми, постачальників та субпідрядників, майбутніх клієнтів та замовників або до керівництва вищої ланки.

Таким чином:

1. Календарний план є основним документом, що забезпечує інтеграцію всіх учасників щодо виконання комплексу робіт та досягнення кінцевих результатів проєктів та програм в умовах невизначеності.

2. Залежно від різних класифікаційних прогнозів розрізняють стратегічний, поточний, оперативний, різні типи календарних планів. Види та

типи планів вибирають залежно від мети планування, особливостей проєктів та організації їх управління.

3. Важливим етапом розробки планів є структурування цілей робіт, виконавців, ресурсів. Розрізняють два основні методи структурування «зверху-вниз» та «знизу-вгору».

4. В даний час для розробки планів найбільшого поширення набув метод критичного шляху.

5. Важливе значення під час контролю ходу проєкту мають цільові плани, віхи, плани.

6. Під час розрахунку календарних планів на основі мереж необхідно враховувати обмеження, що накладаються реальними умовами реалізації проєктів та програм в умовах невизначеності.

7. Для скорочення тривалості розкладу використовуються методи його стиснення.

8. Для недопущення перевищення ресурсами їх максимальних значень застосовують методику вирівнювання ресурсів.

9. Показники вартості є потужним засобом управління проєктами та програмами, оскільки відбивають його фінансові сторони.

10. Під час розробки мережевих графіків рекомендується користуватися стратегією, що враховує тимчасові, вартісні та ресурсні оцінки.

1.3. Компетентністний підхід в управлінні проєктами

Компетентністний підхід в управлінні персоналом має свою історію становлення, яка тісно пов'язана з іменами Д. Маккеланда[1.20], Л. Спенсера[1.19], Р. Бояціса[1.15] та Р.Уайта[1.9]. Вони дійшли висновку, що враховувати академічні оцінки та використовувати тести на рівень інтелекту недостатньо для виявлення успішного ефективного потенційного співробітника компанії. Крім того, «часто академічні оцінки несли у собі упередження проти меншин, жінок і людей нижчого соціально-економічного прошарку».

У 70-х роках Д. Маккеланд[1.20] запропонував використовувати критеріальні вибірки та визначати внутрішній стан людини, а також його конкретні дії, які, у свою чергу, є причиною успішної професійної діяльності. «Метод критеріальної вибірки порівнював людей, які були явно успішними в роботі або ж вели цікаве життя, з менш успішними, щоб визначити характеристики, пов'язані з успіхом». Також Д. Маккеланд запропонував метод, в основі якого було визначення оперантних думок і поведінки, причинно пов'язаних з успішним результатом. Це означає, що «при оцінці компетенцій необхідно використовувати незавершені ситуації, так щоб людина мала можливість показати свою поведінку, яка значною мірою відрізняється від поведінки «респондента» в таких структурованих ситуаціях, як тести-самозвіти та тести з множинним вибором, які вимагають обрати одну відповідь із кількох чітко визначених альтернативних відповідей». У реальному житті і на роботі найкращим прогнозом того, що робитиме людина, є його спонтанні поведінка і думки в умовах неструктурованої ситуації або те, як він поведився в схожих ситуаціях раніше.

Відбір на основі компетенцій веде до найкращого виконання роботи та збереження персоналу. Підхід, заснований на компетенціях, дозволяє ув'язати в єдине ціле управління людськими ресурсами: під час підбору персоналу, планування кар'єри, оцінки виконання та розвитку людських ресурсів.

Згодом у США виникли активні дослідження компетентнісного підходу. У 1979 році американська асоціація менеджменту створила п'ять кластерів компетенцій, пов'язаних з ефективною поведінкою менеджера. З 1989 року компетентнісний підхід став застосовуватися в американських бізнес-школах.

Компетентнісний підхід отримав суспільне визнання і став розглядатися як перспективна технологія управління людськими ресурсами. Широка популярність та поширення компетентнісного підходу пов'язані з багатьма причинами, головною з яких є зміна виробничої сфери. З прискоренням інноваційних процесів навчання стає невід'ємною частиною бізнес-процесу. Нові вимоги до працівника, розвиток корпоративного навчання змінюють

вимоги до загальної підготовки трудових ресурсів, а також до системи освіти загалом і в цілому. «Компетентнісний підхід є відображенням змін у характері та змісті праці, професійній освіті та навчанні»[1.13]. Розвиток його, безумовно, має значення для об'єднання освіти та навчання, «вирівнювання їх із потребами ринку праці та забезпечення мобільності трудових ресурсів: розвиток кар'єри, якщо вертикальна мобільність; ротація, якщо горизонтальна; територіальна, якщо просторова». Таким чином, важлива перевага даного підходу полягає в його гнучкості та інтеграційному потенціалі.

Вперше термін «компетенція» увів в обіг Р. Уайт [1.9] у 1959 році для опису тих здібностей випускника навчального закладу, які найбільш тісно пов'язані з його гарною роботою на основі отриманої підготовки та сформованої у процесі навчання високою мотивацією до її виконання.

Слід розрізнити поняття «компетентність» і «компетенція», які, здавалося б, досить схожі. «Компетенція – це здатність застосовувати знання, вміння, навички та особисті якості для успішної діяльності у різних проблемних професійних ситуаціях, а компетентність – це рівень володіння сукупністю компетенцій, ступінь готовності до застосування компетенцій у професійній діяльності». Можна дійти невтішного висновку, що компетенція і компетентність взаємопов'язані друг з одним, причому рівень компетентності залежить від відповідності її вимогам компетенції. Таким чином, можна припустити, що людина стає компетентною, якщо у неї розвинені необхідні компетенції. «Компетенція визначається постановником завдання, роботодавцем, керівником, а компетентність, у свою чергу, формується у процесі навчання, реалізується та розвивається у професійній діяльності».

Термін «компетенція» зводиться до двох основних підходів: американського та європейського. Американський підхід робить акцент на описі поведінки співробітника і розглядає компетенцію як основну характеристику співробітника, володіючи якою він здатний показувати правильну поведінку і досягати високих результатів у роботі. Європейський підхід наголошує на функціональності, тобто опис робочих завдань або

очікуваних результатів роботи та розглядає компетенції, як «здатності співробітника діяти відповідно до стандартів, прийнятих в організації».

Американський підхід, орієнтований на довгострокову перспективу, тому що відображає те, що повинен робити працівник для найвищої ефективності, а європейський підхід більше зосереджений на визначенні поточних завдань, стандарт-мінімум, який повинен бути досягнутий працівником.

Табл.1.1. Порівняльний аналіз поняття «Компетенції»

С.Уїддет, С. Холліфорд	«Компетенція – це поведінка, демонстрована людиною у процесі ефективного виконання завдань у межах цієї організації».
Е. Шорт	«Компетенція - це володіння ситуацією, що змінюється в умовах навколишнього середовища, зі здатністю реагувати на вплив середовища і змінювати його»
Л. Спенсер	«Компетенція - базова якість індивідуума, що має причинне відношення до ефективного та найкращого на основі критеріїв виконання в роботі або в інших ситуаціях»

Сьогодні існує множина різних визначень поняття «компетенція». Розглянемо визначення відомих авторів у галузі управління.

Проаналізувавши викладені вище визначення, можна дійти невтішного висновку, що вони мають як подібності, і відмінності. До явно-вираженої подібності відноситься те, що автори майже у всіх визначеннях підкреслюють важливість компетенції насамперед для ефективної трудової діяльності на певній позиції: ефективного виконання конкретних завдань у межах цієї організації, ефективного використання внутрішніх та зовнішніх ресурсів для постановки та досягнення цілей.

У визначенні Е. Шорта акцент робиться на гнучкість, адаптованість, здатність індивіда активно реагувати на впливи навколишнього середовища. С.Уїддет і С. Холіфорд [1.17] розглядають компетенцію з погляду поведінки співробітника, а Л.Спенсер говорить про компетенцію, як про базову якість індивіда для найкращого виконання в роботі. Базова якість у цьому визначенні означає те, що компетенція є глибоко лежачою та стійкою частиною людської особистості, здатна визначати поведінку людини у різних ситуаціях та робочих завданнях.

В даний час в управлінні людськими ресурсами використовується інтегрований підхід до компетенцій, який «містить як поведінкові, так і функціональні підходи і включають когнітивні, поведінкові та функціональні компетенції в цілісну структуру».

Цілісна модель компетенцій складається з таких видів компетенції: когнітивні, функціональні, соціальні та мета-компетенції.

1) Когнітивні компетенції містять як офіційні знання, і неофіційні, засновані на досвіді.

2) Функціональні компетенції включають навички, якими повинен мати працівник, який здійснює трудову діяльність у певній професійній галузі.

3) Соціальні компетенції складаються з особистісних та етичних компетенцій.

4) Мета-компетенції відносяться до здатності справлятися з невпевненістю, повчаннями та критикою.

В даний час все більш поширеним стає цілісний підхід до компетенцій, що пропонує широкі можливості для інтеграції вимог бізнесу, технології управління персоналом. Більше того, «це сприяє синергії між формальною освітою та професійною компетентністю»

Як було розглянуто раніше у визначенні Спенсера[1.18,1.19], компетенція є первинною якістю, тобто стійкою частиною індивіда. Компетенція позначає варіанти мислення і поведінки, які можуть виявлятися в різних ситуаціях протягом тривалого часу. Спенсер виділив п'ять типів

базових якостей при побудові структури компетенцій на підставі особливостей формування та здібностей до розвитку. До п'яти типів базових якостей відносяться: мотиви, психофізіологічні особливості, я-концепція, знання, навички (рис. 1.3.).



Рис.1.3. Структура компетенції. Метафора айсберга[1.11]

Знання та навички автор відносить до поверхневих компетенцій, оскільки вони можуть розвиватися, будучи пороговими початковими компетенціями, без яких ефективність у компанії неможлива.

До глибинних захованих якостей особистості він відносив мотиви, що спонукають до будь-якої дії, психофізіологічні особливості, що впливають на якість виконання певної роботи та цінності з установками особистості, які

становлять я-концепцію. Переважна більшість компаній підбирають співробітників у штат, ґрунтуючись на знаннях та навичках, тобто на поверхневих компетенціях, вважаючи, що глибинні потайні компетенції нескладно розвинути, наприклад, за допомогою гарного керівництва. «Зворотний варіант ефективніший: компаніям слід наймати людей залежно від базових компетенцій, що включають мотиви та властивості, а потім навчати набраних співробітників навичкам і знанням, необхідним для конкретної роботи[1.34]». Як показує практика, «у складних роботах для найкращого виконання глибинні компетенції важливіше, ніж пов'язані із завданням навички та розумові здібності». Таким чином, вивчення компетенцій – найрезультативніший спосіб знайти людей на вакантні позиції.

Існує велика класифікація компетенцій з різних підстав, що грає найважливіше значення у їх практичному використанні.

1) За рівнем поширення розрізняють загальні компетенції, необхідні всім посадам цієї організації та специфічні компетенції, властиві представникам конкретної професії чи групі професій у цій організації. У межах загальних компетенцій можна назвати менеджерські, якими мають володіти представники даної професією, діяльність яких безпосередньо пов'язана з плануванням, організацією, керівництвом і контролем.

2) По суті та змісту виділяють компетенції, необхідні для ефективної роботи та компетенції, пов'язані з індивідуальною ефективністю. До перших відносяться когнітивні компетенції, пов'язані зі знаннями та розумінням, а також функціональні компетенції, в основі яких лежать прикладні навички, а компетенції, пов'язані з індивідуальною ефективністю, включають особистісні (саморозвиток, мотивація) і соціальні компетенції (поведінка і відносини).

3) За рівнем розвитку виділяють порогові та диференціюючі компетенції. Порогові є невід'ємними характеристиками, необхідними початку діяльності, у якій кожен, хто виконує роботу має бути мінімально ефективний, не відокремлюючи середніх виконавців від найкращих.

Диференціюючі компетенції відрізняють найкращих виконавців від середніх.

Фахівці виділяють такі види компетенцій: корпоративні, управлінські та професійні (технічні). Корпоративні застосовуються до будь-якої посади в організації. Ці компетенції базуються на цінностях компанії, які прописані в таких корпоративних документах, як стратегія та кодекс корпоративної етики. Розробка корпоративних компетенцій є частиною роботи з корпоративною культурою компанії. «Оптимальна кількість корпоративних компетенцій становить 5-7 штук». Управлінські компетенції необхідні керівникам для успішного досягнення цілей організації[1.20]. Вони розробляються для працівників, які здійснюють управлінську діяльність, які мають працівників у лінійному чи функціональному підпорядкуванні. Професійні чи технічні – компетенції застосовуються до певної групи посад. «Складання професійних компетенцій для всіх посад в організації є дуже трудомістким і тривалим процесом.»[1.37] Необхідно розглянути алгоритм створення посадових компетенцій, який включає:

- 1) визначення стратегічних пріоритетів підприємства;
- 2) визначення ключових корпоративних компетенцій;
- 3) визначення ключових посадових позицій в організації;
- 4) визначення набору компетенцій на посади;
- 5) складання профілів успіху кожної посадової позиції.

Деякі організації застосовують лише ключові компетенції – унікальні якості, що мають ключове значення для досягнення успіху в конкурентній боротьбі[1.26], інші розробляють та використовують лише управлінські для проведення оцінки топ-менеджерів, а частина компаній розробляє спеціальні професійні компетенції лише для співробітників у певних департаментах, наприклад, у фінансовий відділ.

Визначення та принципи розробки моделі компетенцій

Як відомо, завдання компанії поділяються на тактичні та стратегічні, тобто на поточні, а також у короткостроковій та довгостроковій перспективі. Одним зі стратегічних завдань організації може бути забезпечення конкурентної переваги на ринку. Тому керівництву потрібно розуміти, що кожен співробітник повинен вміти робити, які навички та знання повинен мати, щоб вести компанію тільки вперед. Аби вирішити це завдання доцільно використовувати моделі компетенцій, яким відведена найважливіша роль в системі управління персоналом. У деяких компаніях профілі компетенцій використовуються як прикладні інструменти конкретних функцій з управління персоналом, наприклад, для формування управлінського резерву або оцінки персоналу. В інших компаніях прописані компетенції є ключовими у роботі з персоналом. У межах цього дослідження було розглянуто визначення моделі компетенцій.

«Модель компетенцій – повний набір характеристик, що дозволяє людині успішно виконувати функції, що відповідають її посаді».

«Модель компетенцій – це набір ключових компетенцій, необхідних співробітникам для успішного досягнення стратегічних цілей компанії»[1.34].
Модель компетенцій — набір критеріїв, що включають знання, вміння, професійні установки, необхідні для реалізації стратегічних цілей та інших завдань.

У практичному застосуванні компетенції є структурою з поведінковими індикаторами, які є основними елементами кожної компетенції. Споріднені компетенції об'єднані в кластери. Кожна компетенція описується індикаторами поведінки (рис. 1.4.).

«Поведінкові індикатори – це стандарти поведінки, що спостерігаються в діях людини, що володіє конкретною компетенцією». Кожна компетенція є сукупністю споріднених і поведінкових індикаторів.

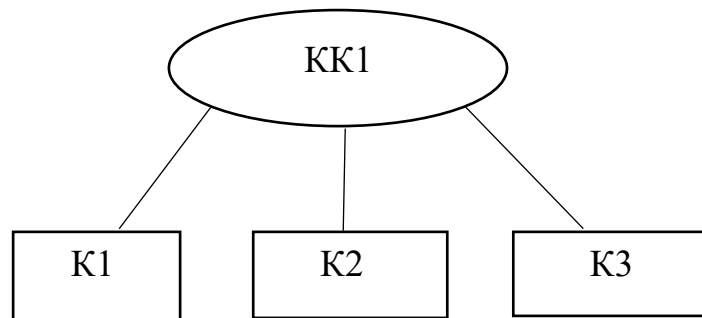


Рисунок 1.4. Типова схема структури моделі компетенцій[1.33]

Ці індикатори об'єднуються в блоки. Моделі компетенції поділяються на компетенції без рівнів та компетенції за рівнями. Компетенція, яка не має рівня, являє собою просту модель, яка включає види робіт з простими стандартами поведінки і може мати один перелік індикаторів для всіх компетенцій. У цій моделі всі поведінкові індикатори відносяться до всіх видів діяльності. Модель компетенцій за рівнями охоплює широкий спектр робіт із різними вимогами. Поведінкові індикатори зводяться до окремих списків у межах кожної компетенції або ж діляться за рівнями. Це дозволяє зводити під один заголовок цілий ряд елементів різних компетенцій, що необхідно, коли модель компетенцій повинна охоплювати широкий діапазон видів діяльності, функціональних ролей і робіт. «Кластер компетенцій – це набір тісно пов'язаних між собою компетенцій». Багато моделей компетенції містять кластери, які відносяться до взаємодії, дій та інтелектуальної діяльності.

«У 1996 році журнал «Competency» узагальнив дослідження 126 організацій і представив десять способів поведінки, які стали основою для формування кластерів". До них відноситься комунікація, концентрація на споживачі, орієнтація на досягнення результатів, робота в команді, вирішення проблем, планування та організація, комерційна та ділова поінформованість,

лідерство, розвиток інших, гнучкість та адаптивність. Крім цього, широко поширені стратегічне планування, аналітичні здібності та наполегливість.

Багато організацій вважають набір компетенцій, що складається з 8-12 стандартів однієї моделі, оптимальним. Існує основна модель компетенції в організації та спеціальна профільна модель. Основна модель компетенцій складається з компетенцій, які включають стандарти поведінки, загальні всім видів діяльності чи особливих видів роботи у конкретній компанії. Профільна модель компетенцій містить кластери компетенцій, які у подробицях описують стандарти поведінки та основні елементи працівників у процесі конкретної трудової діяльності.

Для того, щоб бути найефективнішою, модель компетенцій має бути:

1) Конгруентна, тобто відповідати цілям організації. «Компетенції мають зміцнювати організаційну культуру та посилювати довгострокові цілі компанії». Якщо компетенції є надто абстрактними та розмитими, вони не принесуть користь організації.

2) Дискретна, тобто компетенції не повинні перетинатися (одна компетенція не повинна залежати від інших, компетенція та індикатори поведінки повинні міститися лише в одному фрагменті моделі, компетенції не повинні включатися до кількох кластерів, індикатори поведінки не повинні належати до кількох компетенцій).

3) Доступна, тобто мають бути зрозумілі та конкретні формулювання, проста логічна структура.

4) Вичерпна, тобто перелік компетенцій має містити всі необхідні функції праці.

5) Сфокусована, тобто кожна компетенція має бути конкретною, чітко визначеною.

6) Сучасна, тобто система компетенцій «має оновлюватися і відображати справжні та майбутні потреби організації».

Більш того, модель компетенцій має бути універсальною. Це характеризується тим, що модель компетенцій дозволяє пов'язати систему

управління персоналом зі стратегічними цілями організації. Для цього потрібно визначити ключові компетенції компанії та подивитися відповідно до професійних та особистісних якостей менеджерів та фахівців. Крім того, компетенції мають вести до формування корпоративної культури та здійснення місії та мети організації як керівництвом, так і її співробітниками.

Компетентнісний підхід як інструмент управління персоналом дає чітке визначення професійних і поведінкових вимог, які пред'являються працівникові залежно від його керівного рівня, професії, посади і виконуваних завдань. Для успішного створення та впровадження моделі компетенцій необхідно дотримуватись наступних принципів:

- 1) Залучення до розробки моделей співробітників, які і використовуватимуть цю модель;
- 2) Прагнення до того, щоб стандарти поведінки відповідали всім користувачам, а форми застосування відповідали корпоративним інтересам;
- 3) Формування прозорої системи розробки моделі компетенцій, тобто надання працівникам повної інформації про моделі компетенцій, навіщо вони розроблюються.

Важливо, щоб структура моделі компетенцій була зрозуміла як фахівцю, котрий займається її розробкою і впровадженням, так і усім співробітникам організації. У деяких компаніях опис займає кілька томів, в інших лише кілька сторінок. Не рекомендується розробляти дуже складну структуру моделі компетенцій, якщо фірма невелика, оскільки можуть виникнути проблеми з її використанням. Модель компетенцій організації може бути, як спрощеною, тобто містити лише основні стандарти, однакові для всіх, і багаторівневою, у якій норми залежить від рівня працівників, їх досвіду та інших чинників. «Розробляти багаторівневу систему зі складною структурою можуть тільки фахівці з великим досвідом, тому нерідко в компаніях використовуються найпростіші системи». Спрощена має як переваги, пов'язані з використанням та розумінням, так і деякі недоліки: в ній не враховується рівень поточної підготовки працівників.

В даний час існує множина готових стандартних компетенцій, але для більшості організацій важливо пройти процес розробки власної моделі компетенції, так як кожна компанія має відмінні риси і особливості, є унікальною, функціонує за власними правилами і нормами. Моделі компетенцій мають розроблятися з урахуванням стратегічних планів, місії компанії, цілей, корпоративної культури та інших аспектів. Нижче наведено етапи розробки моделі компетенцій.

1) Планування проєкту: опис бажаного результату та сфер його застосування, а також термінів виконання. Цей початковий етап необхідний у тому, щоб подати керівництву та лінійним менеджерам об'єктивну інформацію про майбутній проєкт: «навіщо розробляється модель компетенцій, що необхідно зробити для цього, до яких наслідків це призведе, яку інформацію і як керівникам потрібно донести до співробітників»

2) Формування проєктної групи. Цей етап включає залучення співробітників до складу робочої групи, що може призвести до зниження можливого опору, викликаного почуттям того, що їм нав'язують компетенції як нову шкалу оцінки діяльності.

3) Проєктування моделі компетенцій. Метою даного етапу є збір максимально можливої інформації про ту роботу, яку виконують співробітники, щоб виділити стандарти поведінки, які ведуть до найкращого результату. «Фактична кількість працівників, яких слід включити у розробку моделі компетенцій на стадії збору інформації, залежить від того, наскільки відмінні чи схожі ролі та робочі функції, які існують у компанії». Чим більше відмінностей існує між ролями, тим більша вибірка учасників знадобиться.

Для збору інформації можна використовувати такі методи: спостереження за діяльністю працівників та складання фотографії робочого дня. Цей метод є ефективним для тих ситуацій, у яких робочу поведінку можна спостерігати. Наприклад, для оцінки діяльності продавців-консультантів у магазині чи торгових представників. Крім того, можна використовувати проведення опитувань співробітників та керівників та проведення інтерв'ю для

співробітників та керівників. Найкраще це робити з 1-2 співробітниками підрозділу, які показують у своїй роботі найкращий результат. Це дозволить інтерв'юєру зібрати інформацію про те, як співробітники діють у більшості бізнес-ситуацій, щоб потім виділити стандарти поведінки, які будуть згруповані у необхідні компетенції. Метод проведення мозкового штурму доцільно проводити у кожному структурному підрозділі, якщо кількість підрозділів у компанії не перевищує 12-15. До участі в мозковому штурмі необхідно запрошувати провідних та шанованих спеціалістів відділів. Створення робочої групи проводиться зі співробітниками суміжних підрозділів, у тих випадках, коли вони тісно взаємодіють і можуть охарактеризувати ту бізнес-поведінку колег, яка є найефективнішою. Метод репертуарних грат виявляє індикатори найефективніших працівників. Керівник послідовно описує, які корисні якості виявляє кожен підлеглий у роботі. У результаті складається таблиця як решітки з прізвищами працівників та його індикаторами. Метод критичних інцидентів дозволяє визначити поведінкові реакції, наявність яких виявилася важливою у критичній ситуації. Структуроване інтерв'ю є методом, у якому інтерв'юований розповідає про реальні випадки в його роботі, в ході яких були скоєні серйозні промахи або, навпаки, досягнуто успіху. У методі прямих атрибутів п'яти-шести ключовим менеджерам пропонуються картки з описом готових компетенцій. Керівники вибирають картки лише з тими компетенціями, які відповідають найважливішим завданням компанії.

4) Опрацювання рівнів моделі компетенцій. На цьому етапі слід розпочати з визначення кількості рівнів, які включатиме кожна з компетенцій. Як правило, компетенції поділяють на 3-5 рівнів. Більша кількість рівнів ускладнює використання моделі під час проведення оціночних заходів. Найкраще розпочати з визначення допустимого мінімального та бажаного максимального рівнів розвитку компетенцій. «Деякі компетенції включають нульовий і навіть негативний рівень, тобто ситуації, коли співробітник не те що не демонструє бажану поведінку, а вживає дій, обернених необхідним».

Рівні можуть бути пронумеровані, а можуть мати такі назви, як рівні розвитку, компетенції, майстерності. Необхідно, щоб поведінка, описана у рівнях компетенцій, реально демонструвалася співробітниками практично. Крім того, важливо, щоб рівні не зливались в описі та мали різницю між собою.

5) Формування профілів компетенцій під конкретні посади. «Профіль компетенцій - список компетенцій, що належать до конкретної посади». Профіль компетенцій визначає те, як потрібно працівникам діяти у тій чи іншій ситуації. Результатом проєкту створення корпоративної моделі компетенцій мають стати профілі компетенцій, розроблені для кожної посади. У ході цього етапу розробники одержують можливість перевірити, наскільки компетенції точно відповідають усім робочим ролям, що існують у компанії.

«Розробка профілів – хороший спосіб для тестування та можливого коригування моделі компетенцій, а також для отримання зворотного зв'язку від лінійних керівників, провідних фахівців щодо використання компетенцій як інструменту». [1.26]

«Впровадження моделі компетенцій – найбільш складний етап, особливо якщо організація велика, в ній працює велика кількість співробітників різних рівнів». [1.13] Щоб інформувати колектив доцільно проводити особисті бесіди, загальні збори, у яких докладно пояснюються вимоги, правничий та обов'язки. Як додаток можна роздрукувати всі зміни та вручити їх фахівцям. Важливо, щоб при створенні та впровадженні моделі компетенцій усі в організації розуміли, як вони можуть позначитися на роботі, які вигоди з них можна отримати. У рамках цього дослідження необхідно розглянути, якими перевагами має володіти модель компетенції як для компанії в цілому, так і для окремо взятого працівника (табл. 1.2.).

Наступним етапом доцільно розглянути чинники успішного застосування моделі компетенції. До таких чинників належить обов'язкова адаптація готової моделі компетенцій до конкретної організації; прихильність інструмента до системи мотивації та розвитку; наявність у компанії навчених, грамотних консультантів, які допоможуть зрозуміти та прийняти компетенції,

підкажуть керівникам компанії, як використовувати їх в оцінці та розвитку співробітників; регулярне оновлення моделі компетенцій, її відповідність до рівня розвитку HR-процесів; участь у створенні та оновленні моделі великої кількості співробітників усіх рівнів; знаходження «золотої середини» у процесах стандартизації та адаптації інструменту.

Табл.1.2. Переваги моделі компетенції для підприємства та працівників

Переваги для підприємства	Переваги для працівників
Досягнення найкращих результатів діяльності	Зворотній зв'язок із керівником, який оцінює поведінку
Підвищення рівня мотивації працівників	Розуміння очікувань організації від роботи фахівця
Планування кар'єри та розвиток кадрового потенціалу	Чітка шкала вимог до норм поведінки
Відбір необхідних працівників	Розуміння компетенцій, які потребують розвитку для подальшого кар'єрного зростання
Розвиток корпоративної культури	Усвідомлення навичок, які слід розвивати, щоб виконувати поточну роботу
Чітке розуміння, що необхідно оцінити	Мотивованість на досягнення результатів
Можливість визначити сильні та слабкі сторони співробітника	Можливість відстежувати прогрес у своєму розвитку
Формування кадрового резерву	Прозорі та зрозумілі критерії оцінки

Розумне використання моделі компетенцій допомагає запобігти багато помилок, вести компанію до досягнення стратегічних цілей, збільшувати конкурентоспроможність організації на ринку загалом. Після впровадження нової системи або внесення змін необхідно відстежувати, як співробітники дотримуються нових вимог. «Система має бути націлена на: відбір персоналу, навчання та розвиток співробітників, планування просування, оцінку результативності праці, розвиток корпоративної культури, винагороду та мотивацію, розвиток кадрового потенціалу»[1.37]. Менеджери з персоналу під час створення та впровадження моделі компетенцій повинні враховувати інтереси як організації, так і співробітників. В іншому випадку, якщо нововведення негативно впливатимуть на працівників, це може призвести до конфлікту в організації. Коли модель компетенцій вже запущена в роботу, слід постійно підтримувати працівників за допомогою тренінгів та вдосконалення

інструментів застосування моделі. Крім того, «потрібно забезпечити безперервне підвищення віри персоналу в актуальність моделі не тільки для сьогодення, а й для майбутнього». [1.39]

У випадку, якщо раніше в компанії не використовувалися моделі компетенції, менеджерам з персоналу необхідно пройти навчання, щоб контролювати виконання вимог, ефективно підбирати персонал та найкраще проводити програми адаптації, навчання та розвитку співробітників у компанії.

1.4. Когнітивні технології в управлінні проєктами

Складності аналізу процесів та прийняття управлінських рішень у таких галузях як економіка, соціологія, освіта тощо обумовлені низкою особливостей, властивих цим областям, а саме:

- багатоаспектністю процесів, що відбуваються в них (економічних, освітніх, тощо) і їх взаємопов'язаністю; в силу цього неможливо вичленування і детальне дослідження окремих явищ - всі явища, що відбуваються в них, повинні розглядатися в сукупності;
- відсутністю достатньої кількісної інформації про динаміку процесів, що змушує переходити до якісного аналізу таких;
- мінливістю характеру процесів у часі тощо.

У силу зазначених особливостей економічні, соціальні, освітні системи називаються слабоструктурованими системами. Під поточною ситуацією розуміється стан слабоструктурованої системи в даний час. Число факторів у ситуації може вимірюватися десятками. І всі вони вплетені в павутиння причин і наслідків, що змінюються в часі. Побачити та усвідомити логіку розвитку подій на такому багатофакторному полі украй важко. Адже постійно доводиться відповідати (часто – негайно) питанням типу: «Що потрібно зробити (на які чинники вплинути), щоб поліпшити стан ситуації?», «Що буде із ситуацією через час, якщо нічого не робити?», «Які з заходів, що

вживаються, будуть ефективнішими в плані досягнення поставленої мети?» та ін.

На такі питання можна успішно відповісти, якщо використати комп'ютерні засоби пізнавального (когнітивного) моделювання ситуацій. Подібні засоби в економічно розвинених країнах застосовуються вже десятки років, допомагаючи підприємствам вижити та розвинути бізнес, а владі готувати якісні нормативні документи.

Специфіка застосування засобів когнітивного моделювання – у їхній орієнтованості на конкретні умови розвитку ситуації в тій чи іншій країні, регіоні, місті, селищі (політична та економічна стійкість, ментальність населення та влади, хаотичність інформаційної сфери, відкритість ринку, повнота нормативної бази тощо). Спроби застосувати у вітчизняних умовах відомих закордонних засобів когнітивного моделювання поки що малоуспішні. Результати цих робіт успішно застосовано для вирішення деяких прикладних завдань.

Методологія когнітивного моделювання, призначена для аналізу і прийняття рішень в невизначених ситуаціях, була запропонована Р. Аксельродом і Ф. Робертсом [1.2, 1.3]. На даний час когнітивний підхід активно розвивається і вітчизняними, і закордонними вченими. Серед робіт закордонних учених необхідно відзначити дослідження К. Ідена[1.55], Коско В.[1.53], Леві А., а серед українських – Анопрієнко О.Я., Пушкар О.І., Раєвнєвої О.В.[1.12], Голіяд Н.Ю. та ін.

Когнітивні технології в управлінні проєктами та програмами досліджувались в багатьох роботах. Так, в матеріалах Кузьмінської Ю.М. та Данченко О.Б.[1.45,1.46] розглянуте когнітивне моделювання з врахуванням впливу ризиків під час створення проєктів та програм. Розробленню когнітивних моделей управління проєктами присвячено праці О.С. Войтенка [1.7, 1.18]. В роботах Бушуєва С. Д., Бушуєвої Н.С. [1.49, 1.61,1.62], Занори В. О. [1.57], Мєдведєвої О.М. [1.27] також описані сучасні погляди до управління проєктами в невизначених обставинах з

оновленими методами прийняття управлінських рішень, креативних технологій та компетентісного підходу.

Вихідним поняттям у когнітивному моделюванні складних ситуацій є поняття когнітивної карти ситуації. Когнітивна карта ситуації є орієнтованим зваженим графом[1.51], в якому

- вершини взаємнооднозначно відповідають базисним чинникам ситуації, в термінах яких описуються процеси у ситуації. Множина спочатку відібраних базисних факторів може бути верифіковано за допомогою технології data mining, що дозволяє відкинути надлишкові фактори, що слабо пов'язані з ядром базисних факторів;

- визначаються безпосередні взаємозв'язки між факторами шляхом розгляду причинно-наслідкових ланцюжків, що описують поширення впливів одного фактора на інші фактори. Вважається, що фактори, що входять в умову «якщо ...» ланцюжка «якщо ..., то ...», впливають на фактори слідства «то ...» цього ланцюжка, причому цей вплив може бути або підсилюючим (позитивним), або гальмуючим (негативним), або змінного знака, залежно від можливих додаткових умов.

Когнітивна карта відображає лише факт впливу факторів одного на інший. У ньому не відбивається ні детальний характер цих впливів, ні динаміка зміни впливів у залежність від зміни ситуації, ні тимчасові зміни самих чинників. Врахування всіх цих обставин вимагає переходу на наступний рівень структуризації інформації, відображеної в когнітивній карті, тобто до когнітивної моделі. На цьому рівні кожен зв'язок між факторами когнітивної карти розкривається до відповідного рівняння, який може містити як кількісні (вимірювані) змінні, так і якісні (не вимірювані) змінні. У цьому кількісні змінні входять природним чином їх чисельних значень. Кожній же якісній змінній ставиться у відповідність сукупність лінгвістичних змінних, що відображають різні стани цієї якісної змінної (наприклад, купівельний попит може бути «слабким», «помірним», «ажіотажним», тощо), а кожній лінгвістичній змінній відповідає певний числовий еквівалент у шкалі $[0,1]$. У

міру накопичення знань про процеси, що відбуваються у досліджуваній ситуації, стає можливим детальніше розкривати характер зв'язків між факторами. Тут суттєву допомогу може надати використання процедур data mining.

Формально когнітивна модель ситуації може бути, як і когнітивна карта, представлена графом, проте кожна дуга в цьому графі представляє вже певну функціональну залежність між відповідними базисними факторами, тобто когнітивна модель ситуації представляється функціональним графом.

При аналізі конкретної ситуації користувач зазвичай знає чи передбачає, які зміни базисних чинників є йому бажаними. Фактори, що становлять найбільший інтерес для користувача, назовемо цільовими. Це вихідні фактори когнітивної моделі. Завдання вироблення рішень щодо управління процесами у ситуації полягає у тому, щоб забезпечити бажані зміни цільових чинників, це – мета управління. Ціль вважається коректно заданою, якщо бажані зміни одних цільових факторів не призводять до небажаних змін інших цільових факторів.

У вихідній множині базисних чинників виділяється сукупність керуючих чинників (вхідних чинників когнітивної моделі). Керуючий вплив вважається узгодженим з метою, якщо він не викликає небажаних змін в жодному з цільових факторів.

При коректно заданій меті управління і за наявності керуючих впливів, узгоджених із метою, рішення завдання управління немає особливих труднощів (навіть за нелінійної когнітивної моделі ситуації зі знакопостійними впливами чинників друг на друга). У загальному випадку знаходження умов для забезпечення цілеспрямованої поведінки в ситуації є дуже непростим завданням, що вимагає спеціального розгляду.

Методика когнітивного аналізу складних ситуацій

Когнітивний аналіз складної ситуації [1.56] (занурення у проблему, ідентифікація проблеми):

- формулювання завдання та мети дослідження;

- вивчення соціально-економічного процесу з позицій поставленої мети;
- збирання, систематизація, аналіз існуючої статистичної та якісної інформації з проблеми; джерела - ЗМІ, власні джерела та ін;
- виділення основних характеристичних ознак досліджуваного процесу взаємозв'язків, визначення дії основних об'єктивних законів (економічних, політичних, соціальних) розвитку досліджуваної фінансової ситуації – це дозволить виділити об'єктивні залежності, тенденції у процесах;
- визначення властивих досліджуваній ситуації вимог, умов та обмежень;
- виділення основних соціально-політичних суб'єктів, пов'язаних із ситуацією, визначення їх суб'єктивних інтересів у розвитку даної ситуації – це дозволить визначити можливі зміни в об'єктивному розвитку ситуації, виділити фактори, на які реально можуть впливати суб'єкти ситуації;
- визначення шляхів, механізмів дії, реалізації економічних та політичних інтересів основних соціально-політичних суб'єктів – це дозволить надалі визначити стратегії поведінки та запобігання небажаним наслідкам розвитку ситуації.

Побудова когнітивної (графової) моделі проблемної ситуації:

1. Виділення факторів, що характеризують проблемну ситуацію:

- Виділення базисних (основних) чинників, що описують суть проблеми.

Виділення разом базисних чинників цільових чинників. Наприклад, суть проблеми неплатежів податків можна сформулювати у чинниках «Неплатежі податків», «Доходи бюджету», «Витрати бюджету», «Дефіцит бюджету» та ін.

- Визначення чинників, які впливають - цільові чинники. Ці чинники моделі будуть потенційно можливими важелями впливу на ситуацію. Наприклад, при вирішенні проблеми неплатежів податків це будуть фактори «Збирання податків», «Політична стабільність регіону», «Фінансовий стан регіону», «Інвестиційний рейтинг регіону», та ін.

- Визначення факторів-індикаторів, що відображають та пояснюють розвиток процесів у проблемній ситуації та їх вплив на різні сфери (економічну, соціальну, політичну та ін.).

2. Угрупування факторів блоків. Об'єднуються в один блок фактори, що характеризують цю сферу проблеми та визначають процеси у цій сфері. Тут можливі варіанти залежно від специфіки проблеми, цілей аналізу, кількості суб'єктів ситуації тощо. Наприклад, геополітичний, макро- та мікроекономічний блок, соціальні, демографічні, галузеві- федеральні та регіональні блоки:

- Виділення у блоці групи інтегральних показників (чинників), щодо зміни яких можна будувати висновки про загальні тенденції у цій сфері. Наприклад, фактор «Дефіцит бюджету» узагальнено характеризує ситуацію у бюджетній сфері.

- Виділення в блоці показників (факторів), що характеризують тенденції та процеси у цій сфері більш детально. Наприклад, чинники «Державні закупівлі», «Державні трансфертні платежі» та ін. Більш конкретно характеризують ситуацію в бюджетній сфері.

Визначення зв'язків та взаємозв'язків між блоками факторів дозволить визначити основні напрямки впливу факторів різних блоків один на одного.

Визначення безпосередніх зв'язків факторів усередині блоку:

- Визначення напряму впливів та взаємовпливів між факторами. Наприклад, фактор «Рівень податкового навантаження» впливає на «Неплатежі податків».

- Визначення позитивності впливу (позитивне, негативне, +/-) Наприклад, збільшення (зменшення) фактора «Рівень податкового навантаження» збільшує (зменшує) «Неплатежі податків» – позитивний вплив, а збільшення (зменшення) фактора «Збирання податків» зменшує (збільшує) «Неплатежі податків».

- Визначення сили впливу та взаємовпливу факторів (слабко, сильно).
Наприклад, збільшення (зменшення) фактора «Рівень податкового навантаження» "значно" збільшує (зменшує) «Неплатежі податків».

Перевірка адекватності моделі, тобто зіставлення отриманих результатів з характеристиками системи, які за тих самих вихідних умов були в минулому. Якщо результати порівняння – незадовільні, модель коригується і переходять до п. 1.

Моделювання – це засіб виявлення економічних, політичних та соціальних закономірностей попередження та запобігання негативним тенденціям, отримання теоретичних та практичних знань про проблему та формулювання на цій основі практичних висновків.

Моделювання є циклічним процесом. Знання про досліджувану проблему розширюються і уточнюються, а вихідна модель постійно вдосконалюється.

Моделювання ґрунтується на сценарному підході (див. рис.1.5).

Сценарій - сукупність тенденцій, що характеризують ситуацію зараз, бажаних цілей розвитку, комплексу заходів, що впливають на розвиток ситуації, та системи спостережуваних параметрів (факторів), що ілюструють поведінку процесів.

Сценарій може моделюватися за трьома основними напрямками.

- Прогноз розвитку ситуації без будь-якого впливу на процеси у ситуації – ситуація розвивається як така.

- Прогноз розвитку ситуації із вибраним комплексом заходів (управління) – пряме завдання.

- Синтез комплексу заходів для досягнення необхідної зміни стану ситуації – обернена задача.

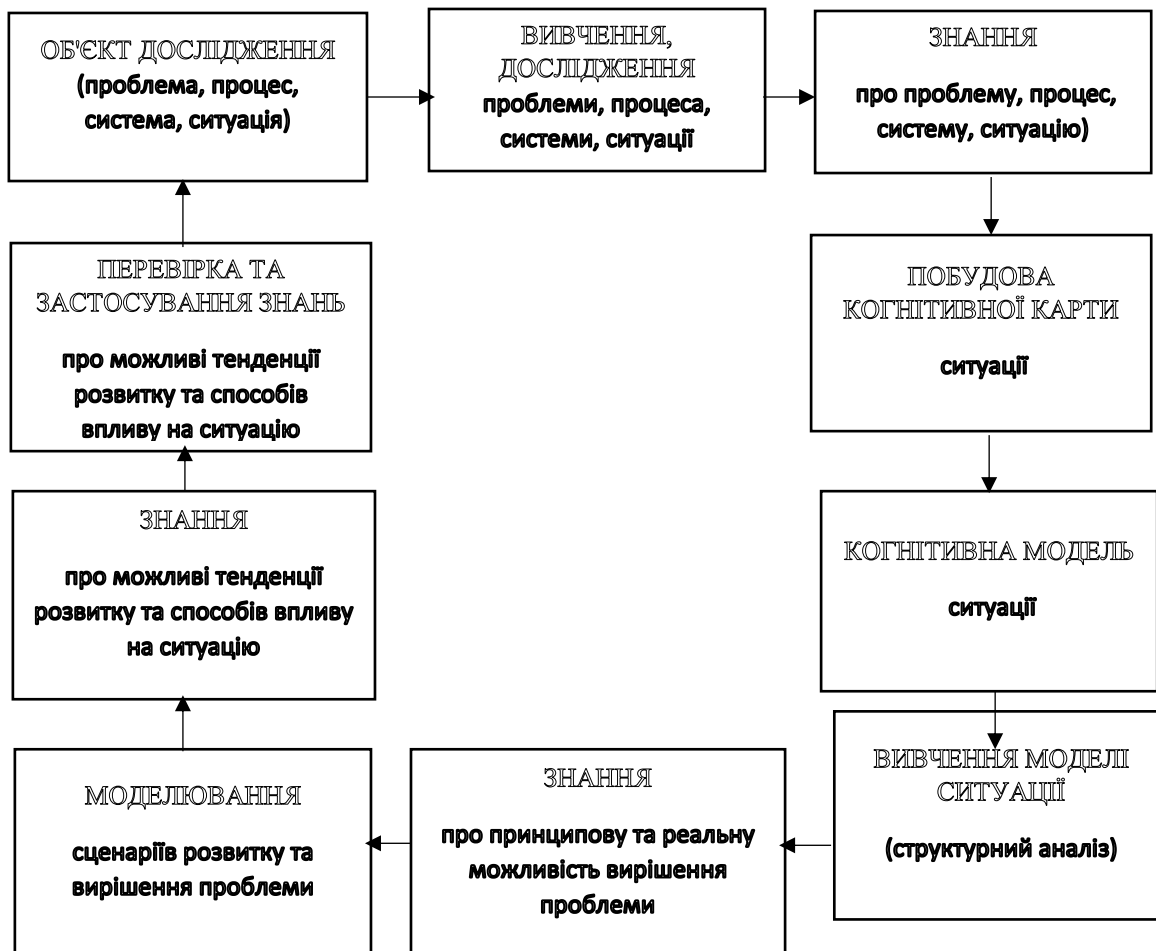


Рис.1.5. Процес моделювання[1.20]

Етапи моделювання:

- визначення початкових умов, тенденцій, що характеризують розвиток ситуації на даному етапі. Це необхідно для надання адекватності модельного сценарію реальної ситуації, що посилює довіру до результатів моделювання;
- завдання цільових, бажаних напрямів (збільшення, зменшення) та сили (слабко, сильно) зміни тенденцій процесів у ситуації;
- вибір комплексу заходів (сукупності керуючих факторів), визначення їх можливої та бажаної сили та спрямованості на ситуацію;
- вибір комплексу можливих впливів (заходів, факторів) на ситуацію, силу та спрямованість яких необхідно визначити;
- вибір факторів, що спостерігаються (індикаторів), що характеризують розвиток ситуації, здійснюється в залежності від цілей аналізу та бажання користувача.

Табл.1.3. Етапи та напрями моделювання

Етапи моделювання	Напрями моделювання		
	1. Розвиток ситуації без керуючих впливів на процеси та ситуації (ситуація розвивається сама по собі)	2. Розвиток ситуації із вибраним комплексом заходів (пряма задача)	3. Синтез комплексу заходів для досягнення необхідного напрямку розвитку ситуації (зворотня задача)
Визначення початкових умов розвитку ситуації	+	+	+
Завдання цільових факторів напрямків та сили їх змін	+	+	+
Вибір сукупності керуючих факторів та сили їх впливів		+	
Вибір комплексу заходів силу та спрямованість яких потрібно визначити			+
Вибір факторів, що спостерігаються (індикаторів)	+	+	+

Кожен із трьох напрямів моделювання включає певну сукупність взаємопов'язаних етапів моделювання (табл.1.3.).

Особливості управління складними ситуаціями

При аналізі поточного стану складної ситуації перед користувачем неминуче постають такі питання:

1. Які моделі управління слід вибрати для забезпечення бажаної поведінки цільових факторів?
2. Які зміни ситуації можливі у найближчому майбутньому?
3. Які проблеми можуть виникнути?

Питання групи 1 – це питання поточного (оперативного) управління ситуацією задля досягнення поставленої мети. Розв'язанням цієї задачі може бути кілька варіантів «придатного» управління. Оскільки спочатку постулюється, що кожному поняттю, що використовується у когнітивній моделі, однозначно відповідає конкретне предметне поняття, то реалізація

кожного знайденого варіанта управління передбачає проведення відповідних конкретних заходів. І тут відразу виникає завдання порівняльного оцінювання цих варіантів по наступним характеристикам:

- близькість результатів управління до наміченої мети (за ефективністю варіантів);
- за витратами (фінансовими, фізичними, моральними тощо), пов'язаними з реалізацією кожного варіанту;
- за характером наслідків (оборотні, необоротні) від реалізації відповідних варіантів у реальній ситуації тощо.

Питання групи 2 пов'язані із прогнозуванням стратегій можливих змін у поточній ситуації. Ці зміни можуть бути обумовлені внутрішніми причинами (наприклад, реалізація деякого управління може бути пов'язана зі зміною взаємодії факторів у реальній ситуації та подібна зміна може породити нові проблеми) та зовнішніми причинами, зумовленими тією обставиною, що на реальну ситуацію безперервно діють зовнішні обурення, джерела яких не включені до когнітивної моделі аналізованої ситуації. Зовнішні причини зручно поділити на передбачувані, виникнення яких можна передбачати на основі аналізу інформації, що надходить від ЗМІ та інших джерел, та на непередбачувані, про які користувач дізнається після їх виникнення.

Незалежно від характеру причин, що змінюють ситуацію, їхній облік призводить до необхідності зміни вихідної когнітивної моделі ситуації.

1.5. Висновки до розділу 1

На основі аналізу опублікованих робіт встановлено, що незважаючи на прискіпливу увагу науковців до тематики сучасних концепцій управління проєктами, теоретичні засади розвитку програм підготовки фахівців в умовах невизначеності на основі використання проактивних інструментів залишаються актуальними і потребують подальших досліджень. Компанії, які використовують проєктне управління, генерують більше прибутку, а також істотно скорочують терміни і витрати на реалізацію своїх проєктів та програм.

Саме тому в умовах сучасного ринку України все гострішою стає потреба у висококваліфікованих компетентних фахівцях у сфері управління проєктами та в їх професіоналізації. Для всіх напрямів характерно створення умов інтелектуалізації управління з урахуванням діяльності людини або команди проєкту, яку вони здійснюють, виходячи з обмежень своєї діяльності для подолання ентропійних процесів і опору середовища в динамічному оточенні за наявності невизначеностей параметричного та структурного характеру, що створюються цим середовищем.

1. Оглянуто сценарний підхід до процесів підготовки та прийняття рішень в управлінні проєктами підготовки фахівців, що веде до відсікання неможливих ситуацій для генерування альтернативних варіантів управлінських рішень.

2. На основі проведеного аналізу наукових досліджень у цій сфері розширено термінологію управління проєктами та програмами через уточнення поняття «проєкт та програма» та введення поняття «проєкт та програма підготовки фахівців».

3. Проаналізовані моделі та методи планування в управлінні проєктами та програмами в умовах невизначеності. Розглянуто різні типи календарних планів з структуруванням цілей щодо досягнення цих планів з використанням методу критичного шляху. Використання методу розрахунку мереж, що обмежують реальні умови реалізації проєктів та програм в умовах невизначеності навело на скорочення тривалості розкладу з використанням методу його стиснення. Мета недопущення перевищення ресурсами їх максимальних значень змусила застосувати методіку вирівнювання ресурсів. Використання мережевих графіків націлило використовувати стратегію, що враховує тимчасові, вартісні та ресурсні оцінки.

4. Розглянуто методіку когнітивного аналізу складних ситуацій з побудовою когнітивної (графової) моделі проблемної ситуації і сценарним підходом до моделювання та поділенням на етапи реалізації когнітивної моделі. Це все підтверджує, що для отримання обґрунтованих управлінських

рішень щодо стабілізації стану потрібен сучасний математичний інструментарій.

Результати досліджень розділу 1 опубліковані в наступних публікаціях автора [1.8, 1.11, 1.22, 1.25, 1.41, 1.43, 1.58, 1.59].

1.6. Список використаних джерел до розділу 1

1.1 A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) – Third Edition USA, Project Management Institute – 2004. – 411 p.

1.2 Structure of Decision. The Cognitive Maps of Political Elites / Ed. by R. Axelrod. – Princeton: Princeton University Press, 1976. – 405 p

1.3 F.S. Roberts, Discrete Mathematical Models, with Applications to Social, Biological and Environmental Problems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1976.

1.4 Керівництво з питань проектного менеджменту. (PMBOK® Guide PMI), ред. Бушуєва С.Д., Ділова Україна, 2000, 197 с.

1.5 Бушуєв С. Д. Динамічне лідерство в управлінні проектами: Монографія / С. Д. Бушуєв, В. В. Морозов // Українська асоціація управління проектами. – К., 1999. – 312 с.

1.6 Словник-довідник з питань управління проектами. /Під ред. Бушуєва С.Д., 2000, 640 с.

1.7 Войтенко О.С. Когнітивні моделі управління програмами на основі використання кращого досвіду. Управління проектами та розвиток виробництва. 2006. № 6. С. 23–25.

1.8 Чернова, Л.С., Когнітивні технології управління програмами підготовки фахівців. Зб. матеріалів V міжнародної науково-практичної конференції “Project, Program, Portfolio, p3management”. Одеса, 2020. С.112-115.

1.9 White R. Motivation reconsidered: the concept of competence / R. White // Psychological Review, 66. – 1959. – pp. 279 - 333. Рач В.А. Управління проектами: практичні аспекти реалізації стратегій регіонального розвитку:

навч. посіб. / В.А. Рач, О.В. Россошанська, О.М. Медведєва; за ред. В.А. Рача. – К.: «К.І.С.», 2010. –276 с.

1.10 Chernova Liubava, Zhuravel Anna, Chernova Lyudmila, Chernov Serhii, Trushliakova Antonina «Application of the cognitive approach in the field of project management», 7th International Conference Digital Technologies in Education, Science and Industry, DTESI 2022, 20-21 October 2022, Almaty, Kazakhstan

1.11 Raevneva E.V. Gognitive design for the decision of management tasks by the semistructured systems (by situations) [Text] / E.V. Raevneva, N.M. Verest. –Businesssnform. – 2010. – No 5(2). – P. 40–43

1.12 Бабаєв В. М. Управління проектами: навчальний посібник для студентів спеціальності «Управління проектами». Харків: ХНАМГ, 2006. 244 с.

1.13 Санченко Є. М. Поняття ключових компетенцій у змісті освіти зарубіжних країн: постановка проблеми [Електронний ресурс] / Є. М. Санченко // Науковий вісник Донбасу. – 2010. – No 3. – Режим доступу: <http://nvd.luguniv.edu.ua/archiv/NN11/10semkpp.pdf>.

1.14 Boyatzis R, Richard E. The Competent Manager: A Model for Effective Performance. – New York: John Wiley and Sons. – 1982.

1.15 Hung S. Y. Expert versus novice use of the executive support systems: an empirical study //Information & Management. 2003. Т. 40. №. 3. С. 177-189.

1.16 Whiddett S., Hollyforde S.A Practical Guide to Competencies: [Electronic resource] / The Chartered Institute of Personnel and Development. – Electron.art. – Access to art.: www.cipd.co.uk, free. – Screen title. – Eng.lang.

1.17 Войтенко О. С. Когнітивні моделі управління проектами в програмно-цільовому управлінні / О. С. Войтенко // Містобудування та територіальне планування. - 2010. - Вип. 38. - С. 84-89. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2010_38_15

1.18 Spencer L.M., McClelland D.C., Kelner S. Competency Assessment Methods: History and State of the Art / L.M.Spencer, D.C.McClelland, S.Kelner. -

Boston, MA: Hay/McBer, 1997. McClelland D. Identifying competencies with behavioural-event interviews / D. McClelland // *Psychological Science*, 9(5). - 1998. - pp. 331 -339.

1.19 Чернова, Лб. С., Чернова, Лд. С. Когнітивні технології управління знаннями. *Вісник ОНМУ: Зб. наук. робіт. Вип1(64)* Одеса, 2021. С.157-175

1.20 Кадієвський В. А. Когнітивне моделювання прийняття управлінських рішень на підприємстві / В. А. Кадієвський, Л. П. Перхун // *Науковий вісник Національної академії статистики, обліку та аудиту: зб. наук, праць*. - 2016. - № 3. - С. 48-56.

1.21 Данченко О.Б. Огляд сучасних методологій управління ризиками в проектах / О.Б. Данченко // *Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр.* –Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2014 - №1(49). - С. 16-25. – Режим доступу -<http://pmdp.org.ua>– С. 93–95.

1.22 Чернова, Л.С. «Управління знаннями» як методологічний орієнтир побудови концепції для розробки когнітивних технологій управління знаннями. *Зб. матеріалів XVIII Міжнар. конф. “Управління проектами у розвитку суспільства”*. Київ, 2021. С. 309-313

1.23 Медведєва О.М. Моделювання активності зацікавлених сторін в проектах на основі інтегральної когнітивної карти середовища взаємодії. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2015. № 1 (53). С. 40–42.

1.24 Данченко О. Б. Взаємозв'язок між ризиками, змінами, проблемами у проектах [Текст] / О. Б. Данченко // *Вісн. Черкас. держ. технолог. ун-т.* – Черкаси: ЧДТУ, 2014. – №3. – С. 26–31.

1.25 Занора В. О. Ризики, загрози, небезпеки, можливості: взаємоузгодження категорій / В. О. Занора, І. Ю. Недотопа // *Економічна безпека України: Тези доповідей учасників Всеукраїнської наук.-практ. конф., 22 квітня 2016 р.* – Львів: ЛьВДУВС, 2016. – С. 105–107.

1.26 Levy-Leboyer, Claude. *La gestion des competences*. Editions d'Organisation. 2009. – 145 p.

1.27 Рач В. А. «Небезпека/ризик/криза» як тріадна сутність процесів розвитку в сучасній економіці [Текст] / В. А. Рач // Управління проектами та розвиток виробництва. – Луганськ: вид-во Східноукраїнський нац. ун-т ім. В. Даля, 2013. – No1(45).

1.28 Савчук В. П. Діагностика підприємства: підтримка управлінських рішень: навч. посіб. / Савчук В. П. – М.: БІНОМ, 2010. – 175 с.

1.29 Key Competencies. A developing concept in general compulsory education. Eurydice. The information network on education in Europe. – N.Y., 2002. – 28 p.

1.30 Чернов С. К. Облік ризиків і невизначеностей в організаційних проектах [Текст] / С. К. Чернов // Управління проектами та розвиток виробництва: зб. наук. праць. – Луганськ: вид-во Східноукраїнський нац. ун-т ім. В. Даля, 2006. – No1(17). – С. 41–44

1.31 Wang W.-T., Belardo S. (2005). Strategic Integration: A Knowledge Management Approach to Crisis Management. Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences

1.32 TechRepublic and Ted Smith. IT Project Management Research Findings. – Louisville, KY: TechRepublic, 13 November 2000.

1.33 Тимошик В. Ю. Компетентнісний підхід в оцінюванні трудових ресурсів підприємства / Валерія Юріївна Тимошик // Галицький економічний вісник. — Т. : ТНТУ, 2019. — Том 61. — No 6. — С. 155–163

1.34 Rach V. Model of modern sciences transformation and project management / V. Rach, O. Medvedieva // Управління проектами у розвитку суспільства. Тема: "Управління проектами в умовах пандемії COVID-19": тези доповідей XVIII Міжнародної конференції (м. Київ, 15 травня 2021 р.)/ відпов. за випуск С.Д. Бушуєв. - Київ: КНУБА, 2021. - С. 48-54

1.35 Braglia M., Frosolini M. An integrated approach to implement Project Management Information Systems within the Extended

Enterprise // International Journal of Project Management. – 2014. – 32(1). – P. 18–29.

1.36 Бех І.Д. Компетентнісний підхід у сучасній освіті [Електрон. ресурс] / І.Д. Бех // Інститут проблем виховання НАПН України. – Електрон. текст.дані.–К.,2012

1.37 Ельбрехт О. Компетентнісний підхід як методологічна основа формування змісту професійної підготовки менеджерів // О. Ельбрехт / Гуманізація навчально-виховного процесу: збірник наукових праць / [За заг. ред. проф. В.І. Сипченка]. – Вип. LVIII. – Ч. III. - Слов'янськ : СДПУ, 2011. – С.54 – 63.

1.38 Chernov, S., Titov, S., Chernova, Ld., Kunanets, N., Chernova, Lb. Linearization of Problem on Placing a Maximum- Radius Hypersphere in Polyhedral Region.Proceedings of the 15th “International Scientific and Conference on Computer Sciences and Information Technologies” (CSIT 2020). Lviv, Ukraine, September 23. P. 176-179

1.39 Медведєва О.М. Проектна культура та знання як фактори виникнення небажаного розширення розроблюваного функціоналу в ІТ проектах в умовах невизначеності / Б.В. Осташевський, О.М. Медведєва // Актуальні питання сучасної науки та практики: матеріали науково-практичної конференції (м. Київ, 15 листопада 2018 р.) - К.: Університет "КРОК", 2018. - С.738-741

1.40 Чернова Л.С., Журавель А.В. Застосування когнітивного моделювання в управлінні проектами, XIII Міжнародна науково-технічна конференція «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці», Миколаїв 2022, С.379

1.41 Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи : колект. монографія / [кол. авт.: Н.М. Бібік, Л.С. Ващенко та ін.; за заг. ред. О.В. Овчарук]. – К.: К. І. С., 2004. – 111 с.

1.42 Кузьмінська, Ю. М. Когнітивна модель взаємовпливів ризиків проектів в сфері післядипломної освіти

[Текст] / Ю. М. Кузьмінська / Тези доповідей XII міжнародної конференції «Управління проектами у розвитку суспільства». Тема: Компетентнісне управління проектами розвитку в умовах нестабільного оточення / Відповідальний за випуск С.Д. Бушуєв, - К.: КНУБА, 2015. – 296 с.

1.43 Данченко, О. Б. Когнитивне моделювання ризиків проекту [Текст] / О. Б. Данченко / Тези доповідей X міжнародної конференції «Управління проектами у розвитку суспільства». Тема: Управління програмами та проектами в умовах глобальної фінансової кризи. / Відповідальний за випуск С.Д. Бушуєв, - К.: КНУБА, 2013

1.44 Рач В.А. Моделювання компетентнісного управління розвитком суб'єктів господарювання з використанням категорії «проектний потенціал» / В.А. Рач, О.М. Медведєва, О.В. Россошанська // Управління проектами та розвиток виробництва.- 2008. – № 1(25). – С.156-163.

1.45 Медведєва О.М. Концептуальна основа ціннісно-орієнтованого управління взаємодією в інноваційній діяльності / О. М. Медведєва // Управління проектами та розвиток виробництва. - 2013. - № 3(47). - С. 75-87.

1.46 Bushuyev S.D. Creative Technologies project and program management / S.D. Bushuev., Bushueva N.S., I.A. Babayev, V.B. Yakovenko, E.V. Grisha, S.V. Dziuba, A.S. Voitenko: monograph. – К.: "Summit Book", 2010. – 768 р.

1.47 Когнітивне моделювання у прогнозуванні економічного потенціалу підприємства / Г. Ю. Макарова. — Електрон. текстові дан. // Вісник Київського національного торговельно-економічного університету: Науково-практич. журнал. — 2013/2. — No 4. — С. 81–91. [електронний ресурс] — режим доступу: <http://visnik.knteu.kiev.ua/files/2013/04/8.pdf>

1.48 Панкратов В.А. Побудова стратегії розвитку соціо-економічних систем на основі синтезу методологій передбачення та когнітивного моделювання / Інформаційні технології, економіка та право: стан та

перспективи розвитку. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Вип. 12. Чернівці. -2015. - С. 194-196.

1.49 Ялдин І.В. Когнітивне моделювання у прогнозуванні сценаріїв стратегії стійкого розвитку інтегрованої структури бізнесу. [Текст] / І.В. Ялдин // Проблеми економіки. — 2011. — №4. — С.142–150.

1.50 Kosko, B. (1986). Fuzzy cognitive Maps. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24(1), 65-75. [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(86)80040-2)

1.51 Aissaoui G. Cognitive map of conceptual graphs: A graphical model to help for decision. In A. de Moor, W. Lex, and B. [Text] / G. Aissaoui, D. Genest, S. Loiseau // Ganter, editors, ICCS, volume 2746 of Lecture Notes in Computer Science, pages 337–350. Springer, 2003. ISBN 3-540-40576-3.

1.52 Eden, C. (1988). Cognitive mapping. *European Journal of Operational Research*, 36, 1-13. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(88\)90002-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(88)90002-1)

1.53 Andrew M Wikenheiser Decoding the cognitive map: ensemble hippocampal sequences and decision making *Current Opinion in Neurobiology* (Impact Factor: 6.77). 06/2015; 32:8–15. DOI: 10.1016/j.conb.2014.10.002

1.54 Занора В. О. Управління підприємствами: планування технологічних витрат, ризик-менеджмент, мотивування, прийняття управлінських рішень: монографія / В. О. Занора, С. В. Войтко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 224 с Elpiniki Papageorgiou, *Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering*, Publisher: Springer, 2014.

1.55 Liubava Chernova, Lyudmyla Chernova, Natalia Kunanets, Anna Zhuravel, Serhii Chernov, Olga Artemenko Application of the cognitive approach in the field of IT project management 17th IEEE International Conference on Computer Science and Information Technologies, CSIT 2022. Lviv, Ukraine September 2022 P. 426-429

1.56 Чернова Лб.С., Журавель І.А., Чернова Лд.С. Когнітивний підхід у сфері управління проектами. Зб. матеріалів Міжнародна науково-практична

конференція «Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проектами та економіці в умовах воєнного стану.» Коблево, 2022. С. 132

1.57 Robertson S., Williams T., Understanding project failure: Using cognitive mapping in an insurance project, *Project Management journal*, vol.37,number 4, 2006, p.55-71

1.58 Бушуєв С.Д., Бушуєв, Д.А., Ярошенко Р.Ф Деформація поля компетенцій в інноваційних проектах. Вісник Національного технічного університету «Харківський потітехнічний інститут». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. Харків, 2017. № 2 (1224). С. 3–7.

1.59 Бушуєва Н.С. Матричні технології проактивного управління програмами організаційного розвитку: Автореферат дис. докт. техн. наук: 05.13.22 / Наталія сергіївна Бушуєва / Київський національний університет будівництва і архітектури. – К., 2008. – 40 с.

1.60 Бушуєв С.Д. Напрями дисертаційних наукових досліджень зі спеціальності «управління проектами та програмами» / С.Д. Бушуєв, В.Д. Гогунський, К.В. Кошкін // Управління розвитком складних систем. – 2012. – Вип. 12. – С. 5–7 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2012_12_3.

1.61 Тернер, Дж. Р. Руководство по проектно-ориентированному управлению. – М. : Изд. Дом Гребенникова, 2007. – 552 с.

1.62 Tanaka, H. Innovative development and meta program management of a new generation of megaprojects in the oil & gas and infrastructure sectors / H. Tanaka, S. Bushuyev // Управління розвитком складних систем. – 2014. – №16. – С. 60 – 68.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ КОГНІТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

2.1. Методологія формування стратегії вирішення слабоструктурованих проблем на основі когнітивних моделей.

Один з нових напрямків сучасної теорії підтримки та прийняття рішень полягає в когнітивному моделюванні при дослідженні управління слабоструктурованих систем та ситуацій. Академік І. В. Прангішвілі [2.14], говорячи про методи ефективного управління складними системами, виділив серед наукових методів, що виправдали себе на практиці, підвищення ефективності управління в організаційних, соціально-економічних і політичних системах когнітивне моделювання для вирішення слабоструктурованих проблем, які часто зустрічаються при управлінні складними системами.

Когнітивний підхід, що активно розвивається сьогодні в науці управління та суміжних науках потребує подальшого уточнення його базових понять у науці управління та виділенні класу управлінських задач, для вирішення яких доцільно застосування когнітивного моделювання.

Витоки поняття «когнітивна карта» лежать у психології. У рамках вивчення особливостей пізнання людиною свого оточення фундаментальне значення набуло дослідження когнітивних карт - суб'єктивних уявлень про просторову організацію зовнішнього світу. Когнітивна карта - поняття, що відноситься до пізнавальних процесів, пов'язаних з придбанням, репрезентацією і переробкою інформації про навколишнє середовище, в ході яких суб'єкт не є пасивним спостерігачем, а активно взаємодіє з середовищем. Формування когнітивних карт у суб'єкта розуміється як процес, що складається з серії психологічних перетворень, за допомогою яких суб'єкт набуває, зберігає, копіює, згадує, маніпулює інформацією про відносні

положення та атрибути його просторового оточення. Цей процес є суттєвим компонентом прийняття рішень при просторовій поведінці. Психологічні дослідження більшою мірою орієнтовані саме на вивчення цих процесів та їх впливу на формування тих чи інших уявлень, що дозволяють суб'єкту діяти та приймати рішення в навколишній обстановці.

У політології та соціології когнітивне моделювання як методика розвивалося у 1960-1980 рр.. американським дослідником Р. Аксельродом та його колегами у США та Скандинавії [2.1]. У цих науках поняття «когнітивна карта» не пов'язується з просторовою орієнтацією і трактується як схематичне уявлення суб'єктом фрагмента картини світу, що відноситься до конкретної проблемної ситуації. «Когнітивна карта – це спосіб репрезентації мисленневих структур, орієнтований на конкретну проблему і що дозволяє моделювати процес мислення політика при обмірковуванні їм дії, що сприяє ідентифікації майбутніх подій» [2.4].

На основі досліджень Р. Аксельрода [2.1] та його колег показано, що у складних ситуаціях суб'єкт схильний спрощувати уявлення про ситуацію, не помічати зворотні зв'язки тощо. Як наслідок, при прийнятті рішень не враховуються віддалені наслідки, взаємозв'язки різних проблем та т.п.

Моделі, побудовані на когнітивних картах, Р. Аксельрод відносив до нормативних моделей у тому сенсі, що вони організують пізнавальну діяльність суб'єкта при виробленні рішень: як і будь-яка формалізація, когнітивна карта та методи її дослідження наказують суб'єкту, як він повинен приймати рішення у складних ситуаціях. Емпіричні дослідження низки авторів дозволили показати, що застосування методів когнітивного моделювання дозволяє підвищити ефективність прийняття рішень у слабоструктурованих проблемах: уточнити уявлення суб'єкта про проблему, знайти протиріччя, зрозуміти інших суб'єктів та ін.

У той же час, Р. Аксельрод відзначає брак формальних методів побудови когнітивних карт, орієнтованих на достовірність і інтерпретування результатів аналізу проблемних ситуацій.

Методи когнітивного моделювання знайшли застосування при колективному виробленні та прийнятті рішень (роботи Д. Харта, Ф. Робертса та ін). Англійський вчений К. Іден[2.4] розробив загальний підхід до побудови когнітивних карт, спираючись на дослідження в галузі психології прийняття рішень, зокрема, на теорію персональних конструктів Дж. Келлі. К. Іден підкреслює важливість положень Дж. Келлі про те, що ефективність взаємодії в групі осіб, які займаються прийняттям рішень, істотно залежить від того, наскільки кожен учасник розуміє способи інтерпретації ситуацій іншими членами групи.

Застосування методів когнітивного моделювання в соціології та політології, як правило, спрямоване на виявлення уявлень суб'єкта, що приймає рішення у різних ситуаціях; на вирішення суб'єктивних конфліктів, викликаних відмінностями в уявленнях про проблему, відсутністю взаєморозуміння між взаємодіючими суб'єктами.

Розвиток методів когнітивного моделювання значною мірою обумовлено необхідністю дослідження слабоструктурованих систем (СС) і ситуацій, які включають множину елементів різної природи, і залежності між елементами яких носять як кількісний, так і якісний характер. Когнітивний підхід до дослідження слабо-структурованих ситуацій був запропонований Р. Аксельродом і Ф. Робертсом через обмеженість застосування точних моделей для побудови моделей СС і дослідження поведінки системи, що вивчається, підготовки та прийняття управлінських рішень з вирішення слабоструктурованих проблем і ситуацій, що виникають при функціонуванні та розвитку таких систем. При такому підході в основі побудови моделей СС або ситуації лежить суб'єктивне розуміння і подання суб'єкта управління про параметри керованої системи та зв'язки між ними. Когнітивна карта як образ внутрішніх уявлень суб'єкта служить «інструментом для формування та уточнення гіпотези про функціонування досліджуваного об'єкта, що розглядається як складна система. Для того щоб зрозуміти та проаналізувати поведінку складної системи, доцільно побудувати структурну схему

причинно-наслідкових зв'язків. Когнітивна карта особливо корисна для аналізу дії факторів, що важко формалізуються, вимір яких часто є дуже складною проблемою... Аналізуючи свої і чужі когнітивні карти, дослідник може швидко поглибити розуміння проблеми, поліпшити якість і обґрунтованість прийнятих рішень. Крім того, когнітивна карта є зручним засобом для зміни усталених стереотипів, сприяє генерації нових точок зору».

В даний час когнітивний підхід до дослідження СС активно розвивається в Україні і за кордоном. Одна з характерних тенденцій цього розвитку полягає у пошуку механізмів, що поєднують різні наукові напрями досліджень проблем прийняття рішень під час управління СС.

Клас управлінських завдань, для рішення яких доцільно застосування когнітивного моделювання

У науці управління в традиційних теоретичних методах увага концентрується на процесах пошуку оптимального рішення з фіксованого набору альтернативних рішень для досягнення чітко поставленої мети. Питання ідентифікації проблем, формування цілей і множини альтернатив їх досягнення часто залишаються осторонь. У реальних управлінських ситуаціях дуже часто виникає завдання, яке полягає не тільки і не стільки в тому, щоб зробити вибір між альтернативними рішеннями, скільки в тому, щоб проаналізувати ситуацію для виявлення реальних проблем і причин їх появи. Розуміння проблеми – обов'язкова попередня умова знаходження прийняттого рішення. Для СС характерні проблеми, які важко піддаються вичленуванню в досліджуваній управлінській ситуації, що обмежує можливості застосування традиційних методів пошуку оптимального (або навіть задовільного) рішення в завданнях управління такими системами.

Одна з причин полягає у нестачі інформації про стан СС в умовах слабо контрольованого і зовнішнього середовища, що змінюється. Відсутність достатніх знань про систему, щодо якої приймається рішення, не є єдиною невизначеністю, що обумовлена суб'єктивними причинами. Також можна

виділити невизначеність цілей розвитку СС і критеріїв вибору управлінського рішення. Як правило, незадоволеність поточним станом системи усвідомлюється суб'єктом управління, але його уявлення про причини і можливі способи зміни ситуації в СС розмиті, нечіткі і суперечливі. Формалізація нечітких уявлень - одне з головних завдань, яке треба вирішувати при розробці моделей та методів прийняття рішень у слабоструктурованих ситуаціях.

Важливо також врахувати, що суб'єкту управління дуже часто доводиться приймати рішення в умовах, що постійно змінюються, і при обмежених часових ресурсах.

Інша складність пов'язана з тим, що суб'єкту управління доводиться маніпулювати якісною інформацією у вигляді гіпотез (припущень), інтуїтивних понять і смислових образів. Численні дослідження процесів прийняття рішень підтверджують, що суб'єкту управління невласливо мислити і приймати рішення тільки в кількісних характеристиках. Він мислить, перш за все, якісно, і для нього пошук рішення - це пошук насамперед задуму рішення, де кількісні оцінки відіграють допоміжну роль. Тому структури знання в мисленні суб'єкта управління виявляються найважливішими елементами ситуації, непереборними з моделі прийняття рішень.

Особливість дослідження СС полягає в тому, що процес підготовки та прийняття рішень з управління СС, як правило, є груповою діяльністю. Кожен учасник цього процесу розуміє проблемну ситуацію, виходячи зі «своїх» внутрішніх уявлень і знань (картини, моделі світу) про ситуацію. Картина світу включає набір переконань, особливостей сприйняття, ціннісних і практичних установок суб'єкта, якими він керується у своїй діяльності і впливає на процес вирішення проблемної ситуації.

Таким чином, підготовку та прийняття рішень у завданнях управління СС слід розглядати як складний інтелектуальний процес вирішення проблем, що не зводиться виключно до раціонального вибору. Для підтримки цього

процесу потрібні нові підходи до розробки формальних моделей та методів вирішення проблем та формування цілей розвитку СС, особливо на ранніх етапах підготовки управлінських рішень. У працях зарубіжних колег зазначається, що перший етап при застосуванні методів прийняття рішень - «попередній аналіз проблеми та її структуризація» - найбільш складний і важко формалізується. На цьому етапі до роботи залучаються «дослідні консультанти-аналітики», а арсенал застосовуваних методів, як правило, включає в себе евристичні експертні методи (мозковий штурм, інтерв'ювання і т. п.).

Когнітивний підхід до моделювання та управління СС спрямований на розробку формальних моделей і методів, що підтримують інтелектуальний процес вирішення проблем завдяки обліку в цих моделях та методах когнітивних можливостей (сприйняття, подання, пізнання, розуміння, пояснення) суб'єктів управління під час вирішення управлінських задач.

Наявний позитивний досвід застосування моделей і методів, розроблених на основі когнітивного підходу, свідчить про доцільність розвитку останнього при вирішенні завдань управління СС.

Основні поняття та моделі у сучасному когнітивному моделюванні

Ключові поняття, що склалися і широко використовуються в рамках когнітивного підходу та його різних шкіл, в публікаціях часто не визначаються; при цьому нерідко виникає неоднозначність розуміння аж до протиріч як через відмінності розуміння у різних школах, і у деяких випадках, у межах однієї школи. Спробуємо уточнити деякі основні поняття когнітивного підходу до вирішення завдань аналізу та управління СС. Тут також коротко розглянемо основні типи математичних моделей, що використовуються в сучасному когнітивному підході до вирішення завдань аналізу та управління СС.

Когнітивне моделювання в задачах аналізу та управління СС - це дослідження функціонування та розвитку слабоструктурованих систем і ситуацій за допомогою побудови моделі СС (ситуації) на основі когнітивної

карти. У цій моделі когнітивна карта відображає суб'єктивні уявлення (індивідуальні або колективні) досліджуваної проблеми, ситуації, пов'язаної з функціонуванням і розвитком СС. Основними елементами когнітивної карти є базисні фактори (або просто фактори) та причинно-наслідкові зв'язки між ними.

Змістовно, базисні фактори - це фактори, які визначають і обмежують явища і процеси в СС і навколишньому середовищі, що спостерігаються, і інтерпретовані суб'єктом управління як суттєві, ключові параметри, ознаки цих явищ і процесів.

При становленні когнітивного підходу прийнятим було формальне уявлення когнітивної карти як знакового графа, тобто орієнтованого графа, вершинам якого зіставлені чинники, а ребрам знаки – (+ чи -). Останнім часом все частіше когнітивна карта представляється у вигляді виваженого графа, в якому вершинам зіставляються фактори, а ребрам - ваги в тій чи іншій шкалі. Тому можна прийняти, що формально загальним для когнітивного підходу є уявлення когнітивної карти як знакового чи зваженого графа над множиною чинників.

Різні інтерпретації вершин, ребер і терезів на ребрах, а також різні функції, що визначають вплив зв'язків на фактори, призводять до різних модифікацій когнітивних карт і засобів їх дослідження [2.22]. У цьому інтерпретації можуть різнитися як і змістовному плані, і у математичному. Завдяки наявності множини модифікацій когнітивних карт можна говорити про різні типи моделей, основу яких складають ці карти.

Вибір способу структурування слабоструктурованих систем і ситуацій у вигляді множини факторів і причинно-наслідкових зв'язків між ними не випадковий. Він обумовлений тим, що явища і процеси функціонування та розвитку СС включають різні події, тенденції, зумовлені багатьма факторами, причому кожен у свою чергу впливає на деяке число інших факторів. Утворюються мережі причинних відносин між ними. У книзі відомого німецького психолога Д. Дерна, присвяченій дослідженню мислення

суб'єкта управління та аналізу причин помилок при вирішенні проблемних ситуацій у функціонуванні та розвитку складних систем, вказується, що «миттєва ситуація з її ознаками — це лише актуальний стан системи та її змінних».

Слід розуміти не тільки, що відбувається, а й передбачати, що станеться чи може статися у майбутньому, і навіть припустити, як змінюватиметься ситуація залежно від конкретних втручань. І тому потрібно структурне знання, тобто знання у тому, як системні змінні взаємопов'язані і впливають друг на друга». Д. Дернер зазначає, що в ідеальному варіанті це знання представляється у формі «математичних функцій», але у разі неможливості побудови останніх застосування схеми причинно-наслідкових відносин, що дозволяють реконструювати різного роду припущення (гіпотези), що містяться в голові суб'єкта управління, причому не у вигляді «каузальних ланцюгів», а вигляді «каузальних мереж».

Дослідження взаємодії факторів дозволяє оцінювати «поширення впливу по когнітивній карті, що змінює їхній стан (значення). Поведінка (стан) системи може бути описана на основі значень системних змінних, що робить можливим використання класичних підходів з теорії систем, зокрема, для моделювання, аналізу динаміки, управління... Аналіз когнітивної карти дозволяє виявити структуру проблеми (системи), знайти найбільш значущі фактори, що впливають на неї, оцінити вплив факторів (концептів) один на одного. Якщо в когнітивній карті виділені цільові та вхідні концепти, на які можна впливати, то коло розв'язуваних завдань включає оцінку досяжності цілей, розробку сценаріїв і стратегій управління, пошук управлінських рішень».

Завдання аналізу ситуацій на основі когнітивних карт можна розділити на два типи: статичні та динамічні [2.15]. Статичний аналіз, чи аналіз впливів — це аналіз досліджуваної ситуації у вигляді вивчення структури взаємовпливів когнітивної карти. Аналіз впливів виділяє чинники з найсильнішим впливом на цільові чинники, тобто чинники, значення яких

потрібно змінити. Динамічний аналіз лежить в основі генерації можливих сценаріїв розвитку ситуації у часі. Таким чином, можливості вирішення завдань аналізу та управління визначаються типом використовуваних моделей - статичних або динамічних.

Для проведення обох видів аналізу, як правило, застосовується математичний апарат двох типів: апарат лінійних динамічних систем та апарат нечіткої математики.

У недавніх оглядах досить детально висвітлені сучасні напрями когнітивного підходу для моделей, заснованих на нечіткій математиці, і статичних моделей (при застосуванні різного математичного апарату). Коротко зупинимося на сучасних дослідженнях СС та ситуацій, що використовують лінійні динамічні моделі. Формально в лінійній динамічній моделі, основу якої складає когнітивна карата, фактор визначається як змінна, що приймає значення з деякої числової шкали. Зміна значень факторів у часі задається формулою:

$$x_i(t + 1) = x_i(t) + \sum_{j \in I_i} a_{ij}(x_j(t) - x_j(t - 1)), \quad i = 1, \dots, N,$$

, де $x_i(t + 1)$ та $x_i(t)$ – значення i -го фактору у моменти часу $t + 1$ та t відповідно.

$x_j(t) - x_j(t - 1) = \Delta x_j(t)$ - прирощення фактора x_j у момент часу t , a_{ij} - вага впливу x_j на фактор x_i , та I_i – кількість факторів, безпосередньо впливаючих на фактор x_i .

У деяких роботах підхід до аналізу стійкості СС, заснований на методології знакових та функціональних графів та імпульсних процесів ними. Центральним питанням у дослідженнях стає стійкість систем та пошук стратегій управління на основі модифікації структури з метою стабілізації моделюємих процесів.

В рамках створеного підходу досліджується явище резонансу, що виникає внаслідок взаємодії циклів. Ставиться і вирішується завдання апроксимації довільного орграфу орграфом спеціальної структури - трояндою. Розроблена методологія формування сценаріїв розвитку СС, яка дозволяє проводити дослідження їх поведінки при різних керуючих впливах. Дослідження динаміки процесів СС засноване на припущенні можливостей моделі. Зміна структури моделі, наприклад, встановлення або видалення взаємозв'язків між факторами, пов'язана з урахуванням обмежень, що враховують можливість предметної інтерпретації одержаних рішень.

Досвід застосування моделей, побудованих на когнітивних картах, для вирішення слабоструктурованих проблем показав, що у багатьох випадках модифікація структури складно інтерпретується у термінах предметної області. Тому аналіз стійких процесів у моделі, оскільки наявність стійкості необхідно для коректної предметної інтерпретації досліджуваних явищ. Особлива увага потрібна: (1) у пошуку та розробці методів структуризації первинних уявлень суб'єкта управління, спрямованих на побудову когнітивних карт; (2) підвищення технологічності, науково-методичної та інструментальної підтримки вирішення практичних завдань управління. У розробці метод структурно-цільового аналізу розвитку СС; підхід до дослідженню конфліктних ситуацій, що породжуються протипромовами на користь суб'єктів, які впливають на розвиток досліджуваної системи; підхід та методи вирішення слабоструктурованих проблем та формування сценаріїв розвитку СС. При цьому проблема визначається як невідповідність існуючого стану СС або його динаміці бажаного стану, який задано суб'єктом управління. Комплексне використання перерахованих методів дозволяє проводити статичний і динамічний аналіз при дослідженні СС.

Досвід застосування різних моделей та методів на базі когнітивного підходу (за кордоном), що підвищує інтерес управлінців-практиків до розробок у даному напрямку показують доцільність розвитку даного підходу в управлінні. При цьому слід зазначити наявність невирішених (або частково

вирішених) проблем. Виділимо деякі напрямлення досліджень, які будуть пріоритетними в рамках подальшого розвитку когнітивного підходу в моделюванні та управлінні.

Це - розробка теоретичних основ, методів та технологій побудови моделей на базі когнітивного підходу при дослідженні слабоструктурованих систем та ситуацій. У цьому напрямі планується сформулювати основні принципи та систему критеріїв, орієнтованих на підвищення достовірності формалізації первинних знань. Розробляється загальна концептуальна схема управління процесом побудови моделі слабоструктурованої системи (ситуації).

Розробляється підхід до формалізації первинних передуювлень про слабоструктуровану проблему у вигляді колективної когнітивної карти з метою узагальнення та узгодження різних уявлень у носіїв проблеми, компетентних у різних предметних галузях знань. Розв'язання цієї задачі спирається на розроблені методи концептуальної структуризації та критерії й приватні технології формування та узгодження колективних понять. Планується проведення циклу робіт з інтеграції когнітивного підходу та методів теорії активних систем, оскільки в обох наукових напрямках велике значення приділяється дослідженню складних систем, у яких однією з основних елементів є активні суб'єкти, які істотно впливають на ефективність керування системою.

У цьому напрямку важливим є розвиток інструментальних засобів підтримки інтелектуальної діяльності людини при управлінні розвитку слабоструктурованих систем і ситуацій.

В даний час розроблено програмно-аналітичний комплекс, у якому реалізовано функції побудови моделей на основі когнітивних карт, структурно-цільового аналізу, сценарного моделювання та порівняльної оцінки сценаріїв.

Модульна архітектура розробленого комплексу дозволяє нарощувати його іншими інструментальними засобами вирішення різних завдань

управління, а також взаємодіяти з сучасними інформаційно-аналітичними системами (наприклад, системами збору та аналізу інформації, ERP – системами).

2.2. Методологія когнітивного моделювання в невизначених обставинах

Методологія когнітивного моделювання[2.21], призначена для аналізу та прийняття рішень у погано визначених ситуаціях, була запропонована Аксельродом. Вона заснована на моделюванні суб'єктивних уявлень експертів щодо ситуації та включає: методологію структуризації ситуації; модель уявлення знань експерта, як знакового орграфа (когнітивної карти) (F, W) , де F - множина чинників ситуації, W - множина причинно-наслідкових відносин між чинниками ситуації; методи аналізу ситуації.

В даний час методологія когнітивного моделювання розвивається у напрямку вдосконалення апарату аналізу та моделювання ситуації. Тут запропоновано моделі прогнозу розвитку ситуації; методи вирішення обернених завдань. Проте існуюча методологія структуризації ситуації та модель представлення знань експерта не дозволяє аналізувати складні ситуації. Створення великих моделей, що включають десятки чи сотні факторів, вимагає розробки іншої моделі уявлення знань про ситуацію, методології структуризації погано визначених складних ситуацій, методів пояснення та інтерпретації результатів моделювання та підтримки генерації рішень.

Запропонована в цій роботі *модель уявлення знань є розширенням* існуючої в когнітивному моделюванні моделі у вигляді знакового орграфа та ґрунтується на моделі уявлення знань у вигляді поля знань, що використовується в інженерії знань для створення інтелектуальних систем. Поле знань визначається трійкою (X, Y, M) , де X – вхідні дані задач, розв'язуваних інтелектуальною системою; Y – вихідні дані – результат розв'язання задач; M - операційна модель, на підставі якої відбувається

перетворення X в Y . Операційна модель $M = (K_d, K_f)$ включає поняттєву систему K_d , що відображає понятійну структуру ситуації, та функціональну систему K_f , моделює закони та закономірності проблемної галузі, що визначають динаміку розвитку ситуації.

Запропонована методологія структуризації складної ситуації полягає в описі ситуації у двох аспектах: структурному та функціональному. Для опису ситуації у структурному аспекті використовується структурно-функціональна декомпозиція, що дозволяє виділити складові частини та спостерігається у вигляді ієрархії «Частина-Ціле», $\langle D, \Theta \rangle$, де $D = \{d_i\}$ – множина елементів ситуації - це ціле та його складові частини, Θ – ставлення «Частина-ціле» на множині D , $i = 1, \dots, n$.

Для опису ситуації у функціональному аспекті визначаються основні характеристики (надалі – ознаки) всіх елементів ситуації $F_i = \{f_{ij}\}$, $j = 1, \dots, m$. Далі на множині ознак F_i кожного елементу d_i експертним шляхом визначається когнітивна карта (F_i, W_i) , що відображає уявлення експерта про закони функціонування цього елемента, де F_i – множина вершин, W_i – матриця суміжності орграфа, що відбиває функціональну структуру елемента ситуації d_i . Когнітивні карти окремих елементів поєднуються в загальну когнітивну карту (F, W) , де $F = \cup F_i$ – множина ознак, що описують ситуацію в цілому, а W – матриця суміжності, що включає матриці суміжності W_i окремих елементів d_i , які описують їх взаємодію.

Пропонується когнітивну карту складної ситуації (F, W) описувати у функціональній системі поля знань K_f , а результати структурно-функціональної декомпозиції $\langle D, \Theta \rangle$ – у понятійній системі K_d .

Для опису когнітивної карти у функціональній структурі поля знань розробляються: 1) шкали ознак; 2) методи отримання переваг експерта для налаштування сили впливу ознак ситуації; 3) методи вирішення прямої та зворотної задачі.

Шкали. Для розробки шкал використовують метод, запропонований Торгерсоном. Він заснований на завданні опорних точок – максимального та мінімального значення ознаки – та отриманні нових значень шкали методом поділу відрізка навпіл з інтерпретацією середньої точки у предметній області. В результаті виконання цієї процедури отримуємо лінійно впорядковану множину лінгвістичних значень j -ої ознаки i -го поняття, - $Z_{ij} = \{z_{ijk}\}$, k - номер лінгвістичного значення, елементи якого відображаються на відрізок числової осі $[0,1]$. Для кожного лінгвістичного значення $z_{ijk} \in Z_{ij}$ на числовій осі визначено точку $x_{ijk} \in [0,1]$ та її околиці $x_{ijk} \pm \varepsilon$, що мають ту ж лінгвістичну інтерпретацію z_{ijk} . Таким чином, для кожної ознаки кожного поняття визначено числову шкалу X_{ij} , кожна точка якої $x_{ij} \in X_{ij}$ має лінгвістичну інтерпретацію $z_{ijk} \in Z_{ij}$.

Для зменшення помилок щодо сили впливу ознак розроблено методи отримання знань експерта про силу впливу ознак. Це методи непрямого визначення сили впливу, що дозволяють визначити силу впливу ознак із відповіді експерта на запитання: «До якої зміни ознаки-наслідку може призвести задана зміна ознаки причини?». Розроблено три методи непрямого визначення сили впливу: прямого оцінювання (чітке та нечітке); парного порівняння; завдання функціональної залежності.

Метод отримання прогнозу. При отриманні прогнозу розвитку ситуації вважається заданим: багато факторів $F = \{F_{ij}\}$; шкали факторів X_{ij} ; початковий стан ситуації $X(t) = (x_{1l}^0, \dots, x_{nm}^0)$; матриця суміжності $W = |w_{ij sl}|$, де індекси i, s - номер поняття, j, l - номер признаку поняття з номером i або s ; початковий вектор прирощень факторів $P(t) = (p_{1l}, \dots, p_{nm})$.

Необхідно знайти вектор прирощення ознак $P(t), \dots, P(t+n)$ та стану ситуації $X(t), \dots, X(t+n)$ у послідовні дискретні моменти часу $t, \dots, t+n$.

Для якісно заданих ситуацій (значення змінних та елементи матриці суміжності – це лінгвістичні значення), у деяких роботах розроблено алгоритми отримання прогнозів розвитку ситуацій, що ґрунтуються на

використанні операції *max-product* (множення та взяття максимуму). Ці алгоритми працюють для позитивно визначених матриць, у той час як у нашому випадку елементи матриці суміжності та векторів прирощень можуть набувати негативних і позитивних значень. Використовується правило перетворення матриці суміжності $W = \|w_{ij}^{sl}\|_{n \times n}$ з позитивними та негативними елементами до позитивно визначеної подвійної матриці $W^{\wedge} = \|w^{\wedge}_{ij}{}^{sl}\|_{2n \times 2n}$.

Вектор прирощень $P^{\wedge}(t+1) = (p_{1j}^{+}, p_{1j}^{-}, \dots, p_{nm}^{+}, p_{nm}^{-})$ для позитивно визначеної матриці W^{\wedge} визначається за допомогою наступного рівняння:

$$P^{\wedge}(t+1) = P^{\wedge}(t) \circ W^{\wedge},$$

де для обчислення елемента вектора $P^{\wedge}(t+1)$ використовується правило:

$$p^{\wedge}_{ij}(t+1) = \max_{sl} (p^{\wedge}_{sl}(t) w^{\wedge}_{ij}{}^{sl})$$

Елементи векторів прирощень значень ознак, отримані у послідовні моменти часу $P^{\wedge}(t+1), \dots, P^{\wedge}(t+n)$ після транспонування подаються у вигляді блокової матриці $P^t = \|P^{\wedge}(t+1)^T, \dots, P^{\wedge}(t+n)^T\|$. Матриця P^t називається матрицею прирощень і використовується під час роботи алгоритмів пояснення прогнозів розвитку ситуації.

Подання значення збільшення ознаки у вигляді пари – позитивного p_{ij}^{+} та негативного p_{ij}^{-} збільшення дозволяє моделювати когнітивний консонанс в уявленнях суб'єкта про значення ознаки. Термін «когнітивний консонанс» був запропонований психологом Л. Фестінгером для визначення невідповідності елементів знань один одному. Ступінь когнітивного консонансу $c_{ij}(t)$, де t – номер шагу (такту) моделювання визначається із співвідношення:

$$c_{ij}(t) = \frac{|p_{ij}^{+}(t) - p_{ij}^{-}(t)|}{p_{ij}^{+}(t) + p_{ij}^{-}(t)}, \quad 0 \leq c_{ij}(t) \leq 1. \quad (2.1)$$

Консонанс ознаки характеризує впевненість суб'єкта у збільшенні значення $p_{ij}(t)$ признаку f_{ij} . При $c_{ij}(t) \approx 1$, т.е. $p_{ij}^{+}(t) \gg p_{ij}^{-}(t)$ або $p_{ij}^{-}(t) \gg p_{ij}^{+}(t)$ впевненість суб'єкта у значенні ознаки $p_{ij}(t)$ максимальна, а при $c_{ij}(t) \approx 0$, тобто. $p_{ij}^{+}(t) \approx p_{ij}^{-}(t)$ мінімальна.

Для визначення стану ситуації у послідовні моменти часу $X(t), \dots, X(t+n)$ подвійний вектор прирощень значення ознаки перетворюється на вектор прирощень розмірності n з урахуванням когнітивного консонансу значення ознаки. У перетвореному векторі прирощень $P(t+1)$ елемент вектора $p_{ij}(t+1) \in P(t+1)$, представляється парою:

$$(p_{ijk}(t+1), c_{ij}(t+1)) \quad (2.2),$$

де $p_{ij}(t+1) = \text{sign}(p_{ij}^+(t+1) - p_{ij}^-(t+1)) \max(p_{ij}^+(t+1), p_{ij}^-(t+1))$ – значення прирощення ознаки, $c_{ij}(t+1)$ – консонанс значення ознаки.

Знак прирощення $p_{ij}(t+1)$ позитивний, якщо $p_{ij}^+(t+1) > p_{ij}^-(t+1)$ та негативний, якщо $p_{ij}^+(t+1) < p_{ij}^-(t+1)$. У цьому випадку стан ситуації в послідовні моменти часу визначатимемо парою:

$$(X(t+1), C(t+1)) \quad (2.3),$$

де $X(t+1) = X(t) + P(t+1)$ - вектор стану ситуації (елемент цього вектора $x_{ij}(t+1) = x_{ij}(t) + p_{ij}(t+1)$), когнітивний консонанс значення $c_{ij}(t+1) \in C(t+1)$.

Динаміка зміни стану ситуації є блоковою матрицею $X^t = [X(t+1)^T, \dots, X(t+n)^T]$, яка використовується у комп'ютерній системі для візуалізації результатів моделювання.

Метод вирішення зворотного завдання. Вирішення зворотного завдання дозволяє виробити рекомендації щодо вжиття заходів, що дозволяють перевести ситуацію з поточного стану в цільовий стан. При вирішенні зворотного завдання вважається заданою матриця транзитивного замикання \bar{W} подвоєної матриці суміжності $W = [w_{ij}^s]$ та цільовий вектор $G = (g_1, \dots, g_n)$ прирощень значень ознак ситуації.

Завдання полягає у знаходженні множини вхідних впливів $\Omega = \{U\}$, таких, що для усіх $U \in \Omega$ виконується рівність $U \circ \bar{W} = G$. Алгоритми, що дозволяють отримати множину рішень зворотного завдання $\Omega = \{U_{\max}, U_{\min}\}$,

де $U_{\min} = \{U_1, U_2, \dots, U_q\}$ -множина мінімальних рішень; U_{\max} -одне максимальне рішення.

Рішення U_{max} та U_{min} подаються у вигляді подвійних векторів, у яких елемент з індексом $2j$ характеризують позитивне p_{ij}^+ , а з індексом $2j-1$ - негативне p_{ij}^- значення прирощення ознаки f_{ij} . У цьому випадку керуючий вплив U , що подається на ознаку f_{ij} характеризується величиною прирощення p_{ij} и консонансом c_{ij} , т.е. $U=(p_{11}, c_{11}, \dots, p_{nm}, c_{nm})$. Величина прирощення p_{ij} визначається за допомогою співвідношення (2), а когнітивний консонанс c_{ij} за допомогою співвідношення (1).

Ситуація у функціональній системі поля знань визначається четвіркою:

$$(F, X, X(0), W) \quad (2.4),$$

де F – множина ознак ситуації, $X=\{X_{ij}\}$ – множина шкал ознак, $X(0)$ – стан ситуації у початковий момент часу, W – матриця суміжності.

Модель понятійної системи поля знань. Понятійна система призначена для подання структурно-функціональної декомпозиції ситуації $\langle D, \Theta \rangle$ а використовується для підтримки процесів інтерпретації прогнозів розвитку ситуації та рішень зворотної задачі.

У понятійній системі поля знань елементи ситуації видаються як конкретні поняття $d_i \in D$ та визначаються трійкою: $\langle d_i, F(d_i), V(d_i) \rangle$, де, d_i -ім'я поняття; $F(d_i)$ - зміст поняття – вектор значень ознак $F_i=\{f_{ij}\}$, $F(d_i)=(x_{11}, \dots, x_{nm})$; $V(d_i)$ – обсяг поняття – це елемент ситуації, описаний у моделі. Поняття d_i представляється як точка з координатами значень ознак понять (x_{11}, \dots, x_{nm}) у просторі, отриманому декартовим твором шкал усіх ознак цього поняття,

$$SS(d_i) = \times_j X_{ij}.$$

Простір $SS(d_i)$ у психології називають семантичним простором, та інтерпретують як модель семантичної пам'яті людини.

У пропонованій моделі понятійної системи кожне поняття $d_i \in D$ представляється у своєму семантичному просторі $SS(d_i)$, тобто визначено множину семантичних просторів $SS(D) = \{SS(d_1), \dots, SS(d_n)\}$ і співвідношення Θ («Частина-ціле») між ними. Ставлення Θ між семантичними просторами $SS(d_i)$

$\Theta SS(d_q)$, означає, що будь-які два поняття $d_i \in SS(d_i)$ и $d_q \in SS(d_q)$ пов'язані ставленням Θ , тобто. $d_i \Theta d_q$.

Формально всі точки семантичного простору з координатами, відмінними від координат поняття d_i , можуть бути новими поняттями, відмінними від поняття d_i . Тобто, при поданні елемента ситуації поняттям d_i у семантичному просторі $SS(d_i)$, у цьому ж семантичному просторі будуть представлені поняття, в які поняття d_i може бути перетворено шляхом зміни значень ознак. Однак не всі точки семантичного простору $SS(d_i)$ позначають існуючий насправді об'єкт, тобто мають інтерпретацію в предметній галузі.

Для полегшення пошуку точок семантичного простору, що мають інтерпретацію в предметній галузі, пропонується структурувати семантичний простір кожного поняття d_i у вигляді понятійного кластера D^i , який є частково впорядкованою множиною понять, пов'язаних ставленням «Клас-Підклас».

Поняття d_i^1 є узагальненим поняттям (класом) для поняття d_i^2 , якщо виконуються дві умови: 1) зміст $F(d_i^1)$ поняття d_i^1 є підмножиною змісту $F(d_i^2)$ поняття d_i^2 , т.е. $(F(d_i^1) \subset F(d_i^2))$; 2) об'єм $V(d_i^2)$ неузагальненого поняття d_i^2 є підмножиною об'єму $V(d_i^1)$ поняття d_i^1 , т.е. $(V(d_i^1) \supset V(d_i^2))$.

Для визначення у семантичному просторі $SS(d_i)$ поняттєвого кластера визначається базове поняття d_i^B , що визначає клас об'єктів, до якого належить елемент ситуації d_i . Для цього для кожної ознаки поняття d_i , маючого значення x_{ij} , експертним шляхом визначається інтервал значень $X_{ij}^B = [x_{ijb}, x_{ijc}]$, $x_{ij} \in X_{ij}^B$, $\forall j$, що визнає межі цього класу об'єктів.

Підпростір $T(d_i^B) = \prod_j X_{ij}^B$, семантичного простору $SS(d_i)$, називається областю толерантності базового поняття, а X_{ij}^B , – інтервалами толерантності ознаки f_{ij} . Базове поняття визначається трійкою $(d_i^B, F(d_i^B), V(d_i^B))$, де d_i^B - ім'я, $F(d_i^B)$ – зміст базового поняття – це вектор інтервалів толерантності ознак $(X_{11}^B, \dots, X_{nm}^B)$, $V(d_i^B)$ - обсяг базового поняття – це множина об'єктів, значення ознак яких належать до області толерантності базового поняття $T(d_i^B)$.

Узагальнення базового поняття може бути виконано шляхом видалення будь-якої ознаки або будь-якого поєднання ознак. Тобто, можливо $H=2^m-1$ узагальнень базового поняття, що містить m ознак. Узагальнені поняття характеризується трійкою: $(d_i^{Bh}, F(d_i^{Bh}), V(d_i^{Bh}))$: d_i^{Bh} де d_i^B - ім'я, $F(d_i^{Bh})$ - зміст та $V(d_i^{Bh})$ обсяг базового поняття, $h=1, \dots, H$.

Зміст $F(d_i^{Bh})$ поняття d_i^{Bh} , що узагальнює базове поняття за знакою l , та задовольняє умові вкладеності змісту, виходить шляхом заміни інтервалів значень ознак базового поняття X_{il}^B , на інтервал значень, що дорівнює області його визначення X_{il} , $X_{il}^B \in X_{il}$. У цьому випадку область толерантності узагальненого поняття $T(d_i^{Bh}) = \prod_{j \neq l}^{i,j} X_{ij}^B \times X_{il}$ включає сферу толерантності базового поняття $T(d_i^B) = \prod_{i,j} X_{ij}^B$, і цим виконується друга умова – умова вкладеності обсягів базового поняття в обсяг, узагальнюючий його поняття, тобто $T(d_i^B) \subset T(d_i^{Bh})$ и $V(d_i^B) \subset V(d_i^{Bh})$.

Зміст базового поняття та всіх можливих його узагальнень утворюють частково впорядковану множину $\{F(d_i^B), F(d_i^{B1}), \dots, F(d_i^{BH})\}$, яка називається понятійним кластером базового поняття та позначається D^i . Структуризація семантичного простору у вигляді понятійного кластера дозволяє виділити і структурувати в семантичному просторі легко піддається інтерпретації підпростору, що визначаються областями толерантності та іменами узагальнених понять.

У поняттєвому кластері визначено переходи від базового поняття d_i^B до узагальненого поняття d_i^{Bh} . Ці переходи означають збільшення спільності опису елементів ситуації у понятійної системі. Для характеристики таких переходів у понятійній системі запроваджується поняття стану понятійної системи складної ситуації, що характеризується трійкою: $\langle SD(t), SF(t), SV(t) \rangle$, где $SD(t) = (d_1^{Bh}, \dots, d_n^{Bh})$, - вектор імен понять, що описують ситуацію; $SF(t) = (F(d_1^{Bh}), \dots, F(d_n^{Bh}))$ – зміст стану понятійної системи, тобто вектор змісту

понять $d_i^{Bh} \in SD(t)$; $SV(t) = (V(d_1^{Bh}), \dots, V(d_n^{Bh}))$ – вектор обсягів понять $d_i^{Bh} \in SD(t)$, $\forall i$.

Визначається таке правило модифікації стану понятійної системи, що пов'язує зміни стану ситуації $X(t)$ в функціональній системі зі станом понятійної системи $\langle SD(t), SF(t), SV(t) \rangle$: якщо у процесі отримання прогнозів розвитку ситуації значення будь-якої ознаки будь-якого поняття вийшло межі області толерантності їх базового поняття, то утворюється нове поняття, узагальнююче вихідне базове поняття за ознакою, значення якого вийшло межі області толерантності.

Формально це правило представляється як відображення стану функціональної системи $X(t)$ у стан понятійної системи $\langle SD(t), SF(t), SV(t) \rangle$, $RM: X(t) \rightarrow \langle SD(t), SF(t), SV(t) \rangle$, де $RM = (RM_i)$ – правила модифікації базового поняття d_i^B в узагальнене поняття d_i^{Bh} , $\forall i$.

Запропоноване правило дозволяє суб'єкту шукати інтерпретацію задля конкретного поняття з певними значеннями ознак, а визначати ім'я узагальненого поняття, обсягу якого об'єкт, інтерпретує це конкретне поняття, належить. І тут значно простіше визначити ім'я узагальненого поняття, елементи його обсягу, і інтерпретувати конкретне поняття, використовуючи елементи обсягу узагальненого поняття.

З урахуванням правила модифікації понять RM модель уявлення знань як поля знань представляється трійкою:

$$(K_d, K_f, RM) \quad (2.5),$$

де K_d – понятійна система поля знань, $\langle SS(D), \Theta, D^i, (SD(t), SF(t), SV(t)) \rangle$; K_f – функціональна система поля знань, $(F, X, X(0), W)$; RM – вектор правил модифікації стану функціональної системи у стан понятійної системи.

Розробляється метод пошуку рішень у системах моделювання ситуацій та метод їх інтерпретації, заснований на запропонованій моделі представлення знань (K_d, K_f, RM) .

Формально задача пошуку рішення формулюється як задача розробки стратегії переведення ситуації з поточного стану на цільовий стан і зводиться до вирішення зворотної задачі. Для полегшення пошуку інтерпретацій рішень здійснюється їх структуризація у функціональній системі поля знань на реалізовані та нереалізовані, та у понятійній системі поля знань у вигляді графа пошуку рішень.

При вирішенні зворотної задачі вважаємо заданим: модель ситуації $\langle F, X, X(0), W \rangle$; поточний $X(0) = (x_{11}^0, x_{12}^0, \dots, x_{nm}^0)$, бажаний стан $X^G = (x_{11}^g, x_{12}^g, \dots, x_{nm}^g)$ ситуації; цільовий вектор прирощень $G = (p_{1j}, p_{2j}, \dots, p_{nm})$; множина куруючих ознак $R \subset F$, для кожного з яких визначено ресурси керування у вигляді вектора $P^R = (p_{11}^r, \dots, p_{nm}^r)$.

Задача є у знаходженні шляхом рішення зворотної задачі множини рішень $U = \{U_1, U_2, \dots, U_v\}$ для переведення ситуації з поточного стану до цільового стану.

Можливі випадки, коли рішення з множини рішень U не задовольняють обмежень P^R , тобто рішення не існує. І тут рішення може бути отримано, якщо змінити структуру моделі ситуації. Зміни структури когнітивної моделі ситуації задля досягнення мети називаються структурними рішеннями. В даний час пошук структурних рішень здійснюється евристичними методами морфологічного аналізу, мозкового штурму та ін. Із залученням експертів. У цій роботі розглядається метод пошуку структурних рішень, заснований на моделі уявлення знань у вигляді поля знань і полягає у пошуку об'єктів-стимулів, структурна організація яких є прототипом структурних рішень у аналізованій ситуації.

Метод пошуку структурних рішень включає низку пов'язаних етапів: генерація рішень; структуризація рішень у функціональній системі; структуризація рішень у понятійній системі; пошук об'єктів-стимулів для вироблення структурних рішень.

Генерація рішень полягає у рішенні зворотної задачі для заданої мети G управління. Результатом рішення зворотної задачі є множина рішень $\{U_1, \dots, U_v\}$, кожне з яких є вектором керуючих впливів – це вектор приращення значень ознак $(p_{11}, c_{11}, \dots, p_{nm}, c_{nm})$, які переводять ситуацію в цільовий стан X^G . Кожному рішенню $U_v \in U$, відповідає стан ситуації у функціональній системі поля знань $X_v = (x_{11}^0 + p_{11}, \dots, x_{nj}^0 + p_{nj})$.

Структуризація рішень у функціональній системі здійснюється за двома критеріями: 1) критерієм реалізації рішення; 2) критерієм конфліктності рішення.

Критерій реалізованості визначає рішення, умовою реалізації яких для суб'єкта є ресурси. Рішення $U_v = (p_{11}, c_{11}; \dots; p_{nm}, c_{nm})$ називається реалізованим, якщо $\forall p_{ij} \in U_v$ виконується умова: $p_{ij} \leq p_{ij}^r, p_{ijk}^r \in P^R = (p_{1j}^r, \dots, p_{nj}^r)$.

Застосування критерію реалізованості до багатьох рішень U дозволяє розділити його на підмножину реалізованих U^R та підмножину нереалізованих рішень U^N . Зазвичай нереалізовані рішення розглядаються як альтернативи рішень.

Тут нереалізовані рішення U^N використовуються для пошуку структурних рішень. *Критерій конфліктності* визначає певний пороговий рівень значення консонансу, нижче за який рішення вважається конфліктним. Виберемо у якості *критерія конфліктності* рівень консонанса $c_{ij} = 0,5$. Тоді, якщо в рішенні $U_v = (p_{11}, c_{11}; \dots; p_{nm}, c_{nm})$ існує хоча б одне значення $p_{ij} \in U_v$ с рівнем консонансу менше критерію конфліктності ($c_{ij} < 0,5$), тоді рішення U_v вважається конфліктним.

Структуризація рішень U у понятійній системі здійснюється відповідно до моделі подання знань (K_d, K_f, RM) . Оскільки рішенню $U_v \in U$ відповідає стан ситуації X_v та визначено правило його відображення у стан понятійної системи $RM: X_v \rightarrow (SD_v, SF_v, SV_v)$, то множині рішень U у функціональній системі відповідає множині рішень у понятійній системі $\Delta = \{U_{d1}, \dots, U_{dv}\}$, где $U_{dv} = (SD_v, SF_v, SV_v)$ - стан поняттєвої системи.

Стан ситуації U_{dv} , відповідний рішенням U_v , визначають точки в семантичному просторі, координати яких можуть потрапляти в галузі толерантності базових понять чи узагальнених понять. В ту саму область толерантності поняття можуть потрапляти кілька точок, що визначають різні рішення $U_v \in U$. Ці рішення $U_v \in U$ у понятійній системі об'єднуються у класи рішень U_d^e , які характеризуються трійкою $U_d^e = (SD^e, SF^e, SV^e)$. Потужність множини класів рішень $\{U_d^1, \dots, U_d^E\}$, E – число класів рішень у понятійній системі, буде менше потужності множини рішень U в функціональну систему поля знань. При цьому, змісту $\{SF^1, \dots, SF^E\}$ класів рішень утворюють частково впорядковану множину, яка може бути представлена у вигляді концептуального графа рішень (рис.2.1.).

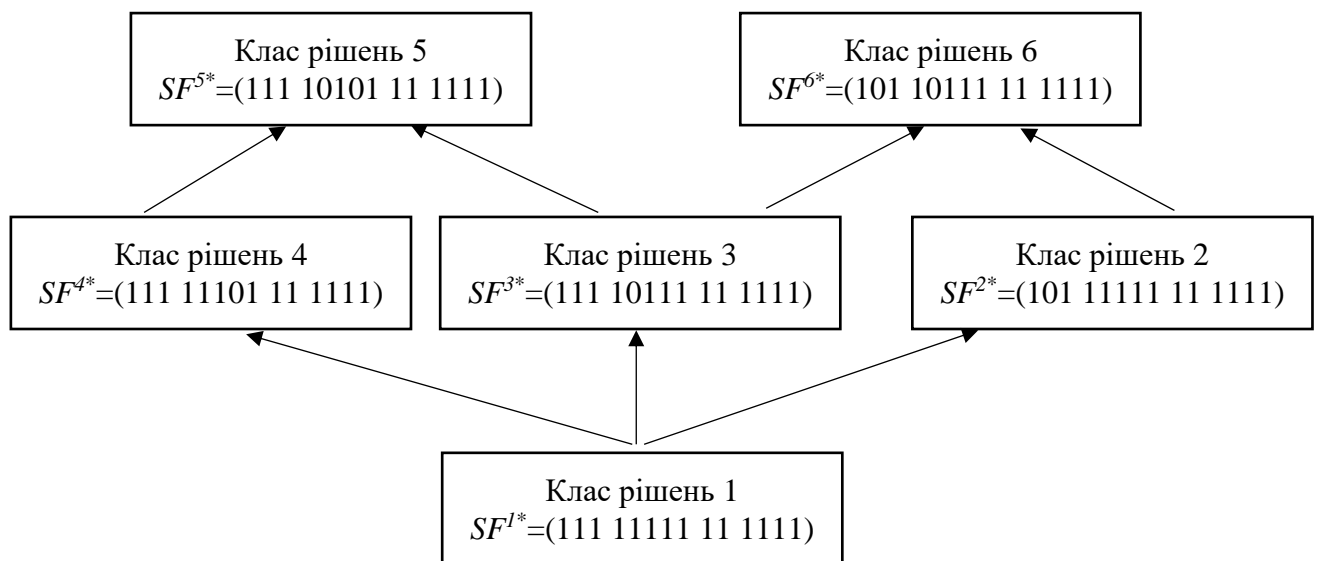


Рис 2.1. Концептуальний граф рішень[2.26]

У графі рішень різні класи рішень упорядковані за рівнем спільності. Коренева вершина графа (рівень 0) включає рішення $U_v \in U$, у яких жодна з ознак не вийшла за межі області толерантності базових понять. Рівень 1 містить класи рішень U_v , у яких межі області толерантності базового поняття вийшла лише одна ознака (різні ознаки щодо різних класів рішень). Рівень 2

містить класи рішень, що включають рішення U_v , у яких дві ознаки вийшли межі області толерантності, причому класи рішень другого рівня узагальнюють класи рішень першого рівня за однією ознакою, тощо.

Концептуальний граф рішень використовується для пошуку структурних рішень. Вважається, що базове поняття визначає клас об'єктів, які мають однакову структуру і поведінку.

У разі виходу значень ознаки (ознак) за межі області толерантності базового поняття визначається новий клас об'єктів, структурна організація та поведінка яких відмінна від структурної організації та поведінки об'єктів, включених в обсяг базового поняття.

При цьому новий клас об'єктів визначається ім'ям узагальненого поняття та інтервалами толерантності його ознак, що визначають діапазон значень ознак об'єктів, структурна організація яких могла б бути прототипом для структурних перетворень моделі ситуації. Особа, яка приймає рішення, використовуючи концептуальний граф рішень, шукає рішення, послідовно аналізуючи класи рішень, розташовані різних рівнях графа рішень, поступово збільшуючи спільність і, отже, обсяг, аналізованого і аналізованого класу рішень.

Розроблено програмну систему підтримки прийняття рішень, що реалізує основні методи та моделі, розглянуті раніше. Інтерфейси системи включають 24 вікна, які забезпечують роботу наступних підсистем (Рис.2.2.): подання вихідної інформації; отримання переваг експерта; обробки; подання результатів моделювання; підтримки аналітичної діяльності експерта.

Підсистема подання вихідної інформації забезпечує введення в систему ознак, які описують ситуацію; визначення шкал $Z_{ij}=\{z_{ijk}\}$ для кожної ознаки $f_{ij} \in F_i$ за допомогою спеціального інтерфейсу; побудова моделі ситуації у вигляді орієнтованого знакового графа (F, W) за допомогою спеціального графічного редактора.



Рис.2.2 Інтерфейс системи[2.30]

Підсистема отримання переваг експерта призначена для визначення сили впливу між ознаками. У цій підсистемі шкали ознак Z_{ij} , їх поточні значення z_{ijk} та знаковий граф ситуації (F, W) використовуються для автоматичної генерації питань експерту, з відповіді на які витягується інформація про силу впливу ознак ситуації. Генерація питань експерту визначення сили впливу між ознаками здійснюється у трьох режимах: прямого оцінювання, парного порівняння, завдання функціональної залежності.

У режимі прямого оцінювання сила впливу визначається як передавальний коефіцієнт, що обчислюється за заданим експертом збільшенням ознаки причини та ознаки слідства:

$$w_{ij\ st} = \frac{P_{ij}^p}{P_{st}^r}, \quad (2.6),$$

де p_{ij}^p - прирощення ознаки-причини, p_{sl}^r - прирощення ознаки-слідства. Тут і далі перший індекс i, s – номер поняття, другий індекс j, l – номер ознаки, відповідно, i - го или s - го поняття.

Режим парного порівняння використовується у випадках, коли суб'єкту простіше впорядкувати ознаки-причини f_{il} , f_{sd} за силою впливу на ознаку слідства f_{ij} . Упорядкування ознак-причин здійснюється за допомогою методу парного порівняння, сенс якого полягає в експертному визначенні: зміна якоїсь із двох ознак-причин, запропонованих для оцінки, сильніше впливає на зміну значення ознаки-наслідку. Експерт визначає свої переваги, використовуючи рангову шкалу, запропоновану Т. Сааті.

Система автоматично виявляє порушення транзитивності оцінок та дозволяє суб'єкту їх виправити.

Режим завдання функціональної залежності використовується, якщо значення ознак-причин та ознаки слідства – числові та відома функціональна залежність ознаки-наслідку від множини ознак-причин: $f_{ij} = \Psi(f_{il}, f_{sd}, \dots, f_{ze})$, початкові значення всіх аргументів $f_{il} = x_{il}^0$, $f_{sd} = x_{sd}^0, \dots, f_{ze} = x_{ze}^0$ та значення функції $f_{ij} = x_{ij}^0$. Т.е. $x_{ij}^0 = \Psi(x_{il}^0, x_{sd}^0, \dots, x_{ze}^0)$. Сила впливу факторів визначається як коефіцієнт чутливості щодо кожного з аргументів.

Підсистема обробки варта отримання прогнозів розвитку ситуації, описаної системи. Результати роботи блоку обробки представляються у вигляді двовимірних масивів: збільшення ознак ситуації P^t і зміни стану ситуації X^t . Інформація із цих масивів використовується підсистемами представлення результатів моделювання та підтримки аналітичної діяльності експерта.

Підсистема подання результатів моделювання забезпечує представлення значень ознак у таблицях природною та зрозумілою експерту мовою. Для представлення динаміки зміни значення ознаки f_{ij} на графіку відображається вектор рядка $(x_{ij}(t), x_{ij}(t+1), \dots, x_{ij}(t+n))$ матриці прогнозу X^t .

Підсистема підтримки аналітичної діяльності експерта включає такі підсистеми: - Пояснення прогнозу розвитку ситуації; рекомендує підсистема підтримки розробки стратегії досягнення мети; підтримка сценарного дослідження ситуації.

Підсистема пояснення прогнозу розвитку ситуації забезпечує автоматичну генерацію звіту, що включає опис послідовних кроків (причинно-наслідкових ланцюжків) отримання прогнозного значення будь-якої ознаки ситуації. Звіт включає позитивну та негативну причинно-наслідкові ланцюжки. Позитивний ланцюжок пояснює причину збільшення значення ознаки, а негативна причина його зменшення.

Підсистема, що радить, призначена для видачі рекомендацій і порад для вибору керуючих впливів при розробці стратегії досягнення мети G . Задача полягає в знаходженні множини впливів, що управляють U і вирішується методом рішення зворотної задачі.

При рішенні зворотної задачі багато рішень, включених у множину U можуть бути нецікаві особі, яка приймає рішення, тобто безперспективні з погляду знаходження об'єктів стимулів. Тому в системі запропоновано алгоритм, у якому рішення U_v формується експертом в діалоговому режимі з підсистемою, що радить.

Експерту дається можливість на основі власних переваг вибрати керуючі ознаки з множини ознак, отриманих при вирішенні зворотного завдання, і включити їх у рішення U_v . Таким чином, у системі моделювання пошук рішення U_v представляється як ітераційний процес, що полягає у послідовному визначенні елементів вектора рішення U_v . Такий інтерактивний режим пошуку рішень дозволяє суб'єкту сформулювати множину рішень.

У підсистемі підтримки сценарного дослідження ситуації сценарієм називається пара (U_v, X_v^t) , де U_v - рішення, X_v^t - матриця зміни стану ситуації, що породжується рішенням U_v . Підсистема підтримки сценарного дослідження забезпечує можливість порівняльного аналізу двох будь-яких сценаріїв розвитку ситуації, представлених у табличній чи графічній формі.

2.3. Концептуальна модель когнітивного управління проєктами та програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності

Концептуальне проєктування (розробка концепції проєкту) – це ідентифікація та визначення цілей та завдань проєкту та розробка відповідних документів для задоволення замовника проєкту. Концептуальне проєктування програм підготовки фахівців включає короткий опис проєкту, що подає найбільш раціональний рівень наближення до досягнення цілей проєкту, а також визначення всього необхідного для вирішення поставлених завдань.

Підсумки концептуального проєктування:

- Результати концептуального аналізу
 - причини проблем;
 - очікувані результати;
 - попередній підрахунок вартості на рівні короткого опису проєкту;
 - аналіз вартості;
 - розглянуті обмеження;
 - розглянуті альтернативні рішення.
- Висновки
 - проблеми та їх вирішення на рівні короткого опису проєкту;
 - рекомендації, чи варто продовжувати розвиток проєкту, судячи за попередніми фазами проєкту, та відповідні рішення;
 - цілі проєкта;
- Загальна Структура Робот Проєкта (СРП або WBS-структура)
- Збільшений календарний план головного проєкта

Ця документація розглядається як керівництво для розвитку основних напрямів та початку проєкту підготовки фахівців.

Розробка документів та схвалення вимог/параметрів проєкту необхідні перед початком роботи за наступними фазами проєкту. Ця інформація є основою для прийняття майбутніх рішень, встановлення одиниць вимірювання оцінки змін проєкту.

Визначення проєкту підготовки фахівців в умовах невизначеності - один із найбільш важливих процесів управління проєктами, які гарантують, що проєкт структурований і підрозділений на керовані сегменти, що відповідальність за завершення кожного з них розподілена та зафіксована, і кожен сегмент адекватно визначений, що забезпечить взаємозв'язок та виконання робіт учасниками проєкту робочої області.

Використання WBS-структури гарантує, що, усі роботи ідентифіковані та визначені у межах загальної структури. Це доводить важливість поділу проєкту на керовані сегменти та опис обсягу робіт у рамках кожного сегмента (підпроєкту). Повинна бути повсюдною практика розробки документації та прийняття основних проєктних рішень на початок наступних фаз проєкту. Область основних напрямів – база для прийняття рішень, перевірки вимірювань та оцінки потенційних змін проєкту.

Повноваження (відповідальність)

Баланс повноважень/відповідальності - одна із заporук успіху проєкту. Він включає перевірку визначень проєкту, документів планування та, далі, контрактних документів у світлі цілей проєкту, щоб упевнитися у їхній взаємній узгодженості до отримання дозволу на проведення робіт.

Офіційні повноваження на початок роботи видаються на основі указів та/або інших документів та передаються відповідальною за виконання організацією. Необхідно організувати перевірку всіх повноважень для всіх відповідних робіт протягом часу від початку і до завершення проєкту підготовки фахівців. Підтверджені документально повноваження підтримують засоби для ефективної «внутрішньої» координації, комунікації та отримання необхідних дозволів.

Звіти

Процес складання звітів у галузі розробки проєкту підготовки фахівців включає тимчасові визначення, запис та накопичення даних про стан та розвиток проєкту та перетворення їх на структуровану інформацію, необхідну для аналізу виконання проєкту. Розвиток, інтеграція, підсумовування та

відображення цих даних можна відображати у різних форматах. Дані повинні бути інформаційно структуровані для відображення різних рівнів повноважень і для того, щоб можна було проаналізувати досягнення цілей проєкту. У проєкті слід заздалегідь визначити необхідні звіти, частоту їх подання та зміст.

Системи моніторингу проєкту підготовки фахівців в умовах невизначеності

За своєю природою проєкт динамічний, тому його розвиток часто відбувається у невідповідності з планом. Системи моніторингу забезпечують відстеження всіх змін у проєкті. Таким чином, цільовий план захищається від старіння. До прийняття будь-яких змін, уповноваженим в роботі необхідно їх виділити, визначити та скоординувати з рештою робіт. Схвалити зміни може лише відповідальний(і), що має(ють) відповідні повноваження (порівняні з правом змінювати основні напрямки). Відповідальний за виконання робіт може розпочати зміни лише після отримання дозволу.

Завершення проєкту підготовки фахівців в умовах невизначеності

Цей процес включає використання відомостей про подібні завершені проєкти та архівацію документів поточного проєкту для майбутнього використання. Перегляд та використання документів та уроків завершених проєктів може допомогти в управлінні можливостями поточного проєкту. Таку інформацію та дані можна використовувати для передбачення можливих тенденцій розвитку проєкту, аналізу його можливостей, можливих проблемних галузей.

На стадії завершення проєкту всі учасники проєкту повинні бути залучені до аналізу для оцінки проєкту та документування результатів.

Аналіз включає:

- відхилення у вартості, розкладі та технічному виконанні від цільового плану;
- оцінку змін проєкту та їх вплив на вартість та розклад;
- оцінку ефективності, своєчасності та гладкості виконання цих змін

та їх вплив на розвиток проєкту;

- усі спеціальні фактори, що стосуються якості роботи;
- оцінку всіх особливих обставин, як: унікальні обставини, які вплинули на проєкт та були вилучені з досвіду;
- ефективність процедур та методів;
- висновки щодо завершеного проєкту;
- рекомендації щодо поточного чи майбутніх проєктів.

Перший крок ефективного управління змістом проєкту підготовки фахівців в умовах невизначеності – виявлення, визначення, документування цілей проєкту та вибір найкращого шляху досягнення цих цілей. Далі робота проєкту перетворюється на загальновідому модель - WBS-структуру.

Потім визначення документів планування проєкту знову розглядаються для отримання офіційного дозволу на проведення робіт. Керуючись повноваженнями робіт, основні напрями змін у проєкті контролюються відповідно до структури проєкту системою контролю. Перед проведенням змін необхідно отримати дозвіл, що забезпечує контроль за змінами.

Як тільки проєкт розпочато, інформація про розвиток та статус проєкту записується, накопичується та перетворюється до структурного вигляду, необхідного для аналізу виконання проєкту. Аналіз цих даних дозволяє визначити поточний стан проєкту, проблемні галузі, тенденції, що розвиваються, і передбачити майбутній стан проєкту.

Процес підготовки фахівців - це покроковий процес перетікання з одного стану в інший, при якому трансформується структура, і основною концепцією управління є технологія «від ситуації до ситуації».

Креативні технології управління програмами та проєктами підготовки фахівців в умовах невизначеності

Необхідність застосування такої концепції визначається рядом таких факторів:

- високим ступенем складності альтернативного вибору та невизначеністю у стратегічних рішеннях розвитку організацій;

- унікальністю стану та можливостей кожного підрозділу у момент ініціалізації проєкту;
- високою невизначеністю досягнення запланованих результатів у процесі реалізації програм підготовки фахівців.

Аналіз показує, що проблеми підготовки фахівців пов'язані з тим, що ці організації управляються не так на основі програм як із використанням проєктного підходу до управління. Організації швидше розвиваються тоді, коли вони організовані за проєктним принципом із використанням підходів управління проєктами та програмами. Істотне підвищення ефективності підготовки фахівців має місце під час переходу до професійного управління програмами. Основною і украй важливою задачею в управлінні проєктами та програмами підготовки фахівців є управління інтеграцією організації з її оточенням. Ефективна модель когнітивної технології управління проєктами/програмами підготовки фахівців здатна допомогти краще задовольнити запити споживачів проєктів.

У запропонованій концептуальній моделі існує єдиний процес розвитку, в рамках якого визначено основні цільові напрямки та установи по структурі нової системи, функцій її елементів та витрат часу та коштів, інших ресурсів та основних економічних характеристик програми підготовки фахівців. Даний опис відповідає процесу розвитку верхнього рівня, який, у свою чергу, розпадається на процеси розвитку кожного кроку, де фіксується вхід, очікуваний вихід для даного процесу, який під час моніторингу кроку безперервно уточнюється, і в кінці чергової фази фіксується черговий крок процесу підготовки.

Концептуальна модель базується на генетичній моделі проєктів та на моделі когнітивної технології управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності.

Під моделлю когнітивної технології управління програмами, побудованої на основі генетичних моделей, розумітимемо М узагальнену модель формування та реалізація проєктів підготовки фахівців в галузі

діяльності А. Область діяльності А може включати множину напрямів, що здійснюються організацією. Зазначимо, що модель когнітивної технології управління програмами підготовки фахівців, побудована з урахуванням генетичних моделей і представляється як набір моделей, призначених до реалізації програм[2.60].

Таким чином, модель когнітивної технології формується на основі наступного виразу:

$$M = \langle G_{N(A)}, F_{NAV} (M_K, M_L, M_{BI}, M_C, M_R, M_G, M_O) \rangle, \quad (2.7)$$

де:

$G_{N(A)} = \langle V(A), R(A), LC(A), N(A) \rangle$ – генетична платформа проєктів програми підготовки фахівців;

$V(A)$ – словник базових термінів галузі діяльності А;

$R(A)$ – правила (регламенти) діяльності у сфері А;

$LC(A)$ – модель життєвого циклу організації в галузі діяльності А, що забезпечує навігацію проєктів і програм;

$N(A)$ – навігатор проєктів/програм підготовки фахівців в галузі діяльності А;

$F_{NAV} (M_K, M_L, M_{BI}, M_C, M_R, M_G, M_O)$ – функція, що відображає генетичний алгоритм навігації програм;

M_K – 4К-модель (комунікація, креативність, критичне мислення та командна робота), дозволяє сфокусуватися та визначити серед безлічі важливих і потрібних елементів найбільш важливі і найпотрібніші, призначені для рішення проблем, пов'язаних з довірою та вразливістю команди проєктів, на етапі реалізації програм підготовки фахівців;

M_L – модель управління знаннями, яка передбачає створення системи управління знаннями і має органічно поєднувати управлінську та інформаційно-технічну складові;

M_{BI} – біадаптивна модель, призначена для забезпечення проактивного управління та координації систем управління, взаємоадаптації – адаптації проєктної системи управління під зміни операційної системи управління та

адаптації операційної системи управління під зміни, що виникають в проєктній системі управління проєктами підготовки фахівців;

M_C – модель управління змінами визначається як механізм, який має на меті мінімізувати будь-які негативні наслідки, які спричиняють зміни, і водночас отримати вигоду від трансформації;

M_R – модель прийняття рішень, яка забезпечує координувальний (регулювальний) вплив на всю систему управління, під час виконання нею завдань і досягнення цілей;

M_G – теоретико-ігровий метод аналізу когнітивного управління підготовки фахівців, призначений для виявлення логіки у послідовності минулих подій для подальшої розробки на цій підставі прогнозів з вибором найімовірнішого з них для досягнення певної мети та прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності або ризику;

M_O – метод оптимізації когнітивного управління підготовки фахівців, призначений для забезпечення можливості вдосконалення канонічних прийомів розв'язку оптимізаційних задач та, відповідно, спрощення комп'ютерного розрахунку з використанням бібліотек стандартних підпрограм відомих математичних пакетів.

З формалізованої моделі когнітивної технології M розробляються інструменти управління програмами підготовки фахівців. У процесі формування моделі когнітивної технології управління програмами підготовки фахівців, побудованої на основі генетичних моделей, розробляються структури, що визначають основу концептуальної моделі проєктів і програм підготовки. Такими структурами є:

S_w – типові структури робіт проєктів даної предметної галузі (WBS);

S_p – типові структури продуктів проєктів;

S_r – типові структури ресурсів, використовуваних в проєктах;

S_c – типові структури затрат по проєктам;

S_o – типові організаційні структури, що здійснюють реформування та реструктуризацію.

Тоді структурна складова моделі когнітивної технології є наступною п'ятіркою:

$$S_r = \langle S_w, S_p, S_r, S_c, S_o \rangle, \quad (2.8)$$

Конфігурація моделі когнітивної технології управління програмами представляється так:

$$K_m = \langle L, P_h, F_c, W_a, E_c, D, P_d, P_c, R_l, P_r \rangle, \quad (2.9)$$

Конфігурація моделі включає такі складові:

L, P_h – життєвий цикл та фази проєктів;

F_c – фактори реалізації та контролю;

W_a – атрибути робіт для проєктів даної предметної галузі та оточення;

E_c – система кодів елементів проєктів та їх оточення;

D – системи документів, що беруть участь у процесі реформування та реструктуризації підприємств;

P_d – продукти проєктів;

P_c – процеси;

R_l – ролі учасників проєктів;

P_r – ресурсний пул.

Таким чином, сформована на основі виразу 2.7 модель когнітивної технології управління програмами підготовки фахівців, побудована на основі генетичних моделей проєктів, представляється так:

$$M = \langle G_{N(A)}, K_m, S_r \rangle \quad (2.10)$$

Практика показує, що найбільш ефективним інструментом в програмах когнітивного розвитку організацій є бенчмаркінг – як інструмент швидкого перенесення найкращих досвідів та світових рішень щодо продуктів та процесів у ході реалізації програм та проєктів. Тому в цій роботі бенчмаркінг сприймається як стратегічний компонент програм розвитку організацій. У цьому випадку модель конфігурації методології набуває наступного вигляду:

$$K_m = \langle L, P_h, F_c, W_a, E_c, D, In_{(P_d)}, In_{(P_c)}, R_l, P_r \rangle, \quad (2.11)$$

де $In_{(P_d)}, In_{(P_c)}$ – проєкти удосконалення продуктів та процесів. Системи

управління якістю є другим стратегічним компонентом програм розвитку, який забезпечує конкурентоспроможність та стійкість роботи організацій на ринку. Створення та розвиток систем управління якістю ініціює інші стратегічні інструменти програм розвитку організацій.

$$K_M = \langle L, P_h, F_c, W_a, E_c, D, Q_{(Pd)}, Q_{(Pc)}, R_l, P_r \rangle, \quad (2.12)$$

де $Q_{(Pd)}$, $Q_{(Pc)}$ – проекти формування та поліпшення якості продуктів та процесів підготовки.

Слід зазначити, що заміна конфігурації на 2.11, 2.12 у межах 2.10 інваріантна, що підкреслює універсальність запропонованої автором концептуальної моделі управління програмами та проектами підготовки фахівців в умовах невизначеності, побудованої на основі генетичних моделей.

Методологія формує модель програм підготовки M_d , яка є носієм алгебри O_p :

$$O_p = \langle M_d, \Omega \rangle \quad (2.13),$$

де Ω – є сигнатурою алгебри моделей проектів програм. Сигнатура алгебри проектів програм включає такі традиційні операції: додавання «+», віднімання «-», розчинення «^», об'єднання «U» та перетину «∩» проектів або їх частин. Крім цього, вводяться операції формування макета проекту ξ , структури σ , фільтра та документів ϕ . У межах багаторівневої моделі стратегічного розвитку організацій використовується низка гармонізованих підходів. Системний підхід дозволяє розглянути проект як множину взаємопов'язаних елементів - систему, що живе в оточенні, що динамічно змінюється. Оточення змінюється як під впливом проекту, так і незалежно від нього. На цьому рівні абстракції важливими є питання народження проекту та його взаємодії з довкіллям.

Запропонована концептуальна модель дозволяє будувати різноманітні формальні та неформальні методології управління програмами та проектами підготовки фахівців. При цьому слід враховувати як вплив знань та

регламентів сфери діяльності, в рамках якої здійснюються проєкти програм, так і вплив прийнятої в організації культури адміністративного менеджменту. І тут основне навантаження по інтеграції доручається системний підхід та інструменти організації взаємодії трьох складових – предметної, адміністративної і проєктної.

Пропонована модель має такі властивості:

- повнота представлення робочих моделей проєктів програм підготовки фахівців;
- гнучкість у формуванні моделей при їх прив'язці до сфери діяльності організації;
- реалізованість у межах існуючих організаційних структур.

Кожна організація, незалежно від рівня розвиненості, має певні проблеми. Тому що організації «живуть» у динамічному мінливому оточенні, що є джерелом проблем (ризиків) та викликів (сприятливих можливостей). Усі організації, як деяка система, проходять у своєму розвитку певних етапів: від етапу «аналізу проблеми» до етапу «отримання продукту». Залежно від сфери діяльності реалізуються різні програми підготовки фахівців. Звісно, універсального підходу до вирішення проблем розвитку організації немає. Керівники на основі свого досвіду, знань та мистецтва управління інтуїтивно заморожують ці проблеми.

Пропонується модель когнітивної технології управління програмами підготовки фахівців з урахуванням генетичних кодів проєктів (рис.2.3). Суть когнітивної технології полягає в тому, що на підставі знань, отриманих від генетичної моделі, формується програма підготовки фахівців в умовах невизначеності (подвійна спіраль), яка містить інформацію про структури та зміст проєктів (хромосоми). Все це складає генетичну платформу проєктів підготовки фахівців. Генетичний код програми складається з генів, що несуть інформацію про структури та зміст проєктів. На підставі генетичного коду формується генетичний алгоритм, що забезпечує навігацію проєктів програми та її розвитку.

Алгоритм навігації знаходиться в «енергетичному центрі», який виконує функції «диригента» щодо впровадження відповідної моделі у етапи життєвого циклу програми підготовки фахівців. Кожна організація проходить наступні етапи у своєму розвитку:

- визначення проблеми;
- визначення дерева цілей;
- розробка альтернативних шляхів досягнення цілей;
- визначення проєктів для досягнення цілей;
- розробка концепції програми розвитку;
- планування програми розвитку;
- вибір моделі розвитку;
- визначення цінності програми;
- визначення структур програми;
- ініціалізація проєктів програми;
- планування проєктів програми;
- завершення проєктів програми;
- реалізація проєктів програми;
- використання результатів.

Запропонований метод дозволяє керівнику на кожному з цих етапів вирішувати проблему та оцінювати можливі варіанти із застосуванням експертних систем. На кожному з цих етапів керівник, застосовуючи відповідну модель, що сприяє переходу на наступний етап розвитку.

На кожному з цих етапів виконуються певні проєкти задля досягнення спільної мети програми підготовки фахівців. Успіх програми залежить від правильного формування та планування виконання проєктів на кожному з цих етапів.

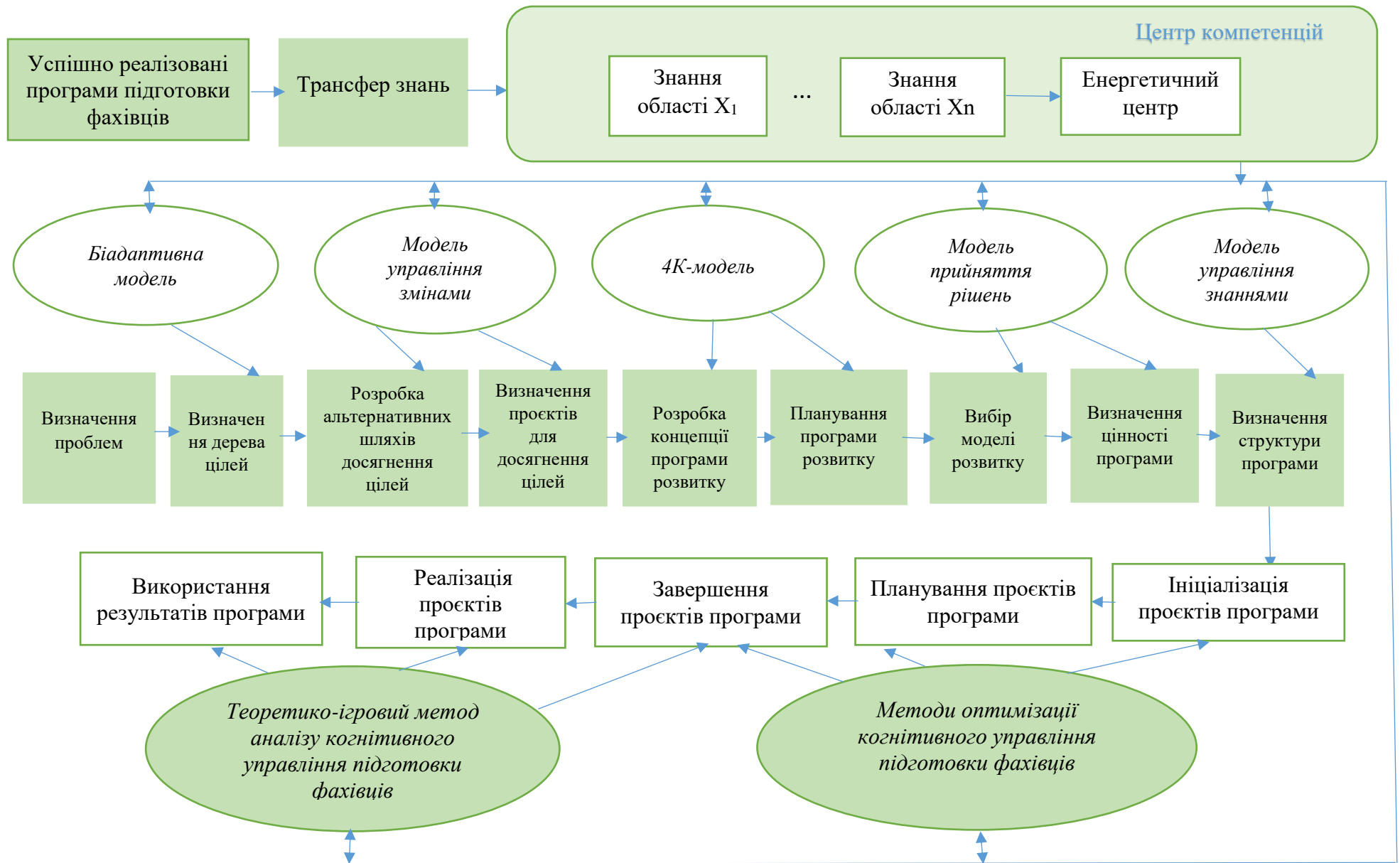


Рис. 2.3. Концептуальна модель когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності

Модель когнітивної технології базується на генетичній платформі проєктів підготовки фахівців. Генетична платформа знаходиться в «центрі компетенції» і є «енергетичним центром», містить генетичні алгоритми навігації програми підготовки. Генетична платформа містить базові терміни, регламенти правила визначення цінності та структури програм підготовки, що забезпечують навігацію проєктів програми та її розвитку.

2.4. Принципи когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності

Функціонуванню програми підготовки фахівців в соціальній системі притаманні свої особливі ризики, пов'язані з високою динамічністю та активністю, множинністю освітніх зв'язків і взаємовідносин, що виникають. З погляду попередження ризиків, особливий інтерес представляє контекст досягнення якості підготовки фахівців, при тому, що з позицій управління якістю аналіз, облік та попередження ризиків є стандартизованими вимогами.

При цьому слід враховувати, що до визначення якості підготовки фахівців необхідний багатосторонній підхід, в якому торкаються як зовнішні, так і внутрішні цілі, що стоять перед освітньою організацією та освітою загалом. Таким чином, принципи управління ризиками визначено як необхідний структурний елемент сучасного управління програмами підготовки фахівців, що має свою стратегію, тактику, оперативну реалізацію. Досягнення ефективності функціонування підготовки фахівців (якість підготовки) може бути здійснено тільки в рамках системного підходу, який у ризик-менеджменті є найпоширенішим. Згідно з дослідженням Європейської Комісії TEMPUS в галузі управління вищою освітою в країнах-учасниках проєкту головними труднощами у задачах підвищення ефективності менеджменту є «нерозвиненість структур управління», під якою розуміється «склад, спосіб діяльності, культура, розуміння ролі та повноважень органів управління», причому, у межах цього документа дається універсальне, з погляду, поділ понять «менеджмент» і «управління»; їх взаємозв'язок та межі.

Управління програмами підготовки фахівців представляє собою певну рамкову структуру, у межах якої освітні організації «послідовно та злагоджено досягають своїх цілей, вирішують завдання та реалізують політику в галузі освіти», визначаючи зони відповідальності та нормативну базу освітньої діяльності, здійснюючи прийняття стратегічних рішень; освітній менеджмент, у свою чергу, пов'язаний з контролем дотримання правил та регламентів, ефективністю та якістю освітніх послуг, що надаються освітньою організацією, реалізуючи оперативне управління освітніми процесами.

У рамках наукових досліджень у галузі когнітивного моделювання, у тому числі, розглядаються принципи і потенціал когнітивного менеджменту[2.57] стосовно освітніх організацій вищої освіти. Особливо важливим є сама багатозначність принципів «когнітивності» в управлінні освітою: знання про способи та закономірності функціонування самої системи, її елементів (освітніх організацій) – описи; «знання» самої освітньої організації вищої освіти, зумовлені її традиціями, місцем та роллю у системі освіти країни, регіону, міста; «знання» як освітній ресурс організації, що включають предметні, соціальні, педагогічні напрями та інше». Принципи когнітивності у контексті менеджменту означає використання когнітивного капіталу системи освіти та організацій підготовки фахівців, що полягає у «результатах впливу людського капіталу на накопичений інтелектуальний капітал та технології», тобто використання знань, закономірностей, традицій освітньої діяльності для зниження невизначеності управління. У контексті когнітивної парадигми управління підготовкою фахівців аналіз ризиків здатний забезпечити прогностичне управління, засноване на виявленні причин відхилень запланованих результатів освітньої діяльності та використання цих знань при плануванні та координації управлінських стратегій. Тобто, виникає потреба у проведенні як ідентифікації ризиків, а й у систематизації, аналізі, кореляції між собою; у визначенні ступеня впливу на реалізацію місії, бачення, стратегічних та оперативних цілей освітньої організації.

Отже, принципи когнітивного уявлення про ризики в програмах підготовки фахівців, необхідність їх виявлення та визначення способів та механізмів їх стагнації дозволяє розглянути ризик, як:

- подію, допустимість якої прогнозується;
- фактор, який, можливо, впливає на стан процесів;
- умову, що визначає ймовірність нової події;
- підсумковий продукт діяльності чи процесу.

Освітні організації у своїй практиці стикаються з різними видами ризиків, класифікованих (рис.2.4.), помітних характером і належністю виникнення, які мають зв'язок між собою і надають прямий чи опосередкований вплив на підготовку фахівців.

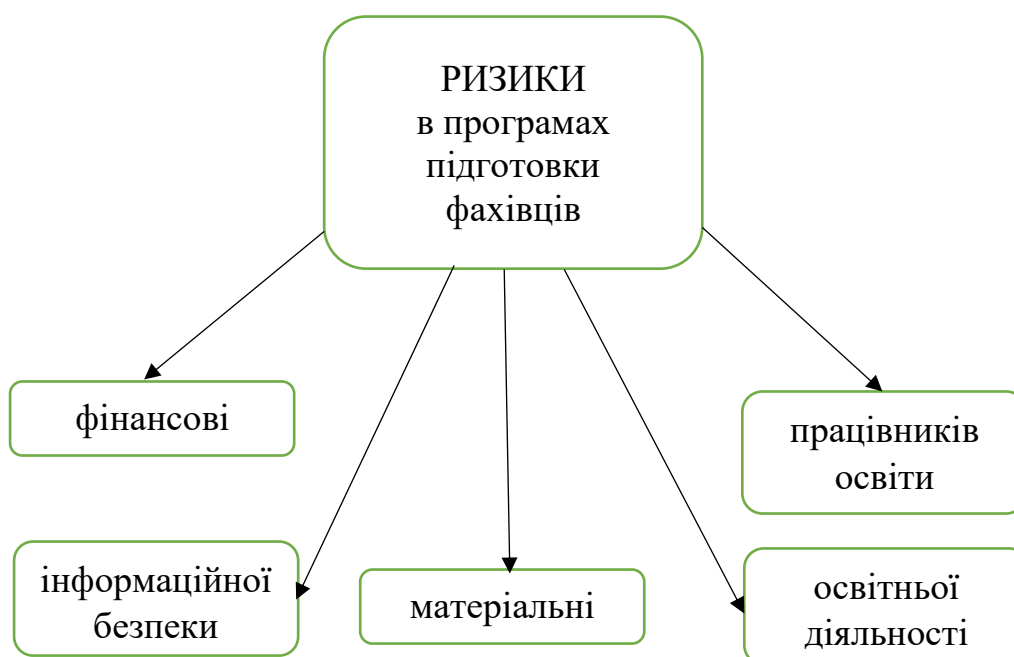


Рис.2.4. Ризики в програмах підготовки фахівців[2.13]

Оскільки освітні організації являють собою відкриту соціальну та рухливу систему, то для її розвитку необхідно будувати прогнози наближення ризикової події та вдаватися до заходів щодо зниження ступеня ризику, тобто забезпечити виявлення позитивних та негативних наслідків настання ризикових подій. У освітніх організаціях підготовки фахівців принцип

управління ризиками вписується у загальну систему управління якістю, будучи ядром під час прийняття стратегічних тактичних управлінських рішень у рамках когнітивного менеджменту, дозволяючи визначити ландшафт інших керованих процесів. Принципи управління ризиками в програмах підготовки фахівців реалізуються через серію процесів (рис.2.5).

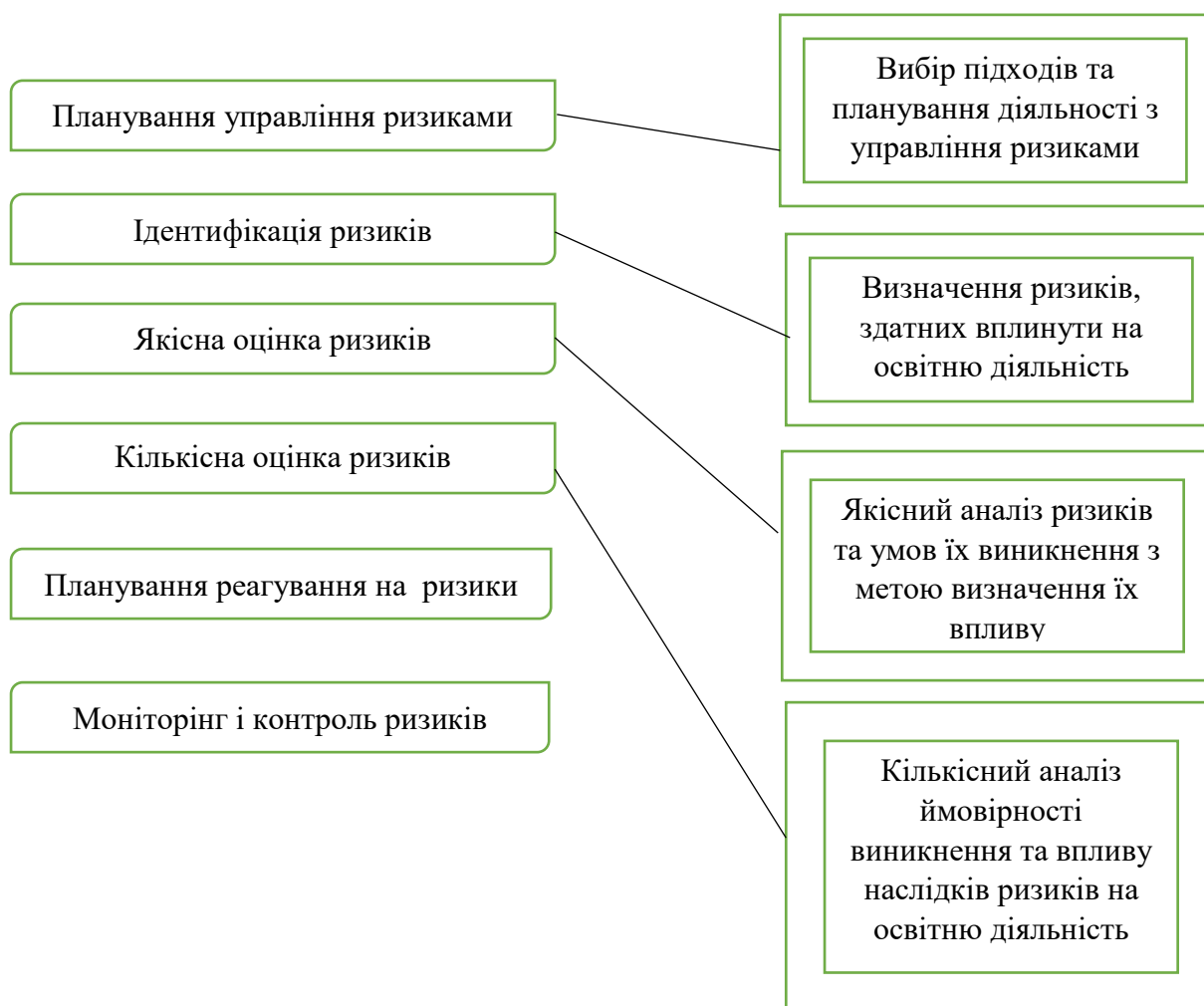


Рис.2.5. Принципи управління ризиками в програмах підготовки фахівців в умовах невизначеності[2.16]

Визначення ризикоутворюючих факторів задає вектор управління ризиками та визначає їх потенціал у рамках когнітивного менеджменту. Це

пов'язано з тим, що ризикоутворюючі фактори, що несприятливо впливають на принципи когнітивного управління, можуть трансформуватися і в позитивний вплив на результат. Тобто, незважаючи на схожу в ряді випадків природу розвитку фактора ризику, управління ним має бути відмінним залежно від поточного впливу або на принципи, або на результати. Опора на системний підхід дозволяє розділити всі ризикоутворюючі чинники на великі групи - чинники суб'єктивного і об'єктивного порядку. Таке ранжування орієнтоване на виявлення та диференційовану оцінку ризиків та загроз стану та перспектив реалізації освітньої діяльності в поточних фіксованих умовах. Повертаючись до проблеми ідентифікації ризикоутворюючих факторів, що мають перманентний характер, слід зазначити поступальне усунення її акцентів у бік актуалізації явищ та принципів (рис.2.6.).

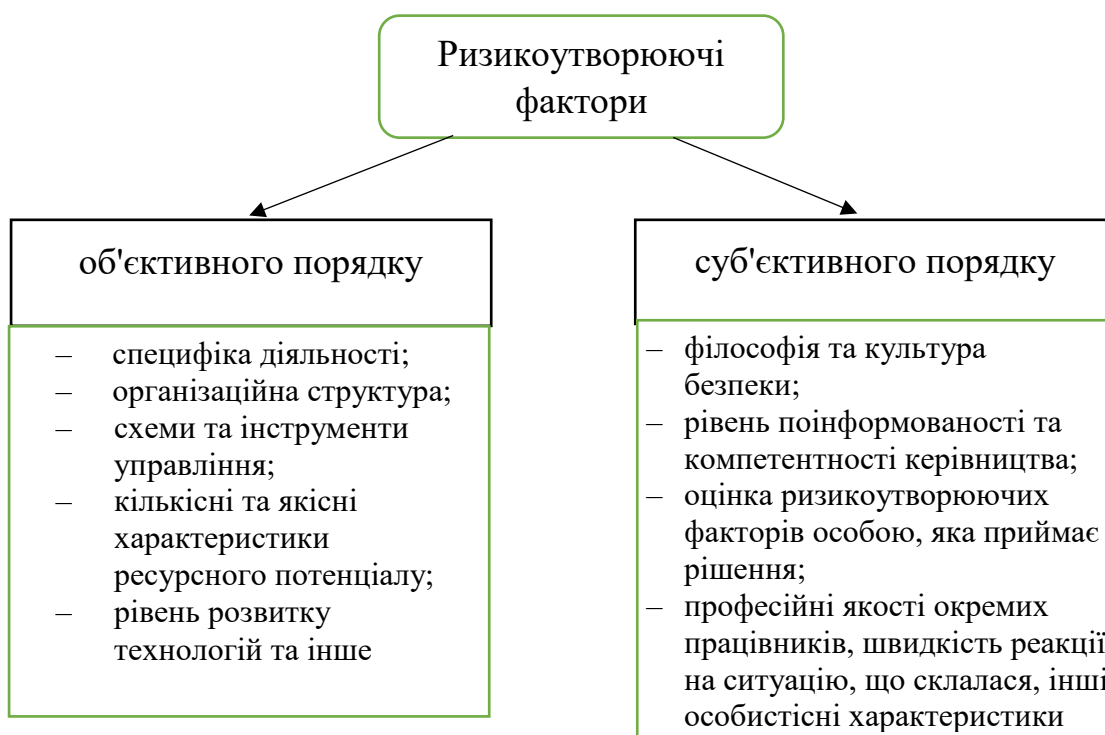


Рис.2.6. Класифікація ризикоутворюючих факторів внутрішнього порядку

Оскільки кількість ризикоутворювальних факторів[2.31], що впливають на один ризик у рамках освітньої діяльності, може обчислюватися десятками і сотнями, класифікація факторів ризиків незрівнянно складніша за

класифікацію ризиків, див. на певний вид ризику (табл. 2.1.). Здебільшого, під час аналізу ризикоутворюючих чинників рекомендується виявляти їх у групах залежно від впливу на конкретний вид ризику.

Табл. 2.1. Класифікація факторів ризиків програм підготовки фахівців

Класифікаційна ознака	Чинники непрямого впливу	Чинить опосередкований вплив
	Види	Характеристика
1. За середовищем впливу	внутрішні	Усі дії, процеси та предмети, причиною яких є діяльність освітньої організації
	зовнішні (політичні, соціально-економічні, екологічні, науково-технічні)	Усі дії та процеси, що не залежать від освітньої організації
2. За ступенем впливу установи на вплив цих факторів	об'єктивні	Причини, на які освітня організація не може впливати
	суб'єктивні	Чинники, що регулює освітня організація
3. За кількістю ризиків, що підпадають під вплив	нейтивні	Ризикоутворюючі фактори, що впливають лише на конкретний вид ризику
	інтегральні	Чинники, що впливають відразу на кілька видів ризику
4. У напрямку впливу на ризик	фактори прямого впливу	Чинники, які безпосередньо впливають на конкретні види ризиків

Більшість факторів ризиків програм підготовки фахівців є так званими інтегральними (узагальненими) факторами ризику і одночасно впливають на ризики декількох видів. Достатньо одного інтегрального фактора для обов'язкового комплексного аналізу всіх пов'язаних із ним видів ризиків. На певні види ризиків програм підготовки фахівців може впливати велика кількість ризикоутворюючих факторів, одним з яких є нейтивні (унікальні) фактори цього ризику, інші – інтегральні, що впливають одночасно та інші ризики.

Вважаємо за доцільне впроваджувати етапи ризик-менеджменту для адекватної оцінки ризиків програм підготовки фахівців при реалізації завдань принципів когнітивного менеджменту. Згідно з представленою

схемою, див. рис. 2.7 задаються етапи оцінки ризику в освіті (1 – 5), результатом яких будуть визначення кількісних показників ризику та можливі альтернативні сценарії розвитку несприятливих подій. Мета етапів управління ризиками (6 – 8) полягає у визначенні заходів, що дозволяють скоротити рівень ризику до «прийнятної величини» та реалізувати моніторинг зміни у стані освітньої діяльності. Таким чином, перший блок визначає ряд факторів, які тією чи іншою мірою мають відношення до ініціювання несприятливих подій, а другий блок зумовлює процес аналізу комплексу факторів, що мають місце у практиці освіти.

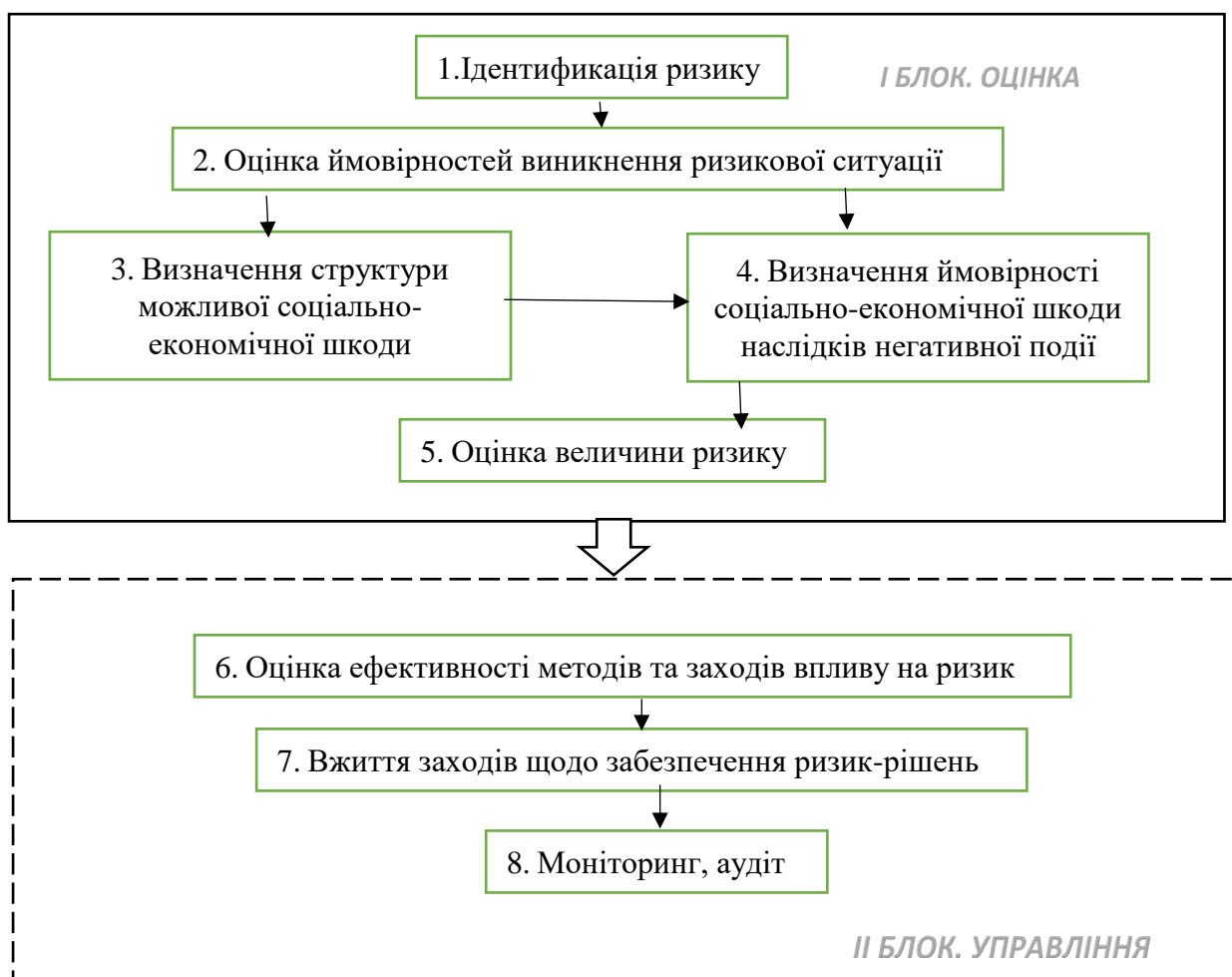


Рис. 2.7. Блок-схема етапів ризик-менеджмента в ризиків в програмах підготовки фахівців

Впровадження запропонованої автором підсистеми управління

ризиками програм підготовки фахівців дозволить: скласти реєстр ризиків освітньої організації; провести систематизацію та оцінку якісних та кількісних ризиків; зробити вибірку способів та методів реагування на ризики; досконально опрацювати заходи щодо управління ризиками та забезпечити їх регулярний моніторинг. Таким чином, інтеграція ризик-менеджменту та принципів когнітивного менеджменту сприятиме підвищенню результативності освітньої діяльності у контексті досягнення якості освіти з урахуванням специфіки кожної освітньої організації.

Методологія інформаційного підходу у контексті управління програмами підготовки фахівців дозволяє подати неструктуровану інформацію освітньої системи у вигляді інформаційного поля; виділити та структурувати інформаційні потоки системи; здійснити проєктування інформаційної системи управління програмами підготовки фахівців та виділити кількісну інформацію про хід освітньої діяльності. Результатом роботи такої системи є структурований набір даних про стан системи або перебіг освітніх процесів для прийняття управлінських рішень у поточний час.

Дані про стан системи освіти є «образ» системи в даний час, що відбиває різноманітні характеристики програм підготовки фахівців: якісний стан суб'єктів освіти; рівень результатів освіти; стан ресурсів системи (кадрове, методичне, матеріальне та ін. забезпечення).

Когнітивний аналіз отриманого образу програми підготовки фахівців складається з кількох етапів, кожному з яких реалізується певне завдання.

Послідовне вирішення цих завдань призводить до досягнення головної мети когнітивного управління - отримання достовірних даних для прийняття управлінського рішення, чому сприяє побудова когнітивної моделі освітньої діяльності та застосування формальних методів аналізу.

Першим етапом когнітивного аналізу є побудова моделі інформаційної ситуації та інформаційної позиції об'єкта управління з урахуванням слабоструктурованих факторів. Як приклад візьмемо рівень управління та типову ситуацію: освоєння теми дисципліни групою фахівців (наприклад,

студентами). Явно можна визначити, що є кілька компонентів системи: активні (педагоги) та не активні (навчальний матеріал, педагогічні технології); зв'язок з-поміж них реалізується через педагогічні взаємодії.

На другому етапі аналізу здійснюється виділення домінуючих факторів розвитку ситуації, що характеризують не звичайну стаціонарну, а проблемну ситуацію, розвиток системи (середовища). Важливо, що будь-який вихід за межі варіабельності освітнього процесу фіксується як у позитивному напрямку (можливості розвитку), так і в негативному (коригування до «нормального» результату). Нормою ми вважатимемо досягнення встановленого програмою підготовки фахівців дисципліни задовільного рівня загальнопрофесійних, професійних та особистісних компетенцій. Для нашого прикладу проблемою поставленої освітньої ситуації можуть бути: «підготовка педагога», «здібності учнів», «порушення графіка навчання», «рівень підготовки учнів», «порушення педагогічних технологій» та ін.

На третьому етапі встановлюються напрями впливів чинників друг на друга. Зв'язок позитивний, якщо збільшення одного фактора призводить до збільшення (позитивного збільшення, розвитку) іншого; зв'язок негативний, якщо збільшення одного фактора призводить до зменшення іншого. Далі будується когнітивна карта як взаємодії чинників процесу.

Четвертий етап включає формалізацію інформаційних описів процесу. Встановимо значення шкали за відповідністю: 0 – відсутність впливу; 1 – слабкий вплив; 2 – помірний вплив; 3 – суттєвий вплив; 4 – сильний вплив; 5 – максимальний вплив. Визначимо для прикладу кілька взаємозв'язків, вважаючи, що результат процесу, що ми розглядаємо – якість професійної підготовки фахівців у вузі. Відповідність шкал встановлюється шляхом експертного аналізу, із залученням сторонніх осіб – фахівців вищого рівню.

Наступний, *п'ятий етап* передбачає оцінку впливу різних чинників з урахуванням порівняльних методів (аналіз ієрархій чи транзитивної теорії переваг). Об'єктивною класифікацією буде з виділенням у структурі взаємозв'язків базових, цільових, надлишкових, зовнішніх та внутрішніх

факторів.

На шостому етапі аналізу будується когнітивна карта як орієнтований граф виходячи з отриманих на попередніх етапах даних. Оскільки у цьому дослідженні ми вибираємо лише елемент принципу підготовки фахівців, очевидно, отриманий орієнтований граф є обмеженим прикладом можливостей когнітивного представлення даних (рис. 2.8).

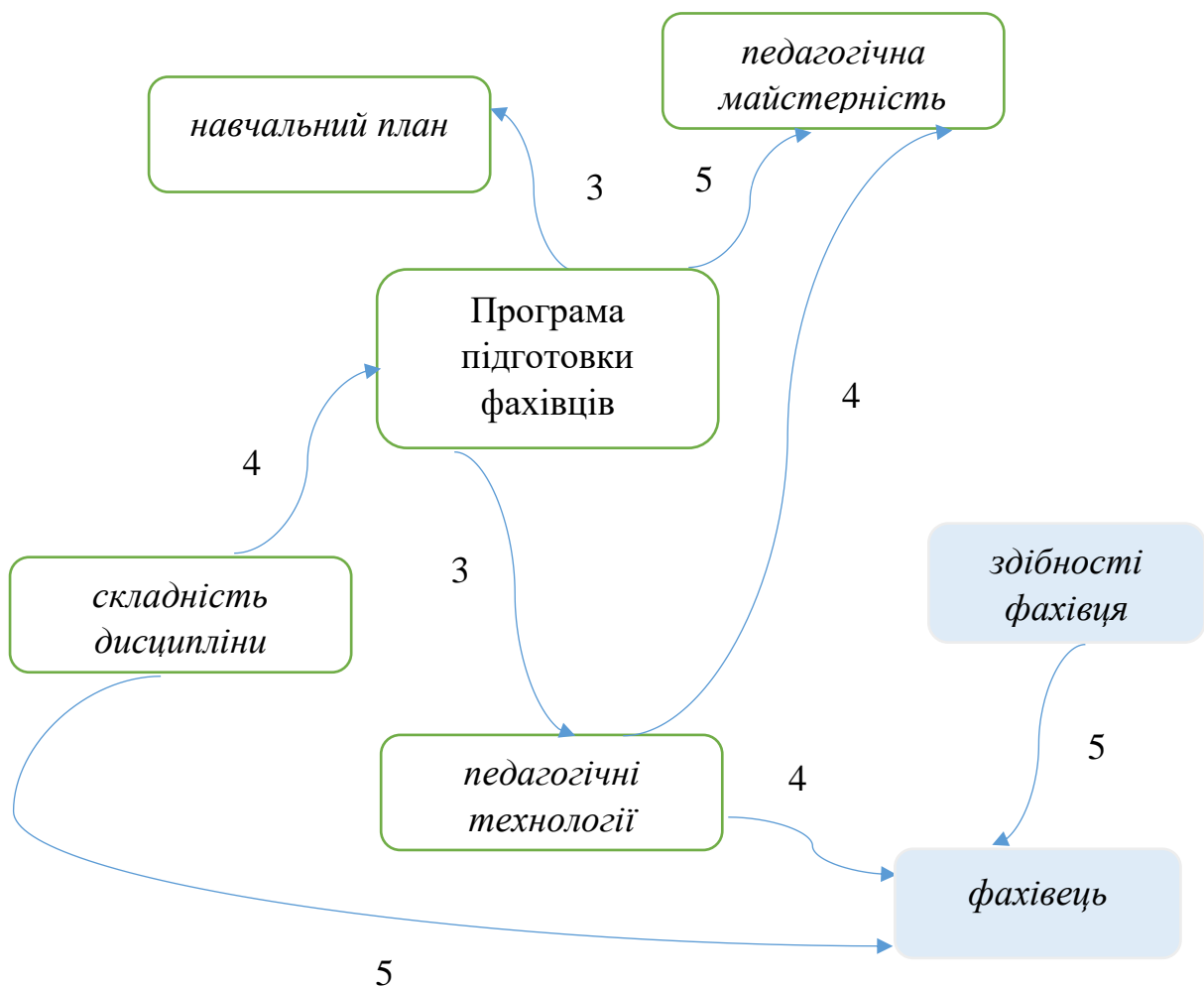


Рис.2.8. Приклад функціонального графу елементів навчального процесу фахівця

Сьомий етап передбачає перевірку адекватності когнітивної моделі ситуації (верифікація) щодо поставлених завдань управління та, за необхідності, її корекцію.

Практичне застосування повної когнітивної моделі підготовки фахівців дозволяє наочно відстежити можливі варіанти розвитку ситуації (системи), виявлення шляхів, механізмів на ситуацію з метою досягнення бажаних результатів, запобігання небажаним наслідкам. Для проєктування когнітивних моделей необхідно провести АВС-аналіз освітньої діяльності, що дозволяє виділити значущу, з погляду мети моделювання, інформацію, кількісні та якісні показники підготовки фахівців, властивості компонентів процесу, що впливають на результат – особистісний та професійний потенціал фахівця, його професійні специфічні якості та властивості. При цьому важливий той факт, що ресурсне забезпечення процесу знову ж таки впливає не на сам процес, а на того, хто навчається, і, тим самим, відбиваючись в результаті.

Механізм ухвалення управлінських рішень на основі отриманої інформації (в рамках системи підготовки фахівців) вимагає розкриття, оскільки використовує «неявне знання у вигляді людського досвіду». Спосіб вирішення поставленого завдання нам бачиться у застосуванні когнітивного управління в програмах підготовки фахівців як формуванні управлінських рішень та дій на підставі «інтелектуального процесу вирішення проблем, що не зводиться виключно до раціонального вибору, ... а побудованого на когнітивних можливостях суб'єктів управління» [2.21]. Такий тип управління вимагає побудови когнітивних моделей, їх аналізу та формування причинно-наслідкових уявлень процесів та ситуацій. Функціональні описи та зв'язки дозволяють вбудувати отримані докладні когнітивні моделі в інформаційну систему управління та здійснювати масштабне моделювання освітньої діяльності на реальних даних. Отримана інформація, що управляє, дозволить здійснити підтримку прийняття управлінських рішень, побудувати оптимальну стратегію управління, задати цільові, бажані напрямки та принципові зміни у ситуації.

Розробка, верифікація та застосування когнітивних моделей підвищують обґрунтованість прийняття управлінських рішень у складному, багатофакторному та варіабельному середовищі. Загалом когнітивне

моделювання дозволяє: прогнозувати наслідки тих чи інших управлінських рішень; розробляти оптимальні стратегії управління в обстановці, що швидко змінюється з урахуванням впливу зовнішніх, внутрішніх, важкопередбачуваних, швидкоплинних, довгострокових та інших видів тенденцій і факторів.

Застосування принципів когнітивного моделювання у підготовці фахівців раніше розглядалося з позицій моделювання на рівні управління освітньою організацією та управління якістю освіти загалом. Багато дослідників відзначають такі проблеми побудови когнітивної моделі: проблеми, що викликає виявлення чинників; виділення суттєвих та другорядних факторів; ранжування факторів; виявлення ступеня взаємовпливу факторів та використання різноманітних методів аналізу для їх уточнення. При моделюванні освітньої сфери, очевидно, таких факторів стає ще більше, і щоб виявити їх, виявити зв'язки та уточнити параметри взаємовпливів, потрібне використання діагностичних методик.

Одним з найбільш перспективних напрямів сучасної управлінської думки є орієнтація на вирішення проблем, що виникають на основі знань. Адже знання – це насамперед інформація, що дозволяє вирішувати проблеми. Величезні потоки даних про функціонування складних соціальних систем досить важко структурувати та використовувати з метою управління та зниження ентропії системи.

Маючи уявлення про освітню систему як необхідний і достатній набір інформації в умовах високої турбулентності, маємо можливість трансформувати потоки інформації в інформаційне забезпечення управління, структуруючи їх на основі «спільного знаменника». Такими властивостями володіє інформація, одержувана при застосуванні типових процедур контролю за знаннями фахівців та демонструє специфіку підготовчої діяльності: здатність та готовність фахівця; адекватність технологій; організація освітньої діяльності; професійні характеристики; властивості освітнього середовища та ін. Незважаючи на те, що дана установка можлива при суттєвих припущеннях,

її застосування принаймні до управління якістю освіти у вищих закладах очевидна.

Продовженням дослідження служить застосування принципів когнітивного управління, побудованого на основі знань у сукупності із зовнішнім та внутрішнім досвідом. Інструменти, що відповідають запитам когнітивного управління, створені, функціонують і можуть бути адаптовані до його цілей. Основною опорою когнітивного управління можуть стати бази знань – системи ефективних потоків знань, підтримання їх збереження та актуальності, що забезпечують розвиток особистісного та професійного потенціалу фахівців за умов нової когнітивної парадигми управління освітою.

2.5. Висновки до розділу 2

1. Досліджено етапи управління слабоструктурованими системами та ситуаціями з напрямків сучасної теорії підтримки та прийняття рішень та за допомогою когнітивного моделювання. Когнітивний підхід до моделювання та управління слабоструктурованими системами спрямовано на розробку формальних моделей і методів, що підтримують інтелектуальний процес вирішення проблем завдяки обліку в цих моделях та методах когнітивних можливостей (сприйняття, подання, пізнання, розуміння, пояснення) суб'єктів управління під час вирішення управлінських задач.

2. Описано когнітивну карту у функціональній структурі поля знань, розглянуто метод пошуку структурних рішень, заснований на моделі уявлення знань у вигляді поля знань.

3. Автором **вперше** розроблена концептуальна модель когнітивного управління проектами та програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності, яка ґрунтується на автоматизації управління, алгоритмізації та системному підході до прийняття рішень. Впровадження концептуальної моделі із застосуванням когнітивних механізмів перетворення інформації сприяє досягненню певної мети в удосконаленні трансформації поточних

знань та прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності або ризиків.

4. Визначено принципи управління ризиками як необхідний структурний елемент сучасного управління програмами підготовки фахівців, що має свою стратегію, тактику, оперативну реалізацію.

5. Удосконалено інформаційний підхід у контексті управління програмами підготовки фахівців, що дозволило подати неструктуровану інформацію освітньої системи у вигляді інформаційного поля; виділити та структурувати інформаційні потоки системи; здійснити проектування інформаційної системи управління програмами підготовки фахівців та обробити кількісну інформацію про хід освітньої діяльності як структурований набір даних про стан системи або перебіг освітніх процесів для прийняття управлінських рішень у поточний час.

6. Побудовано функціональний граф елементів навчального процесу фахівця.

7. Проблемами побудови когнітивної моделі є ряд чинників: виділення суттєвих та другорядних факторів; ранжування факторів; виявлення ступеня взаємовпливу факторів та використання різноманітних методів аналізу для їх уточнення. При розробці програм підготовки фахівців, очевидно, що таких факторів стає ще більше, і щоб виявити їх, потрібне використання діагностичних методик.

8. Доведено, що верифікація та застосування когнітивних моделей підвищують обґрунтованість прийняття управлінських рішень у складному, багатофакторному та варіабельному середовищі.

2.6. Список використаних джерел до розділу 2

2.1 Axelrod R. ed. Structure of decision: The cognitive maps of political elites. Princeton university press, 2015

2.2 Chernova L., Zhuravel I., Chernova L. APPLICATION OF THE COGNITIVE APPROACH IN THE FIELD OF PROJECT MANAGEMENT
Стаття у колективній монографії на тему: "Innovative integrated computer systems in strategic project management", Riga-2022. P.27-34

2.3 Cooper R. A systematic methodology for cognitive modelling. [Text] / R. Cooper, J. Foxb, J. Farringdonc, T. Shallice // Artificial Intelligence, Volume 85, Issues 1–2, August 1996, P.3–44

2.4 Eden, C. (1988). Cognitive mapping. European Journal of Operational Research, 36, 1-13. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(88\)90002-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(88)90002-1)

2.5 Handbook of Dynamic System Modeling edited by Paul A Fishwick Chapman 2010

2.6 Yuji K Takahashi, Orbitofrontal cortex as a cognitive map of task space. Neuron (Impact Factor: 15.77). 01/2014; 81(2):267–79. DOI: 10.1016/j.neuron.2013.11.005

2.7 Jamie Nast. Idea Mapping: How to Access Your Hidden Brain Power, Learn Faster, Remember More, and Achieve Success in Business. Wiley. 2006

2.8 Riccardo Mazza. Introduction to Information Visualization. Springer. 2009

2.9 Когнітивне моделювання у прогнозуванні економічного потенціалу підприємства / Г. Ю. Макарова. — Електрон. текстові дан. // Вісник Київського національного торговельно-економічного університету: Науково-практич. журнал. — 2013/2. — № 4. — С. 81–91. [електронний ресурс] — режим доступу: <http://visnik.knteu.kiev.ua/files/2013/04/8.pdf>

2.10 Aissaoui G. Cognitive map of conceptual graphs: A graphical model to help for decision. In A. de Moor, W. Lex, and B. [Text] / G. Aissaoui, D. Genest, S.

2.11 Loiseau // Ganter, editors, ICCS, volume 2746 of Lecture Notes in Computer Science, P.337–350. Springer, 2003. ISBN 3-540-40576-3.

2.12 William Dettmer. Strategic Navigation: A Systems Approach to Business Strategy. ASQ Quality Press. 2003

2.13 Бабаєв І. Інноваційна технологія в управлінні програмами розвитку організацій на основі генетичної моделі проекту: Автореферат дис. докт. техн. наук: 05.13.22 / Ігбал Аліджан огли Бабаєв / Київський національний університет будівництва і архітектури. – К., 2006. – 40 с.

2.14 Prangishvili, I. (2005), «On the efficiency of managing complex socio-economic systems» [«Ob jeffektivnosti upravlenija slozhnyimi social'no-jekonomicheskimi sistemami»], Society and Economics, No. 9, P. 125–134. Robert Harris. Techniques for Creative Thinking.2008

2.15 Chernova, Lb., Chernova, Ld. Cognitive modeling of knowledge management mechanisms in the training of specialists *Quarterly Scientific Journal Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*. Vol.4 (14) Kharkiv, 2020. P.86-93

2.16 Медведєва О.М. Обґрунтування інтерактивного підходу до розвитку організації на основі методології управління проектами / О.М. Медведєва // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук. праць. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2010. – № 3 (35). – С. 52-60.

2.17 R. Keith Sawyer. Explaining Creativity: The Science of Human Innovation. Oxford University Press, USA. 2006

2.18 R. Keith Sawyer. Creativity and Development. Oxford University Press, USA. 2003

2.19 Arthur Gogatz, Reuben Mondejar. Business Creativity: Breaking the Invisible Barriers Palgrave Macmillan. 2005

2.20 Michael Krausz. The Idea of Creativity. Brill. 2009

2.21 Jacob Goldenberg, David Mazursky. Creativity in Product Innovation. Cambridge University Press. 2001

2.22 Ялдин І.В. Когнітивне моделювання у прогнозуванні сценаріїв стратегії стійкого розвитку інтегрованої структури бізнесу. [Текст] / І.В. Ялдин // Проблеми економіки. — 2011. — №4. — С.142–150.

2.23 Bryan W. Mattimore. 99% Inspiration: Tips, Tales & Techniques for Liberating Your Business Creativity. AMACOM. 1993

2.24 Ros Jay. The Ultimate Book of Business Creativity: 50 Great Thinking Tools for Transforming your Business. Capstone. 2001

2.25 Robert J. Sternberg. Wisdom, Intelligence, and Creativity Synthesized. Cambridge University Press. 2003

2.26 Рач В.А. Стан та тенденції розвитку тріадної методології управління проектами / В.А. Рач, О.В. Россошанська, О.М. Медведєва // Управління розвитком складних систем. – 2010. – Вип. 3. – С. 118-122.

2.27 Elpiniki Papageorgiou, Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering, Publisher: Springer, 2014.

2.28 Alexander Styhre, Mats Sundgren. Managing Creativity in Organizations: Critique and Practices. Palgrave Macmillan. 2005

2.29 Bushuyev S.D. Organizational pathology project management / S.D. Bushuyev, D.A. Kharitonov, V.B. Rogozina // Upravlinnya rozvitkom skladnyh system. – 2012. – No 10, P. 5-8

2.30 James C. Kaufman, John Baer. Creativity and Reason in Cognitive Development. Cambridge University Press. 2008

2.31 Alexander Manu. The Imagination Challenge: Strategic Foresight and Innovation in the Global Economy. Peachpit Press. 2007

2.32 Чернова, Л.С. Інноваційна стратегія управління знаннями організації. Зб. матеріалів III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Управління проектами. Ефективне використання результатів наукових досліджень та об'єктів інтелектуальної власності. Дніпро, 2021. С.272-278

2.33 Deni Loveridge. Foresight: The Art and Science of Anticipating the Future. Routledge. 2008

- 2.34 Eric Garland. How Businesses Can Anticipate and Profit from What's Next. AMACOM.2007.
- 2.35 Cristiano Cagnin. Future-Oriented Technology Analysis: Strategic Intelligence for an Innovative Economy. Springer. 2008
- 2.36 Laura Anna Costanzo. Handbook of Research on Strategy and Foresight. Edward Elgar Publishing. 2009
- 2.37 Haridimos Tsoukas. Managing the Future: Foresight in the Knowledge Economy. Wiley-Blackwell.2004
- 2.38 Bill Sharpe. Scenarios for Success: Turning Insights in to Action. Wiley. 2007
- 2.39 Bruce Berkowitz.Strategic Advantage: Challengers, Competitors, and Threats to America's Future. Georgetown University Press. 2008
- 2.40 Dr. Simon Ramo. Strategic Business Forecasting: A Structured Approach to Shaping the Future of Your Business. McGraw-Hill. 2009
- 2.41 Elias Sanidas. Organizational Innovations And Economic Growth: Organosis And Growth of Firms, Sectors And Countries. Edward Elgar Publishing. 2005.
- 2.42 Peter Clark. Organizational Innovations. Sage Publications. 2002
- Christian Staudter. Design for Six Sigma + LeanToolset: Implementing Innovations Successfully. Springer. 2009
- 2.43 Чернова, Л.С. Механізми управління знаннями в організаціях в умовах невизначеності. Зб. матеріалів IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Управління проєктами. Перспективи розвитку проєктного та нейроменеджменту, інформаційних технологій управління, технологій створення та використання об'єктів інтелектуальної власності.» Дніпро, 2022. С.102-104
- 2.44 Phil Wilson. Inspired Innovations: A Guide to Highly Efficient New Product Development
- 2.45 Nancy Tennant Snyder. Strategic Innovation: Embedding Innovation as a Core Competency in Your Organization. Jossey-Bass. 2003.

- 2.46 Tim Sauber. Structured Creativity: Formulating an Innovation Strategy. Palgrave Macmillan. 2006
- 2.47 Ulrich Eberl. Innovative Minds: A Look Inside Siemens' Idea Machine. Wiley. 2007
- 2.48 Thomas M. Koulopoulos. The Innovation Zone: How Great Companies Re-Innovate for Amazing Success. Davies-Black. 2009
- 2.49 Henry William Chesbrough. Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. Harvard Business School Press. 2003
- 2.50 Michael A. Gollin. Driving Innovation: Intellectual Property Strategies for a Dynamic World. Cambridge University Press. 2008.
- 2.51 Ronald Jonash. The Innovation Premium: How Next Generation Companies Are Achieving Peak Performance and Profitability. Basic Books. 2000.
- 2.52 Manuel Mora. Decision Making Support Systems: Achievements, Trends and Challenges for the New Decade. IGI Global. 2002
- 2.53 Li Niu. Cognition-Driven Decision Support for Business Intelligence: Models, Techniques, Systems and Applications. Springer. 2009
- 2.54 Hans Daellenbach. Management Science: Decision-Making Through Systems Thinking. Palgrave Macmillan. 2005
- 2.55 Alexander Kott. Information Warfare and Organizational Decision-Making. Artech House Publishers. 2006.
- 2.56 John Adair. Decision Making and Problem Solving Strategies. Kogan Page. 2010
- 2.57 Азаров М. Я., Ярошенко Ф. О., Бушуєв С. Д. Інноваційні механізми управління програм розвитку. К.: Самміт книга 2012, 564 с.
- 2.58 Бушуєв С. Д. Управління проектами в умовах "поведінкової економіки" / С. Д. Бушуєв, Д. А. Бушуєв, Р. Ф. Ярошенко // Управління розвитком складних систем. - 2018. - Вип. 33. - С. 22-30. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2018_33_5

2.59 Керівництво з управління інноваційними проектами і програмами Р2М. Том 1, Версія 1.2. / Пер. з англ. під ред. проф. Ф. О. Ярошенко. — К.: Новий друк, 2010, 160с.

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛІ КОГНІТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

3.1. 4К-модель як базис зростання технологічної зрілості організацій у галузі управління проєктами

Моделі технологічної зрілості у галузі управління проєктами визначають прогрес компаній у спроможності реалізовувати ефективні проєкти. Такі моделі, як правило, передбачають декілька рівнів. Припускаємо, що для досягнення кожного наступного рівня технологічної зрілості необхідно застосовувати певний набір моделей і методів.

Організації у своїй діяльності використовують різні моделі зрілості, що базуються на унікальних умовах зовнішнього середовища та певній стратегії та цілях. Природно, що організаційна складова і галузь діяльності відіграють одну з ключових ролей у процедурах і методах реалізації моделей зрілості. Досить велика кількість досліджень присвячена аналізу підходів впровадження таких моделей у діяльність проєктно-орієнтованих організацій.

Зокрема, [3.1] розглядає дев'ять моделей зрілості, що використовуються в різних сферах діяльності. Серед двадцяти семи факторів, які аналізують моделі, є такі: підтримка процесів управління проєктами, програмами та портфелями на організаційному рівні; складність виконання; орієнтовні витрати на впровадження; отримання кількісних показників моделі; дотримання певного стандарту управління; труднощі в освоєнні моделі персоналом організації, тощо. Дослідженню впливу використовуваних моделей зрілості на безпосередню реалізацію проєктів організації присвячено роботу [3.2]. Враховуючи галузь знань про управління проєктами, дослідники аналізують вплив використання моделей зрілості управління проєктами на систематичне, постійне вдосконалення процесів реалізації проєктів організацій. Таким чином, ефективність таких моделей може бути

підтверджена шляхом аналізу ефективності процесів реалізації проєктів та їх впливу на проєктування та вдосконалення організаційної компетентності.

Подібний підхід, але з урахуванням впливу та формування передового досвіду управління проєктами всередині організації, наведено в [3.3]. Окрім вивчення застосування моделей зрілості в різних сферах діяльності, автори аналізують вплив таких моделей на різні рівні управління та, відповідно, практики управління проєктами – індивідуальні, командні та організаційні. Досліджено вплив використання методів управління проєктами на досягнення певних рівнів технологічної зрілості. У роботі [3.4] досліджено питання оцінки моделей зрілості управління проєктами з урахуванням сфери застосування. Зокрема, у цій роботі ми бачимо, що відсоток застосування моделей зрілості управління проєктами досить малий (близько 20%) порівняно з іншими. Такі моделі зазвичай використовуються в проєктах інформаційних технологій.

Робота [3.5] присвячена впливу застосування моделей зрілості на формування конкурентних переваг на ринку, показано зв'язок різних моделей з відповідними ключовими показниками ефективності організації (КРА / КРІ). У [3.6] представлено структуру для порівняння моделей зрілості для управління проєктами. Описаний метод моделювання та оцінки діаграми даних процесу (PDD). Проте основна увага в дослідженні приділяється процесам оцінки та самооцінки відповідності рівням зрілості організації та порівнянню різних моделей для їх застосування в різних комбінаціях (конвергенції) для задоволення організаційних потреб.

Труднощі та недоліки практичного застосування моделей зрілості та відповідні висновки наведено в [3.7]. У дослідженні зазначається, що процес впровадження моделей зрілості є складним і не може бути чітко формалізований з огляду на унікальний характер діяльності проєктно-орієнтованих організацій. Визначальними для реалізації таких моделей є три рівні: рівень управління проєктами, рівень управління програмою та організаційна структура, яка є сприятливим фактором.

У [3.8] наведено аналіз застосування методів великих даних, що дозволяє підвищити рівень зрілості управління проектами. Він робить висновок, що використання методів великих даних надає організації доступ до нових знань, досвіду та практик, які погано структуровані та не можуть бути описані у відповідних формалізованих документах організації. Таким чином, організація забезпечує досягнення рівня зрілості, тому такі аспекти слід враховувати при розробці моделей зрілості в майбутньому.

Підхід до оцінки зрілості на основі впливу факторів на досягнення відповідних рівнів представлено в [3.9]. У цій структурі основні характеристики (функції або можливості) кожного рівня зрілості, який компанія повинна вимірювати, класифікуються нижче за типом виміру: методологія, ІТ-ресурси, комунікація. У цих областях автори дослідження сформуvalи структуру, яка може бути використана організацією для оцінки зрілості управління проектами.

У [3.10] автори аналізують та досліджують вплив моделей IPMA Delta та IPMA Organizational Competence Baseline на досягнення ефективності проектно-орієнтованих організацій. Показано, що цілеспрямована оцінка організаційної компетентності в управлінських проектах досягла зрілості організацій.

У [3.11] автор досліджує питання оцінки досягнення рівнів технологічної зрілості незалежно від моделі, яка використовується в організації. Показано, що різні практики управління проектами в різних сферах застосування показують різні результати, тому необхідний комплексний підхід до оцінки таких результатів.

Проблема досягнення «ідеального» рівня технологічної зрілості конкретної організації описана в [3.12]. Автори досліджують фактори, які є вирішними для досягнення цільового рівня зрілості організації. За результатами дослідження показано, що такими факторами можуть бути: управління проектами, управління ресурсами, організаційне управління, управління ризиками, фінансовий менеджмент.

У роботі [3.13] досліджено роль зрілості управління проєктами в підвищенні вартості бізнесу організації. Однак увага зосереджена лише на аналізі переваг та недоліків використання моделей РМММ та ОРМЗ у практиці управління проєктами. У [3.14-3.16] визначено принципи, які можуть бути корисними для розвитку та вдосконалення організаційної зрілості в управлінні проєктами. На нашу думку, врахування таких принципів і моделей, заснованих на біадаптивності, когнітивності, застосування компетентнісного підходу дозволить організації підвищити рівень технологічної зрілості та сформувати ключові переваги в конкурентному середовищі.

Проведемо дослідження впливу на рівень зрілості чотирьох типів моделей – компетентнісної, когнітивної, форсайтної та біадаптивної. Ми охарактеризуємо кожен з моделей з точки зору її потенційного впливу на розвиток зрілості. Попередньо виділяємо три умовні стадії, незалежно від типу зрілості моделей:

- Підготовка – на такій стадії відбувається початкова систематизація знань з управління проєктами та програмами в організації;
- Системотвірний – на такій стадії формується цілісна система моделей і процесів, яка охоплює усю діяльність організації щодо реалізації проєктно-орієнтованого управління;
- Просунутий – на такій стадії відбувається розвиток технологічної зрілості з використанням просунутих засобів управління; такі інструменти включають бенчмаркінг, систему управління якістю, кайдзен або безперервний вдосконалення, адаптивність і біадаптивність проєктної складової системи управління, тощо.

Компетентнісні моделі. Зростання рівня технологічної зрілості організації в галузі управління проєктами передбачає необхідність підвищення компетентності фахівців проєктного управління в певному наборі компетенцій – управлінні розкладом, управлінні ризиками, управлінні змістом проєкту тощо. Набір таких компетенцій визначається стандартом, покладеним в основу методології управління проєктами в організації (PMBOK, PRINCE2, P2M, MSP

тощо). І навпаки – зростання компетентності фахівців дозволяє організації перейти на наступний рівень зрілості. Причому на підготовчій стадії можуть використовуватися окремі компетентності проєктного управління – щодо управління ризиками, закупівлями, ресурсами тощо. На системотвірній стадії – інтегральні компетенції, наприклад, управління змістом проєкту, управління інтеграцією в проєкті. На просунутій стадії – компетенції, що пов'язані з оптимізацією і використанням креативності – управління системами проєкту, управління програмами, управління портфелями тощо.

Когнітивні моделі. Рівень накопичення і використання знань в організації безпосередньо впливає на передумови до підвищення рівня технологічної зрілості. Можна припустити, що на підготовчій стадії формування технологічної зрілості має формуватися структура бази знань і починатися її наповнення. Системотвірна стадія, ймовірно, має включати побудову залежностей і початок навчання алгоритму, покладеного в основу бази знань (наприклад, нейронної мережі). Тоді просунутий рівень вимагатиме використання нейронної мережі для формування креативних рішень як щодо структури системи управління проєктами і програмами в організації, так і генерації окремих рішень в проєктах, програмах і портфелях проєктів.

Форсайт моделі. Управління на основі передбачення (форсайту) є ознакою зрілої системи управління проєктами в організації. А отже, можна припустити, що початкова стадія формування технологічної зрілості не передбачає використання форсайт-моделей. На системотвірній стадії такі моделі можуть бути включені в підсистеми управління змістом і інтеграції проєкту. При цьому їх основна спрямованість в межах цих підсистем має ґрунтуватися на передбаченні змін у внутрішньому та зовнішньому оточенні проєкту (програми, портфелю). На основі такого передбачення система управління проєктом (програмою, портфелем) має генерувати рекомендовані рішення для команди. Тоді як на просунутій стадії технологічної зрілості такі рішення можуть стосуватися безпосередньо системи управління проєктами

(програмами, портфелями), її, структури, функції, здатностей до передбачення тощо.

Біадаптивні моделі. За аналогією з моделями фосайту, біадаптивні моделі стосується вищих стадій формування технологічної зрілості, а отже на початковій стадії не використовуються. На системотвірній стадії має накопичуватися інформація щодо взаємодії проєктної і операційної підсистеми в проєктно-орієнтованій організації. Тоді як на просунутій стадії має відбуватися повноцінна реалізація бі-адаптивних алгоритмів, коли кожна із зазначених підсистем має швидко і ефективно адаптуватися до будь-якої суттєвої зміни в іншій підсистемі.

Отже, на основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що усі чотири типи моделей безпосередньо пов'язані із технологічною зрілістю. І ступінь розвитку зазначених моделей напряму корелює з рівнем технологічної зрілості організації у галузі проєктного менеджменту.

За результатами досліджень запропонуємо 4К-модель зростання технологічної зрілості компаній у галузі управління проєктами у вигляді формальної вісімки:

$$M = \langle V, P, O, R, C, K, F, B \rangle,$$

де V – тип моделі технологічної зрілості (СММІ, РМММ тощо) з набором відповідних рівнів та їх характеристик;

P – принципи застосування 4К-моделі зростання технологічної зрілості;

O – організаційний контекст впровадження 4К-моделі (структура управління, організаційні процеси, елементи корпоративної культури тощо);

R – правила вибору набору компетентнісних, когнітивних, форсайт і біадаптивних моделей для використання в межах 4К-моделі;

C – компетентнісні моделі, що застосовуються в межах 4К-моделі;

K – когнітивні моделі, що застосовуються в межах 4К-моделі;

F – форсайт моделі, що застосовуються в межах 4К-моделі;

B – біадаптивні моделі, що застосовуються в межах 4К-моделі.

Розглянемо далі, як кожен із змістовних елементів 4К-моделі впливає на кожен з рівнів технологічної зрілості. У якості моделі технологічної зрілості для цієї характеристики оберемо модель Гарольда Керзнера РМММ (Project Management Maturity Model) [3.17].

Рівень 1. «Спільна мова». Відповідно до вище наведеної класифікації, цей рівень можна віднести до початкової стадії технологічної зрілості. Використовуються переважно компетентісні моделі, починають використовуватися когнітивні моделі, майже не використовуються форсайт моделі і біадаптивні моделі. Формується понятійний базис управління проєктами в організації, зазначені моделі формують підґрунтя для формування корпоративної культури проєктного менеджменту.

Рівень 2. «Спільні процеси». Відповідно до вище наведеної класифікації, цей рівень можна віднести до початкової стадії технологічної зрілості. Компетентісні моделі і когнітивні моделі використовуються у повному обсязі, починають використовуватися форсайт моделі, біадаптивні моделі майже не використовуються. Формуються перші окреми бізнес-процеси проєктної діяльності, створюється культура використання процесного управління в межах проєктного менеджменту.

Рівень 3. «Єдина методологія». Відповідно до вище наведеної класифікації, цей рівень можна віднести до системотвірної стадії технологічної зрілості.

Рівень 4. «Бенчмаркінг». Відповідно до вище наведеної класифікації, цей рівень можна віднести до просунутої стадії технологічної зрілості.

Рівень 5. «Постійне вдосконалення». Рівень можна віднести до високої стадії зрілості. Повністю використовуються моделі компетенцій, когнітивні моделі, моделі форсайту та біадаптивні моделі, перевагу надають біадаптивним моделям. Формується культура гнучкості в системі управління проєктами. Створено основу для адаптивного безперервного розвитку та вдосконалення системи організаційного управління проєктами.

Слід також зазначити, що реалізація моделі 4К розвитку зрілості управління організаційними проектами повинна базуватися на певних принципах. Такими принципами є:

- принцип послідовності;
- принцип підтримки та розвитку якості процесів управління проектами;
- принцип постійного розвитку організаційної корпоративної культури;
- принцип мінімізації (вирішення) управлінських конфліктів при реалізації моделі;
- принцип врахування унікальності організації в розробленій та вдосконаленій системі управління проектом, програмою, портфелем;
- принцип цілісного бачення.

Важливим питанням є розробка правильної системи правил вибору набору компетенційної, когнітивної, форсайтної та біадаптивної моделей для використання в рамках моделі 4К (елемент R у запропонованій формулі). Цьому питанню можна присвятити окреме дослідження, але слід зазначити, що такі правила мають базуватися на трактуванні змісту кожного рівня зрілості в проектно-орієнтованій організації. Приклад такої інтерпретації наводився вище при описі рівнів технологічної зрілості за Керцнером.

У рамках розробки запропонованої теми було проведено експериментальне дослідження впливу моделі 4К на розвиток компетентності на основі методу експертних оцінок. Результати представлені на рис. 3.1 та рис. 3.2.

За результатами дослідження можна зробити висновок, що з підвищенням рівня зрілості зростає ступінь використання кожного виду моделі – компетентнісної, когнітивної, форсайтної та біадаптивної (рис. 3.1).

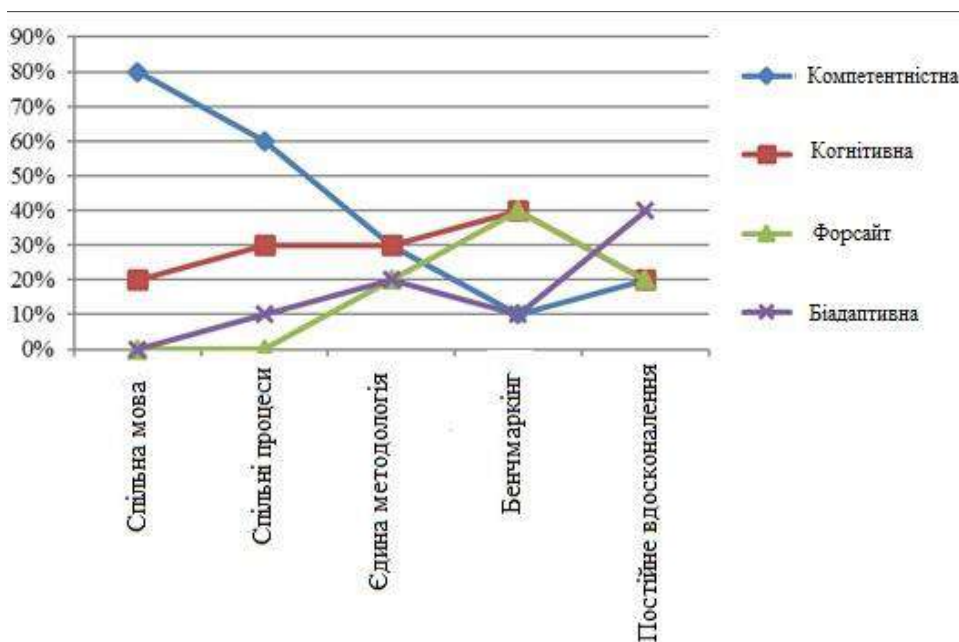


Рис. 3.1. Розвиток моделей залежно від рівня зрілості

Причому, якщо використання компетентнісних і когнітивних моделей відбувається за законом, близьким до пропорційного (залежно від рівня зрілості), то форсайт-моделі та біадаптивні моделі – за законом, близьким до гіперболічного. Це свідчить про те, що останні моделі є моделями вищого рівня, які формують основу синергетики за рахунок використання інших моделей.

Це твердження підтверджується аналізом частки кожного типу моделі у формуванні рівня зрілості (рис. 3.2). Якщо на початковій стадії формування зрілості компетентнісні та когнітивні моделі мають перевагу в досягненні відповідного рівня, то на опорному етапі спостерігається пропорційний внесок кожного типу моделі у формування рівня зрілості. А на просунутому рівні головну роль відіграють той самий форсайт і біадаптивні моделі.

Проведемо SWOT-аналіз запропонованого підходу до використання 4К-моделі зростання технологічної зрілості компаній у сфері управління проектами. Давайте висвітлимо його сильні та слабкі сторони, можливості та загрози.

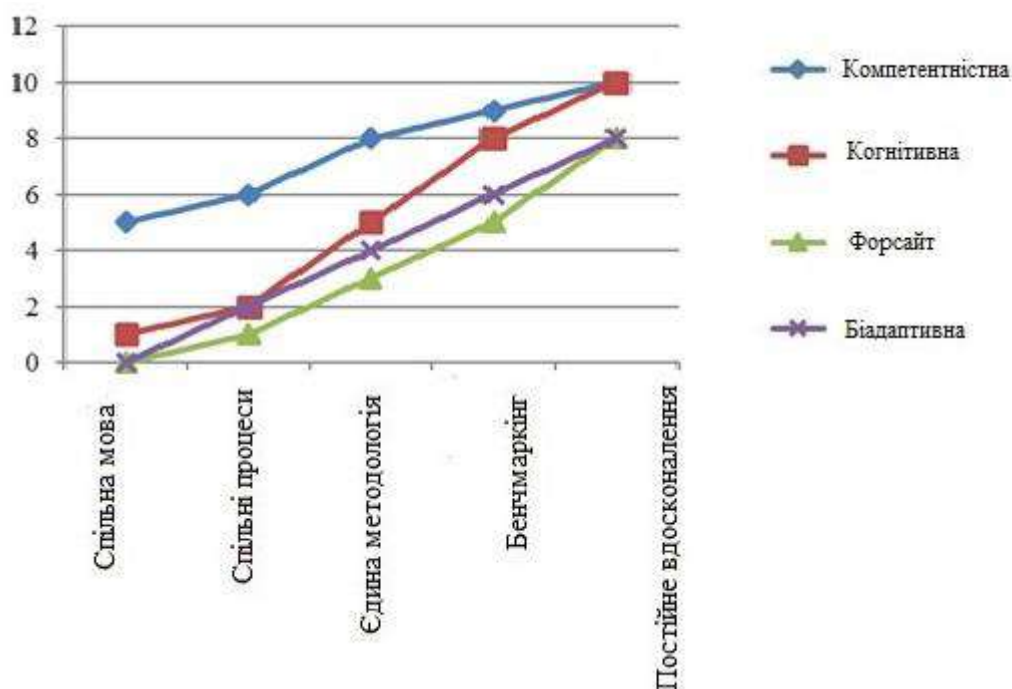


Рис. 3.2. Внесок досліджуваних моделей у рівень зрілості

Сильні сторони. Валідність підходу. Інноваційна модель, що враховує основні рушійні сили формування рівня зрілості управління проєктами організації.

Слабкі сторони. Слабка експериментальна вивченість моделі. Складність прикладної моделі.

Можливості. Формування синергії шляхом використання набору моделей. Розвиток унікальності організації, забезпечення конкурентної переваги за рахунок використання 4К-моделі.

Погрози. Опір середнього керівництва реалізації моделі. Втрата репутації керівництва проєкту через невдалу реалізацію моделі.

Рівні зрілості управління організаційними проєктами формалізовані відповідно до вимог для кожного рівня. Однак структура моделей, які організація повинна використовувати для досягнення кожного рівня, вивчена недостатньо.

3.2. Біадаптивні і форсайт моделі у діджиталізації HR-менеджменту

Системи управління кадровими ресурсами в організаціях і на підприємствах призначені для ведення реєстру співробітників (учасників проєктних команд) та актуалізації інформації про них. Функціональність такої системи досить велика. Серед головних слід виділити такі функції, які повинні вирішити систему кадрового менеджменту:

- зберігання нормативних документів з кадрів, кадрового обліку, корпоративних правил, тощо (які визначаються компанією, місцевою владою, державою, міжнародним співтовариством);
- зберігання актуальної інформації про персонал;
- ведення HR-документообігу (заяви співробітників, кадрові рішення організації – накази, розпорядження, тощо);
- швидке внесення змін до даних про персонал (актуалізація даних);
- розрахунок стажу роботи співробітників організації (стаж у компанії, загальний стаж, стаж за фахом);
- періодичне анкетування персоналу (у багатьох компаніях здійснюється один раз на квартал), зберігання даних із анкет, фіксація професійного зростання співробітника на основі обробки даних з анкет;
- зберігання організаційної структури підприємства, актуалізація організаційної структури за її зміни;
- ведення штатного розкладу компанії, актуалізація штатного розкладу за його зміни;
- розробка KPI для співробітників (для кожної категорії співробітників має бути розроблено свою групу KPI);
- формування вакансій для пошуку персоналу;
- зберігання результатів проведених співбесід, формування кадрового резерву;
- визначення нематеріальної мотивації працівників за результатами їхньої діяльності за період;

- тощо.

При цьому ІТ-система кадрового менеджменту повинна містити інтерфейси з іншими підсистемами, зокрема з фінансовою підсистемою – з метою визначення періодичних нарахувань (щомісячних, щоквартальних, щорічних) премій та бонусів для співробітників за результатами розрахованих КРІ.

Проте, якщо підприємство чи організація є проєктно-орієнтованими, необхідно окремо враховувати кадрові ресурси, які реалізують проєкт. Відмінності між кадровими ресурсами організації та кадровими ресурсами проєкту полягають у наступному:

- до проєкту можуть залучатися виконавці ззовні за умовами контракту – на аутсорсинг;
- також, може бути задіяний штат з інших організацій (аутстафінг) на час виконання проєкту;
- в обох випадках штат, що залучається, може працювати дистанційно, у віртуальному середовищі, при цьому географічно не перебувати в тому самому місті або навіть в одній і тій же країні з організацією, яка виконує проєкт;
- кадри з самої виконавчої організації можуть залучатися для реалізації проєкту на різних умовах – повне занурення у проєкт (full-time), часткова зайнятість у проєкті паралельно з основною роботою (part-time), часткова зайнятість у проєкті на основі договірних відносин із керівником проєкту або підрозділом, відповідальним за виконання проєкту;
- показники КРІ для учасників проєктних команд зазвичай відрізняються від показників КРІ для співробітників, зайнятих в операційному управлінні;
- методика преміювання та методика формування кадрового резерву для проєктної діяльності (як і деякі інші методики) відрізняються від аналогічних методик для операційної діяльності.

Внаслідок цих особливостей система управління кадрами для операційної діяльності та система управління кадрами для проєктної діяльності – це дві функціонально різні системи. Таким чином, виникає актуальне завдання їхньої ефективної взаємодії в рамках однієї організації.

Ще один тренд сучасних систем управління кадровими ресурсами – їхня інтегрованість із системою управління проєктами. В операційній діяльності системи управління кадровими ресурсами інтегровані із системою управління підприємствами (найбільш використовуваний для цього клас систем – ERP-системи).

Таким чином, наукова задача може полягати в наступному: забезпечити спільне ефективне функціонування:

- 1) кадрової підсистеми проєктного управління із кадровою підсистемою операційного управління;
- 2) у цілому системи проєктного управління із системою операційного управління організації (підприємства).

Побудову такої IT-системи, яка забезпечувала б ефективну взаємодію, пропонується робити на основі двох класів моделей – моделей біадаптивності та моделей форсайтингу. Запропонуємо основні підходи щодо використання зазначених типів моделей у системах кадрового менеджменту проєктно-орієнтованих організацій (підприємств).

Використання моделей біадаптивності в IT-системах HR-менеджмента

У проєктно-орієнтованих компаніях зазвичай функціонують дві системи управління. Одна з цих систем дозволяє керувати проєктною діяльністю, друга відповідальна за керування операційною діяльністю підприємства. Практика одночасного використання цих двох систем показує, що між ними виникають конфлікти (зокрема, конфлікти за ресурси), неузгодженість та інші проблеми. Для вирішення таких проблем, а також для підвищення ефективності взаємодії проєктного та операційного управління застосовують моделі та методи біадаптивності.

Поняття біадаптивності має на увазі взаємну адаптивність двох систем: адаптацію проєктної системи управління підприємством до операційної системи управління підприємством.

Методи біадаптивності передбачають:

- ідентифікацію елементів операційної діяльності підприємства, визначення та формалізацію їх характеристик;
- ідентифікацію елементів проєктної діяльності підприємства, визначення та формалізацію їх характеристик;
- визначення пов'язаних параметрів систем – виділення множини параметрів кожної системи, які впливають на кожен окремий параметр кожної системи;
- вимірювання ступеня впливу параметрів на кожний пов'язаний параметр;
- визначення кореляції у впливі параметрів, виключення корелюючих параметрів;
- виділення негативних впливів на параметри кожної системи;
- розробка реакцій у відповідь кожної із системи на негативні впливи іншої системи;
- моделювання відповідних реакцій;
- ІТ-реалізація біадаптивної системи;
- тестування та впровадження біадаптивної системи управління проєктно-орієнтованою організацією.

Для системи управління HR-ресурсами проєктно-орієнтованої організації моделі біадаптивності повинні забезпечувати узгодження між особливостями HR-менеджменту проєктів та HR-менеджментом операційного управління.

Виділимо основні параметри системи HR-менеджменту, які вимагають використання взаємно спрямованої адаптації, а також визначимо основу такої адаптації (табл. 3.1).

Табл. 3.1 Основні параметри системи HR-менеджменту

№	Параметри моделі біадаптивної оптимізації системи HR-менеджменту	
	<i>Параметри системи</i>	<i>Основа біадаптивності</i>
1.	Система показників КРІ ^а	Показники проєктної діяльності, показники операційної діяльності
2.	Анкети оцінювання співробітників	Періодичність, наповнення питаннями
3.	Визначення стажу	Розмір стажу, окремий облік стажу
4.	Інструкції для персоналу	Рольові для проєкту, посадові для організації
5.	Штатний розклад	Емуляція штатного розкладу проєкту, тимчасові зміни штатного розкладу організації
6.	Організаційна структура	Інтеграція організаційної структури кожного проєкту до організаційної структури підприємства на тимчасовій основі

Моделі біадаптивного управління системою кадрового HR-менеджменту в проєктно-орієнтованих організаціях (підприємствах) мають будуватися на засадах:

- інтегрованості у загальну систему управління підприємством
- дотримання законодавства;
- відповідності корпоративній культурі;
- мінімізації негативних впливів проєктного HR-менеджмента та операційного HR-менеджмента;
- уніфікації документів, форм и процедур для операційної діяльності, проєктної діяльності.

Крім цього, моделі біадаптивного управління повинні включати прогнозування поведінки кожної з систем (проєктного HR-менеджменту та операційного HR-менеджменту) з метою здійснення випереджуючих управлінських дій. Це доводить використання в системах HR-менеджменту моделей іншого класу – моделей форсайту, що реалізують проактивні принципи. Опишемо ці моделі.

Використання моделей форсайта в ІТ-системах HR-менеджмента

Модель форсайту ґрунтується на базових принципах. Основою моделі є форсайт-орієнтована методологія, до якої входить три основні групи моделей і методів, результатом реалізації форсайт-орієнтованої методології є досягнення трьох основних груп цілей проєктно-орієнтованої організації.

Охарактеризуємо кожен елемент моделі HR-управління на основі форсайту. Базисом моделі є такі принципи.

- принцип формування стратегічного бачення полягає у спрямованості організації, яка використовує стратегічний менеджмент у комбінації з методологією управління проєктами і програмами, формалізувати і періодично уточнювати свій ідеальний стан, якого вона прагне досягти, у вигляді стратегічного бачення – деякої моделі, що характеризується втіленими у цифрових показниках або вербальному описі характеристиках, які у сукупності дають уявлення про стан організації.

- принцип прогнозування полягає у використанні пріоритетних моделей проактивного, а не реактивного управління, тобто таких, що, на основі затвердженої стратегії, здійснюють розробку управлінських дій на упередження ризикових і проблемних ситуацій, які можуть виникнути у майбутньому, але, з причини застосування цього принципу, їх ймовірність суттєво зменшується.

- принцип орієнтації на довгострокову перспективу означає встановлення і коригування (періодичне, а за необхідністю і ситуативне) довгострокових стратегічних цілей, для досягнення яких розроблюється і реалізується програма розвитку. Це не означає, що у портфелі проєктів і програм проєктно-орієнтованої організації відсутні короткострокові проєкти, що спрямовані на досягнення ситуативних і короткотермінових цілей. Це означає, що суттєвими елементами такого портфеля є довгострокові стратегічні програми, або, принаймні, обумовлює необхідність хоча б одної такої програми з високим, відносно інших елементів портфелю, пріоритетом.

- принцип прийняття рішень на основі аналізу експертних оцінок означає, що у системі підтримки прийняття рішень для програм розвитку форсайт-орієнтована методологія використовує переважно методи експертних оцінок, такі як метод мозкового штурму, метод Делфі тощо.
- принцип управління цінностями і вигодами полягає у виділенні у результатах (продуктах) проєктів і програм розвитку, а також у процесі їх реалізації, таких артефактів, як вигоди і цінності – тобто таких елементів діяльності, які мають позитивний вплив на саму проєктно-орієнтовану організацію та її оточення.

Вхідними елементами моделі форсайту є три концепти.

- концепт проактивності (моделі і методи проактивного управління) забезпечує форсайт-орієнтовану методологію моделями і методами прогнозування і передбачення на основі проактивності, які були розроблені в управлінні проєктами і програмами.
- концепт ціннісного управління (моделі і методи ціннісного управління) забезпечує форсайт-орієнтовану методологію моделями і методами управління на основі створення цінностей (Value Management), які були розроблені в управлінні проєктами і програмами.
- концепт стратегії (моделі і методи стратегічного менеджменту) забезпечує форсайт-орієнтовану методологію моделями і методами планування і досягнення довготривалих комплексних результатів, які були розроблені в стратегічному менеджменті.

Структура форсайт-орієнтованої методології складається з трьох основних груп моделей і методів (методи оптимізації для системи прийняття рішень на основі двоїстої задачі, генетичні моделі і методи в управлінні проєктами та програмами, метод організаційної інтеграції і модель ключової компетенції), які складають основу методології.

Результатом реалізації форсайт-орієнтованої методології є досягнення трьох основних цілей.

- Бізнес-цілі – це група цілей, проектно-орієнтованої організації, які спрямовані на вирішення задач, пов’язаних з основним видом її діяльності. До таких цілей може відноситися збільшення обсягу ринку, збільшення продажів, забезпечити відомий бренд, збільшення лояльності клієнтів тощо.
- Цілі підвищення ефективності системи управління – це група цілей, що спрямована на покращення управлінських показників в організації, які, зокрема, можуть бути інтерпретовані як показники бізнес-процесів. А отже прикладом таких цілей можуть бути оптимізація ключових бізнес-процесів, прискорення процесу прийняття рішення, забезпечення (або збільшення) гнучкості системи управління тощо.
- Цілі забезпечення сталого розвитку у довготривалій перспективі – це група цілей, що спрямована на забезпечення платформи для сталого розвитку організації. До таких цілей, зокрема, може відноситися створення організаційної платформи розвитку, постійне підвищення технологічної зрілості організації у галузі управління проектами і програмами, сертифікація системи забезпечення якості тощо.

Діджиталізація системи HR-менеджмента в проектно-орієнтованій організації передбачає впровадження таких моделей форсайту (табл. 3. 2).

Табл. 3.2 Моделі форсайту у системах HR-менеджмента

№	Параметри системи HR-менеджмента, які потребують використання форсайт моделей	
	Параметри системи	Сфера застосування форсайт моделей
1.	Організаційна структура підприємства	Прогнозування кар'єрного зростання співробітників підприємства
2.	Організаційна структура проекту	Прогнозування кар'єрного зростання співробітників проекту
3.	Кадровий резерв підприємства	Прогнозування потреб в персоналі для підприємства
4.	Кадровий резерв проекту	Прогнозування потреб в персоналі для команди проекту
5.	Система мотивації	Прогнозування розміру мотиваційного фонду
6.	Система підвищення кваліфікації	Планування підвищення кваліфікації співробітників підприємства та команди проекту

Застосування ІТ-систем HR-менеджменту з використанням моделей біадаптивності та форсайту у проєктах створення Call-центрів проєктно-орієнтованих компаній

Поряд з організацією проєктної діяльності в високотехнологічних компаніях, яка втілюється у специфічні організаційні структури (проєктні офіси), що інтегруються до системи операційного управління, але працюють паралельно з нею, проєкти розвитку (особливо сервісно-орієнтованих компаній) вимагають створення ще одного типу організаційних утворень – Call-центрів для підтримання постійної комунікації з клієнтами компанії.

Метою створення Call-центру є, як правило, покращення позицій компанії на ринку, підвищення лояльності існуючих клієнтів до компанії і внаслідок цього – отримання нових клієнтів, збільшення їх загальної кількості. Тобто створення Call-центру має проєктний характер для підприємства, причому такий проєкт пов'язаний із розвитком підприємства.

При реалізації проєкту створення Call-центру, а також під час функціонування Call-центру важливим аспектом є HR-менеджмент. Діджиталізація HR-менеджмента у проєкті створення Call-центру для проєктно-орієнтованої компанії має вирішувати наступні задачі (табл. 3.3).

Табл. 3.3 Задачі при діджиталізації HR-менеджмента у проєкті створення Call-центру

№	Застосування моделей біадаптивності і форсайта для HR-менеджмента Call-центра		
	<i>Сфера застосування</i>	<i>Проект</i>	<i>Call-center</i>
1.	Інструкції для персоналу	Рольові інструкції	Посадові інструкції
2.	Анкетування	Анкети для команди проєкту, постійне вдосконалення анкет	Анкети для співробітників підприємства, постійне вдосконалення анкет
3.	Система показників КРІ	КРІ для проєкту	КРІ для співробітників зайнятих в операційній діяльності
4.	Кар'єрний ріст	Прогноз кар'єрного зростання учасників команди проєкту	Прогноз кар'єрного зростання співробітників підприємства

№	Застосування моделей біадаптивності і форсайта для HR-менеджмента Call-центра		
	<i>Сфера застосування</i>	<i>Проект</i>	<i>Call-center</i>
5.	Система мотивації	Розвиток системи мотивації команди проекту на основі форсайту	Розвиток системи мотивації персоналу на основі форсайту
6.	Реінжиніринг процесів	Прогнозування змін процесів, реінжиніринг процесів проекту	Прогнозування змін процесів, реінжиніринг процесів проекту
7.	Взаємна адаптація (біадаптація) систем	Адаптація під операційну систему	Адаптація під проектну систему

З метою визначення застосовності біадаптивних моделей та форсайт моделей у проекті створення Call-центру, при функціонуванні Call-центру та у проектах, які буде реалізувати Call-центр, проведемо відповідний SWOT - аналіз.

Сильні сторони застосування запропонованих моделей:

- облік додаткових чинників системою управління під час прийняття рішень;
- забезпечення проактивності управління;
- забезпечення узгодженості систем управління.

Слабкі сторони застосування запропонованих моделей:

- недостатня формалізованість моделей;
- недостатній рівень апробації форсайт-алгоритмів и біадаптивних алгоритмів;
- ймовірна природа форсайт-алгоритмів.

Загрози, які можуть виникнути під час застосування запропонованих моделей:

- неприйняття нових методик персоналом організації та командами проектів;
- ускладнення ІТ-системи внаслідок включення додаткових модулів;

- виникнення помилок в ІТ-системі внаслідок неякісного тестування або некоректної інтеграції.

Можливості, що відкриваються при застосуванні запропонованих моделей:

- зростання кадрового потенціалу підприємства;
- інтеграція окремих систем управління підприємством у єдину ІТ-систему;
- вдосконалення моделей диджиталізації підприємства.

В якості експерименту було проведено опитування щодо застосовності розроблених моделей у практиці проєктно-орієнтованого підприємства. Результати обробки експерименту представлені в табл. 3.4.

Табл. 3.4 Застосовність розроблених моделей

№	Результати опитування персоналу організації			
	Анкета	Да	Ні	Важко відповісти
1.	Застосовність біадаптивних моделей	34%	12%	54%
2.	Застосовність моделей форсайту	25%	14%	61%
3.	Готовність персоналу до змін і розвитку	62%	21%	17%
4.	Готовність персоналу впроваджувати біадаптивні моделі	55%	18%	27%
5.	Готовність персоналу до впровадження форсайт моделей	38%	40%	22%
6.	Готовність топ-менеджменту до діджиталізації системи управління	89%	2%	9%
7.	Готовність топ-менеджменту діджиталізувати управління персоналом	93%	3%	4%
8.	Оцінка ефективності біадаптивних моделей	29%	11%	60%

№	Результати опитування персоналу організації			
	Анкета	Да	Ні	Важко відповісти
9.	Оцінка ефективності форсайт моделі	42%	23%	35%
10.	Оцінка ефективності комплексу запропонованих методів на вашому підприємстві (біадаптивні моделі та форсайт моделі)	41%	32%	27%

Опитування проводилось серед персоналу п'яти проєктних підприємств м. Києва та м. Миколаєва. Підприємства можна віднести до середніх – чисельність працівників перевищує 150 осіб. Перед опитуванням було проведено короткий тренінг персоналу щодо запропонованих до впровадження моделей. Результати опитування свідчать про наступне:

- найвища кадрова готовність спостерігалась у питанні впровадження діджиталізації. Крім того, діджиталізація управління персоналом оцінюється як трохи більш актуальна (93% проти 89% для цифровізації в цілому). Це можна пояснити тим, що співробітники розуміють, що тотальна діджиталізація більше стосується стратегічних, ніж тактичних, більш актуальних цілей;

- застосовність біадаптивних моделей і форсайт моделей оцінюється на середньому рівні (34% і 25%), а також їх очікувана ефективність (29% і 42%). Це можна пояснити нерозумінням персоналом запропонованих моделей. Крім того, було досягнуто вищого розуміння щодо біадаптивних моделей. Це можна пояснити простотою і звичністю принципів адаптації. Однак очікувана ефективність більше для форсайт моделей. Це можна пояснити високими очікуваннями персоналу від моделей прогнозування;

- в цілому готовність персоналу до змін (62%) вище середнього, а ефективність комплексу запропонованих методів персонал оцінив як середню

(41%), що підтверджує перспективність впровадження запропонованого підходу для проєктно-орієнтованих підприємств.

Використання біадаптаційних моделей та форсайту в ІТ-системі управління персоналом проєктно-орієнтованого підприємства дозволить: враховувати системою управління додаткові фактори при прийнятті рішень, забезпечувати проактивне управління та координацію систем управління, створити можливості для зростання кадрового потенціалу підприємства шляхом вдосконалення моделей цифровізації підприємства. Проведений експеримент (опитування персоналу) показав перспективність запропонованого підходу та виявив відносно високі очікування персоналу від впровадження біадаптивної та форсайт-моделей, а також високі очікування їх ефективності (41%).

У діяльності сучасних проєктно-орієнтованих організацій намітився стійкий тренд на диджиталізацію системи управління. Однак залишається недостатньо дослідженою частина такої системи керування, пов'язана з управлінням персоналом. Діяльність проєктно-орієнтованих компаній, як правило, регламентується корпоративною методологією. Таку методологію можливо побудувати на визнаних стандартах у частині проєктного управління [3.18, 3.19]. Побудова диджиталізованої системи – на інформаційному стандарті, наприклад [3.20]. У той же час кадрова система, вимоги до якої описані в класичних стандартах [3.21, 3.22] ніяк не описана з точки зору її інформаційної складової. Таким чином відкривається можливість вирішити актуальну задачу диджиталізації HR-менеджменту. Для цього можна запропонувати моделі, розроблені для інших сфер застосування. На думку автора, до системи HR-менеджера проєктно-орієнтованого підприємства можуть бути застосовані моделі біадаптивного управління [3.23,3.24] та моделі форсайту [3.25,3.26]. Автор зробить спробу обґрунтувати їх доречність для цих задач і проілюструє свої розробки з прикладу проєкту створення Call-центру далі.

3.3. Моделювання ключових компетенцій програм біадаптивного розвитку проєктно-орієнтованих організацій

Вдосконалення функціонування проєктно-орієнтованих організацій в сучасних умовах зростання невизначеності і панівної діджиталізації бізнес-процесів вимагає науково-обґрунтованих підходів. Такі підходи мають бути спрямовані на розвиток компетенцій проєктних команд і персоналу операційного управління у ракурсі накопичення баз знань і відповідну реалізацію когнітивних моделей і методів. Методологічною основою такого розвитку може виступати біадаптивне управління [3.27], яке узгоджує діяльність проєктної і операційної підсистеми проєктно-орієнтованої організації, забезпечуючи їх взаємоадаптацію. Проєктно-орієнтоване управління на сучасному етапі акумулює наукові розробки компетентісного, когнітивного розвитку для забезпечення підвищення технологічної зрілості проєктних команд, а також проактивні [3.28, 3.29] і форсайт моделі [3.30] для формування стійкого тренду до прогнозованого і стійкого розвитку систем управління проєктно-орієнтованими організаціями. Такий розвиток набуває втілення зокрема у сучасних ІТ-проєктах, що для своєї реалізації використовують моделі штучного інтелекту і нейронних мереж [3.31].

Подальший розвиток наукових основ проєктно орієнтованого управління організаціями має бути спрямований на детальне обґрунтування законів, притаманних даній галузі знань, що дозволить будувати моделі, розробляти методи, засоби і механізми для реалізації проєктної діяльності в різних предметних областях. Чільне місце у низці досліджень з формування теоретичних засад проєктного управління належить розробкам вчених України і Японії [3.32, 3.33].

Зазначені дослідження є передумовами розвитку методології проактивного форсайт управління проєктно-орієнтованими організаціями. Існуючі підходи розглянуто нижче.

Більшість підходів передбачає необхідність створення групи (команди) з управління програмою біадаптивного розвитку і команд, що виконують проєкти [3.34].

На фінальній стадії управління архітектурою формуються підрозділи з управління програмою біадаптивного розвитку – група і команди управління програмою. Вони комплектуються з менеджерів і керівників програми, які будуть відповідальними за управління інтеграцією програми. Когнітивний потенціал таких команд має формуватися через синергію їх компетенцій.

У таких підрозділах визначається пріоритетність досягнення тих або інших частин місії, розмір програми і формат складових її проєктів. Також визначаються специфічні цілі компанії, досягнення яких підкріплюється розміром і складністю програми, визначається зв'язок з системою операційного управління в межах реалізації біадаптивності.

Далі формуються команди проєктів, складових програми. Таке формування, в основному, реалізується в трьох варіантах.

- 1) Вибір членів команди зсередини проєктно-орієнтованої організації.
- 2) Вибір членів команди, заснований на пайовій участі зацікавлених сторін програми біадаптивного розвитку.
- 3) Вибір членів команди із зовні на основі аутсорсингу.

Якщо проєктно-орієнтована організація не в змозі самостійно виконати програму біадаптивного розвитку, декілька зацікавлених сторін формують об'єднання (консорціум) для виконання такої програми і створюють відповідну команду.

Такі об'єднання найчастіше використовуються при реалізації наукомістких або венчурних програм, а також у сфері компаній-підрядчиків, які працюють у великих програмах або метапроєктах, створених зацікавленими сторонами, і що займаються масштабним проєктами розвитку, зокрема за державними договорами та за схемами громадського-приватного партнерства.

У третьому випадку компанія, що реалізовує програму біадаптивного розвитку, за допомогою вивчення тендерних пропозицій і проведення безпосередніх переговорів, оцінює технічні можливості зовнішніх організацій, рівень їх сукупної компетенції в управлінні відповідним проектом та компетенцій їх персоналу, а також можливість виконання ними комерційних умов тендеру.

Загалом проектно-орієнтована організація, що управляє програмою біадаптивного розвитку, повинна в межах корпоративної культури затвердити наступні положення:

- для управління програмою біадаптивного розвитку необхідно мати належним чином укомплектований підрозділ, персонал якого має володіти усіма необхідними компетенціями відповідно до компетентісної моделі програмного менеджменту;
- у програмі повинні брати участь грамотно підібрані команди проектів, сукупна компетенція яких має відповідати когнітивному еталону, затвердженому в корпоративній культурі;
- команди проектів повинні реалізовувати місії проектів, бути ефективно організованими відповідно до методології проектного менеджменту, технічно укомплектованими, мати автономні механізми роботи, що реалізують біадаптивність, і нести відповідальність перед менеджером програми;
- в програмі має бути налагоджений механізм здійснення інтеграції складових її проектів на основі об'єднаної компетенції;
- в програмі має бути створений механізм роботи з ризиками і змінами в оточенні для управління поточним рівнем досягнення цінності програми в узгодженні операційної і проектної діяльності;
- програма формує простір реалізації у вигляді програмної спільноти, в межах якої сукупна компетенція проектного управління формує когнітивний потенціал біадаптивного розвитку;

- індивідуальні компетенції учасників управління програмою, сукупна компетентність програмного менеджменту і вдалі рішення за програмою мають накопичуватися у базі знань і використовуватися для подальшого управління програмою на основі когнітивних алгоритмів.

З метою формування детального плану реалізації біадаптивних програм розвитку, необхідність якого пояснено і розкрито в [3.35], при побудові команд проєктів і визначенні їх можливостей і компетенцій, ідентифікуються розриви між концептуальним планом програми біадаптивного розвитку і планами реалізації проєктів, що формують таку програму. Розробка деталізованих планів реалізації підвищує ймовірність виконання проєктів. На даній фазі виконання роботи з огляду меж проєктів, їх розкладів, бюджетів і інтерфейсів, проводиться інтеграція календарно-сітьових моделей проєктів в загальну календарно-сітьову модель програми, встановлюються контрольні віхи і оновлюються плани з управління ризиками.

Контрольні віхи формуються згідно тієї ж концепції, що і розклад проєкту, але для управління програмою біадаптивного розвитку вони повинні визначатися з позиції інтеграції багатьох проєктів з метою встановлення різних стадій виконання програми, кожна з яких має бути забезпечена визначеним набором компетенцій відповідних команд.

У якості бази для формалізації сформульованої вище проблематики можуть бути розглянуті динамічні моделі з алгоритмічними та аналітичними цільовими функціями і обмеженнями, що досліджено в [3.36] або моделі лінійного програмування, зокрема двоїста задача [3.37].

Для успішної конкуренції на ринку проєктно-орієнтованій організації необхідно сформулювати всі компетенції і виділити ключові. Ключова компетенція організації – це така компетенція, наявність якої дозволяє організації вирішувати завдання, які не під силу для більшості інших гравців ринку, встановлює новий стандарт діяльності в галузі і тим самим забезпечує володареві конкурентну перевагу. У випадку програм біадаптивного розвитку проєктно-орієнтованих організацій така ключова компетенція може

формуватися на основі когнітивного моделювання цільової компетентісної моделі.

Згідно з [3.38], компанія повинна сприйматися не як сукупність бізнес-одиниць, що її складають, а як поєднання ключових компетенцій – навичок, умінь, технологій – які дозволяють організації створювати для своїх споживачів певні цінності.

Ключова компетенція є стратегічним потенціалом проектно-орієнтованої організації. Оперативне управління організацією – спосіб отримання вигоди з цього потенціалу, за умови узгодженого управління операційною і проектною підсистемами в межах біадаптивних моделей.

Сформулюємо ознаки ключової компетенції:

- значущість для споживачів, їх готовність платити за компетенцію, як за велику частину цінності, якої вони набувають;
- здатність змінюватися і адаптуватися під нові вимоги ринку;
- унікальність, мала ймовірність повторення конкурентами;
- заснованість на знаннях і когнітивних моделях, а не на збігу обставин;
- пов'язаність з декількома видами або продуктами діяльності проектно-орієнтованої організації;
- актуальність, відповідність стратегічним векторам розвитку ринку і проектно-орієнтованої організації;
- можливість партнерства із внутрішніми і зовнішніми стейкхолдерами для створення нової ключової компетенції;
- ясність, доступність формулювання компетенції для її однозначного тлумачення;
- створення синергії від поєднання індивідуальних компетенцій фахівців проектно-орієнтованої організації в сукупну компетентність в проектному управлінні на базі когнітивних моделей і методів.

За грамотних дій ключова компетенція призводить до створення унікальних продуктів, забезпечує проектно-орієнтованій організації першість при виході на нові ринки і вагомі переваги у вирішенні завдань, які згодом стануть полем жорсткої конкуренції. В умовах конкуренції організації прагнуть до захисту ключової компетенції, щоб зберегти конкурентну перевагу. Вагомим чинником такого збереження є накопичення і розвиток компетенцій, формування і використання бази знань з проектного управління, використання когнітивних механізмів її вдосконалення.

Своєчасне розуміння ключової компетенції відкриває проектно-орієнтованій організації шлях до довгострокового лідерства на ринку, а завойоване лідерство, в свою чергу, вимагає зосередження зусиль на ключовій компетенції.

Ключовою компетенцією є компетенція вищого порядку, що бере участь в створенні найбільшої споживчої цінності, яка є колективним знанням, що дозволяє організувати і управляти використанням інших компетенцій і здібностей, і тим самим створює додаткову споживчу цінність в межах використання когнітивних моделей розвитку ключової компетенції.

Властивості ключової компетенції відмічені ще Прахаладом та Хемелом [3.38], різними авторами пропонувалися й інші характеристики ключової компетенції, опишемо її ідентифіковані найважливіші властивості.

Перш за все, ключовій компетенції властива складність. Вона є похідною від сукупності ресурсів і здібностей, її досить важко ідентифікувати. Конкретна ключова компетенція може бути використана лише в рамках тієї бізнес-системи, в якій вона існує, тобто вона властива лише даній конфігурації ресурсів і здібностей. Компетенція, на відміну від інших активів організації, не зношується від використання. Навпаки, і ряд авторів відмітили це як основну стратегічну перевагу, створена при формуванні конкурентної переваги на основі компетенції, вона розвивається, її якість підвищується, ефективність її використання істотно зростає – це найбільш зносостійкий і довготривалий актив організації. В той же час, ключова компетенція

неповторна, тобто не може бути безпосередньо скопійована або використана конкурентами, і незамінна – не може бути заміщена іншою компетенцією. Ключова компетенція організації, найчастіше, від початку розвинена краще, ніж у конкурентів, і орієнтована на споживача за визначенням. І, нарешті, оскільки ключова компетенція включає сукупність інших компетенцій та здібностей, вона може бути використана для їх взаємного посилення.

Ключова компетенція лежить на перетині внутрішніх умов бізнесу і споживчих переваг, це те знання, від якого залежить отримання максимальної частки споживчої цінності. Саме збільшення додаткової споживчої цінності за рахунок розвитку ключової компетенції і є підставою для отримання стійкої конкурентної переваги. Більш високу споживчу цінність продукту може бути використано для реалізації двох базових типів стратегій – диференціації або лідерства за витратами. Це дозволяє дійти висновку, що ключова компетенція дає можливість отримання у конкурентній боротьбі як якісної переваги, що відноситься до властивостей продукту, так і кількісної, що відноситься до більш міцного фінансового становища. Це свідчить про універсальний характер ключової компетенції, що дає можливості для її прояву під час реалізації проектних ініціатив.

При реалізації програми біадаптивного розвитку проектно-орієнтованої організації існуюча ключова компетенція організації може зазнавати значних змін. Крім того, слід розуміти, що при впровадженні інновацій ми можемо отримати не лише переваги, але й додаткові проблеми та навіть ризики. Слід зауважити, що проектно-орієнтована організація може мати більше одної ключову компетенцію, особливо якщо змінюється структура управління, зокрема через впровадження біадаптивного підходу.

Синхронізований розвиток компетенцій в спробі отримання когнітивної синергії і вдосконалення когнітивного потенціалу проектно-орієнтованої організації є складною задачею для формалізації. Класична задача лінійної оптимізації для вирішення такого класу задач вже не підходить, тому що не враховує додаткових умов, що виникають при переході

проектно-орієнтованої організації з одного стану до іншого в програмах біадаптивного розвитку. Тому для вирішення цієї задачі пропонується використовувати двоїсту задачу [3.39].

Припустимо, що пряма задача лінійної оптимізації подана у стандартній формі запису [3.39, 3.40]. Сформулюємо таку задачу лінійної оптимізації у якості стандартної задачі:

$$\begin{aligned} W_I &= \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max, \\ \Omega_I &: \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, \dots, m, \\ \mathbf{X1} &: \quad x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \end{aligned} \quad (3.1)$$

Двоїстою або сполученою з нею задачею назвемо задачу наступного вигляду:

$$\begin{aligned} W_{II} &= \sum_{i=1}^m b_i y_i \rightarrow \min, \\ \Omega_{II} &: \sum_{i=1}^m a_{ij} y_i \geq c_j, \quad j = 1, 2, \dots, n, \\ \mathbf{X2} &: \quad y_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \end{aligned} \quad (3.2)$$

Позначення в формулах мають наступне значення:

$\mathbf{c} = C = c = [c_1, c_2, \dots, c_n]$, $C \in \mathbf{R}^n$ – коефіцієнти цільової функції W_I прямої задачі лінійної оптимізації;

$\mathbf{x} = X = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$, $X \in \mathbf{R}^n$ – змінні (невідомі) величини прямої задачі лінійної оптимізації;

$\mathbf{X1}$ – умовне позначення прямої задачі;

$\mathbf{X2}$ – умовне позначення двоїстої задачі;

$A = [a_{ij}]_{(m \times n)}$ – матриця коефіцієнтів системи обмежень прямої задачі;

$\mathbf{b} = B = [b_1, b_2, \dots, b_m]^T$, $B \in \mathbf{R}^m$ – коефіцієнти правих частин системи обмежень прямої задачі;

$\mathbf{y} = Y = [y_1, y_2, \dots, y_m]^T$, $Y \in \mathbf{R}^m$ – змінні (невідомі) величини двоїстої задачі лінійної оптимізації.

Введемо для розгляду системи коваріантних та контраваріантних векторів:

$\mathbf{a}_j = [a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj}]^T \in \mathbf{R}^m, j=1, 2, \dots, m$ – вектор-стовпчики (коваріантні вектори) матриці A системи обмежень Ω_I прямої задачі;

$\mathbf{a}^i = a^i = [a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}] \in \mathbf{R}^n, i=1, 2, \dots, n$ – вектор-рядочки (контраваріантні) матриці A системи обмежень Ω_I прямої задачі.

В такому разі, матрицю A коефіцієнтів системи може бути представлено у векторному вигляді:

$A = [\mathbf{a}^1, \mathbf{a}^2, \dots, \mathbf{a}^m]^T = [\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \dots, \mathbf{a}_n] \in \mathbf{R}^m \otimes \mathbf{R}^n$ а пара двоїстих задач має третю форму запису:

$$\begin{aligned} W_I &= (\mathbf{c}, \mathbf{x}) \rightarrow \max, \\ \Omega_I : (\mathbf{a}_j, \mathbf{x}) &\leq \mathbf{b}, \quad - \text{пряма задача,} \quad (3.3) \\ \mathbf{x} &\geq 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{II} &= (\mathbf{b}, \mathbf{y}) \rightarrow \min, \\ \Omega_{II} : (\mathbf{a}^i, \mathbf{y}) &\geq \mathbf{c}, \quad - \text{двоїста задача до наведеної прямої.} \quad (3.4) \\ \mathbf{y} &\geq 0. \end{aligned}$$

Таким чином, маємо форму запису означення двоїстої задачі до стандартної задачі лінійної оптимізації:

$$\begin{aligned} W_I &= \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max, & W_{II} &= \sum_{i=1}^m b_i y_i \rightarrow \min, \\ \mathbf{X1}: \Omega_I : \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j &\leq b_i, \quad i=1, \dots, m, & \xrightarrow{\text{def Dual}} & \mathbf{X2}: \Omega_{II} : \sum_{i=1}^m a_{ij} y_i \geq c_j, \quad j=1, 2, \dots, n, \quad (3.5) \\ x_j &\geq 0, \quad j=1, \dots, n, & & y_i \geq 0, \quad i=1, 2, \dots, m, \end{aligned}$$

Різні форми запису задач лінійної оптимізації є еквівалентними – зберігають множину розв'язань. Добитися цього можливо за умови використання прийомів еквівалентного перетворення для переходу від однієї форми задач до іншої.

Таким чином, якщо маємо загальну задачу лінійної оптимізації в розгорнутій формі запису:

$$\begin{aligned}
 & W_I = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max, \\
 X1: \Omega_I: & \begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, & i = 1, 2, 3, \dots, k, \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, & i = k+1, k+2, k+3, \dots, m, \\ x_j \geq 0, & j = 1, 2, \dots, l, \end{cases} \quad (3.6)
 \end{aligned}$$

двоїстою до неї будемо називати задачу вигляду:

$$\begin{aligned}
 & W_{II} = \sum_{i=1}^m b_i y_i \rightarrow \min, \\
 X2: \Omega_{II}: & \begin{cases} \sum_{i=1}^m y_i a_{ij} \geq c_j, & j = 1, 2, 3, \dots, l, \\ \sum_{i=1}^m y_i a_{ij} = c_i, & i = l+1, l+2, l+3, \dots, n, \\ y_i \geq 0, & i = 1, 2, \dots, k. \end{cases} \quad (3.7)
 \end{aligned}$$

Отже, було сформульоване підґрунтя для формалізації задачі синхронізованого розвитку компетенцій з метою отримання когнітивної синергії і вдосконалення когнітивного потенціалу проектно-орієнтованої організації в програмі біадаптивного розвитку. Розв'язання такої задачі пропонується з використанням напрацювань, викладених у [3.37, 3.39].

В межах досліджуваної тематики розглянемо також холакратію як засіб біадаптивного когнітивного вдосконалення. У сучасних дослідженнях [3.41, 3.42] холакратію розглядають як один із засобів розвитку організації, зокрема через розвиток компетенцій проектних команд. Холакратію можна характеризувати як систему організації управління та прийняття рішень, що розподілені між командами, що самоорганізуються, а не надаються відповідно до управлінської ієрархії.

З точки зору управління, ключовими структурними елементами в холакратії є ролі, а не певні виконавці – члени команди (одна людина може виконувати кілька ролей у певний час). Роль визначають відповідно до можливих напрямів (галузей) контролю та відповідальності, поточних завдань проєктної команди. Таким чином, концептуально, команду розглядають у вигляді кола. Ролі визначають для кожного «кола» методом колективного управління та регулярно виправляють та вдосконалюють з метою приведення їх у відповідність до потреб організації, що постійно змінюються.

Отже, в межах організації, команди можуть бути представлені у вигляді системи кіл, що самоорганізуються. Однак, у певній мірі, ієрархія в управлінському процесі зберігається за рахунок того, що на практиці кола мають ієрархічну організацію. Так звані зовнішні кола ставлять до певного кола конкретну мету та визначають напрями відповідальності. При цьому кожне коло (команда) наділене повноваженнями щодо внутрішньої самоорганізації з метою ефективного досягнення поставлених цілей. У випадку проєктно-орієнтованої організації, кожне коло – це команда проєкту, а зовнішні кола – зацікавлені сторони або групи зацікавлених сторін відповідного проєкту. Такими зацікавленими сторонами можуть бути як внутрішні, так і зовнішні стейкхолдери по відношенню до організації. Таким чином, команда може проводити внутрішні збори, призначати співробітників на відповідні ролі та визначати відповідальних за виконання роботи в межах встановленого напрямку повноважень. Отже, в межах даного підходу кожен член команди, який виконує певну роль у проєкті, отримує з «командного кола» відповідні цілі та сферу відповідальності за виконання робіт у проєкті – отримує своє власне «коло» (рис. 3.4).

З метою координації дій у проєктах з місією та стратегією організації необхідно передбачити відповідні ролі (зв'язок з керівним колом та зв'язок із підпорядкованим). Члени команди, які виконують дані ролі, беруть участі в зборах як власного, так і зовнішнього кола.

Розглянемо даний підхід з урахуванням принципу біадаптивності. З точки зору управління, команда може розмежувати процеси управління програмою розвитку на дві групи: процеси управління та виробничі процеси.

Відповідно, у першій групі, у процесах управління, кожна команда використовує чітко визначений процес управління та вдосконалення власних ролей і принципів роботи. Він повинен забезпечувати внесення пропозицій щодо змін у структурі команди і базуватись на консенсусі або згоді членів команди управління програмою. Таким чином можна забезпечити інтеграцію думок всіх сторін (ролей в команді) з конкретного питання, щоб запропоновані зміни та заперечення проти них були враховані, а отже, були враховані потреби організації.

У другій групі (виробничі процеси) координація команд визначається виробничими потребами. Кожен член команди (кола) повинен виконувати обов'язки в проєкті (програмі) з метою забезпечення ефективної спільної роботи. В даному випадку член команди повинен мати високий ступінь автономності та повноважень для вибору ефективних способів досягнення цілей у проєкті (програмі). При цьому група процесів управління є головною в тому сенсі, що повноваження та вибір способів досягнення цілей не призведуть до непередбаченого витрачання активів організації.

Застосування такого підходу з огляду на вдосконалення організації в умовах турбулентного конкурентного середовища дозволяє розглянути її розвиток з врахуванням когнітивної та біадаптивної складових. Саме команда, що самоорганізується з використанням холакратичного підходу, може виявити відсутність необхідних компетенцій у проєкті та своєчасно усунути цей недолік. Водночас, поділ процесів на управлінські та виробничі дозволяє команді проєкту застосовувати біадаптивне управління з метою досягнення мети програми біадаптивного розвитку.



Рис. 3.4. Визначення компетенцій команди проекту та її членів через структуру компетенцій організації

Таким чином, було сформульовано методологічний підхід до реалізації програм біадаптивного розвитку організації на основі когнітивного вдосконалення ключових компетенцій таких організацій.

3.4. Використання когнітивного моделювання під час створення ІТ-проектів

Когнітивне моделювання набуває особливої специфіки при проектуванні сучасних ІТ-проектів, особливо в тих випадках, коли при автоматизації проекту і в результаті впровадження завдань реалізації ІТ-проекту має бути складна, багатогранна і масштабна діяльність. Як показує досвід створення подібних проектів, у цей процес у переважній більшості випадків доводиться залучати різномірні, територіально розподілені відомства та установи, які працюють за різними методиками, інструкціями та регламентами. Така ситуація виникає, наприклад, у процесі автоматизації у масштабі цілої галузі, коли інформаційний процес охоплює сотні різномірних показників, які формуються з урахуванням десятків часто несумісних методик. У цьому й подібних випадках до якості проектування пред'являються

підвищені вимоги, оскільки подальша переробка недостатньо ретельно проробленого ІТ-проєкту пов'язана не тільки зі значними витратами фінансових, матеріальних та людських ресурсів, але й із втратою часу, що є критичним у системі державного управління.

У зв'язку з цим забезпечення необхідної якості проєктування неможливо без ретельно розробленої моделі предметної галузі, що, своєю чергою, потребує відповідної методології моделювання.

Вчені та дослідники поки що обходять стороною когнітивні аспекти проєктування в цілому та проєктування та створення ІТ-проєктів зокрема. Хоча саме ІТ-проєкти на сучасному етапі розвитку є основним інструментом підтримки прийняття рішень, і від ефективності їхньої роботи значною мірою залежить якість та оперативність прийнятих рішень. Розробка сучасних складних та багатофункціональних ІТ-проєктів, наприклад для моніторингу та оцінки діяльності цілої галузі — це багатогранний, багатоетапний та тривалий процес, що передбачає взаємодію різних структурних підрозділів виконавця робіт і, відповідно, багатьох аналітиків, розробників та адміністраторів, при цьому найчастіше функціонально розділених та просторово розподілених. І когнітивний аспект у цій роботі відіграє не останню роль.

Таким чином, дослідження ролі та значення когнітивної складової та її обліку у процесі проєктування ІТ-проєкту навіть у плані формулювання проблеми та постановки задачі є новим, невивченим та перспективним питанням.

Етапи моделювання та зв'язки між об'єктами

Моделювання під час створення ІТ-проєктів має деякі особливості порівняно з іншими сферами. При проєктуванні ІТ-модель насамперед є способом вже існуючої сутності (причому як матеріальної, і віртуальної) і відбиває цю сутність у частині автоматизації які у ній процесів з допомогою впровадження проєкту. У разі модель предметної області служить основою розробки моделі, прототипу, майбутнього проєкту.

Виходячи з цієї специфіки і ґрунтуючись на теоретичних дослідженнях у галузі застосування моделей та моделювання, логіку проектування, розробки та створення ІТ-проєкту можна подати у вигляді послідовності дій, зображеної на рис. 3.5

З представленої на рис. 3.5 логічної схеми проектування ІТ-проєкту витікає, що з результатами експериментальних чи теоретичних досліджень предметної області, відбитих у його моделі, розробляється модель саме ІТ. Потім проводиться перевірка відповідності проєкту цілям та задачам проектування, специфіці предметної галузі. На підставі цієї перевірки уточнюється уявна модель, а отримані зміни втілюються в натурній або абстрактній моделі з подальшим коригуванням проєкту.

Описана логіка моделювання диктує доцільність етапів моделювання. На етапі змістовної постановки завдання чітко формулюються цілі та ставляться задачі моделювання. При цьому визначаються об'єкти, що відносяться до задач, що вирішуються, а також ситуація, яку потрібно реалізувати в результаті її вирішення.

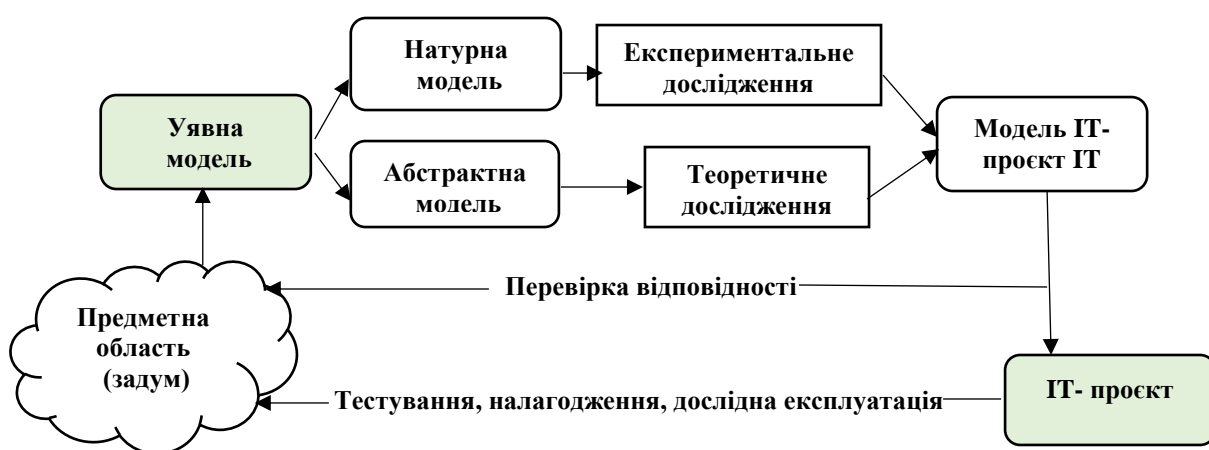


Рис. 3.5 Логічна схема побудови ІТ-проєкту

Для того, щоб задачу можливо було описати кількісно і використовувати при її вирішенні обчислювальну техніку, потрібно зробити якісний та

кількісний аналіз об'єктів та ситуацій, що мають до неї відношення. При цьому здійснюється декомпозиція складних об'єктів на складові (елементи), визначаються взаємозв'язки цих елементів, їх властивості та кількісні та якісні значення цих властивостей, кількісні та логічні співвідношення між ними, що виражаються у вигляді рівнянь, нерівностей. В результаті розв'язання цієї задачі системного аналізу об'єкт виявляється представленим у вигляді системи.

У процесі математичної постановки задачі здійснюється побудова математичної моделі об'єкта та визначення методів (алгоритмів) отримання розв'язання задачі. На цьому етапі може виявитися, що раніше проведений системний аналіз призвів до такого набору елементів, властивостей та співвідношень, для якого немає прийняттого методу розв'язання задачі, і в результаті доводиться повертатися до етапу системного аналізу. Як правило, задачі, що вирішуються на практиці стандартизовані, системний аналіз проводиться у розрахунку на відому математичну модель і алгоритм її вирішення, проблема полягає лише у виборі відповідного методу.

Для складних об'єктів, що складаються з великої кількості елементів і мають велику кількість властивостей, може знадобитися застосування спеціалізованих пакетів для інформаційного моделювання, що забезпечують ведення бази даних, засобів роботи з нею, методів вилучення необхідних для розрахунків даних.

Для стандартних завдань може бути використаний відповідний пакет прикладних програм та систем управління базами даних. На заключному етапі проводиться дослідна експлуатація моделі та на основі аналізу отриманих результатів реалізується остаточний варіант ІТ-проєкту.

Якщо проводиться глибока декомпозиція предметної області, у результаті якої утворюється безліч об'єктів, відносини між різними класами і екземплярами об'єктів відбиваються в інформаційних моделях як зв'язку. Кожен зв'язок задається у моделі певним ім'ям. У графічній формі зв'язок представляється як лінія зі стрілками між об'єктами, що зв'язуються, і

позначається ідентифікатором зв'язку (наприклад, діаграма «сутність-зв'язок»).

Існують три види зв'язку: зв'язок «один до одного» реалізується в тому випадку, коли один примірник одного об'єкта пов'язаний з єдиним екземпляром іншого; зв'язок «один до багатьох» виникає тоді, коли один екземпляр першого об'єкта пов'язаний з одним або більше екземплярами другого об'єкта, але кожен екземпляр другого об'єкта пов'язаний лише з одним екземпляром першого; зв'язок «багато до багатьох» існує, коли один екземпляр першого об'єкта пов'язаний з одним або кількома екземплярами другого і кожен екземпляр другого пов'язаний з одним або багатьма екземплярами першого.

Зв'язки поділяються на безумовні та умовні. У безумовному зв'язку для участі у ній потрібен кожен екземпляр об'єкта. В умовному зв'язку беруть участь не всі екземпляри об'єкта. Зв'язок може бути умовним як з одного, так і з обох боків.

Всі зв'язки в інформаційній моделі потребують опису, який як мінімум включає:

- ідентифікатор зв'язку;
- формулювання сутності зв'язку;
- вид зв'язку (його множинність та умовність);
- спосіб опису зв'язку за допомогою допоміжних атрибутів об'єктів.

Найвідоміша структура, об'єднана односпрямованим зв'язком — це черга. Можливими узагальненнями інформаційних моделей є циклічна структура таблиця.

Дуже важливу роль грає деревоподібна інформаційна модель, що є однією з найпоширеніших типів класифікаційних структур. Ця модель будується на основі зв'язку, що відображає відношення частини до цілого, тобто зв'язку типу «один до багатьох». Таким чином, типи даних у програмуванні тісно пов'язані з певними інформаційними моделями даних.

Ще більш загальною інформаційною моделлю є так звані графові структури, які лежать в основі вирішення багатьох завдань інформаційного моделювання.

Досвід створення складних ІТ-проектів, призначених для вирішення міждисциплінарних завдань та завдань управління на стратегічному рівні, виявив низку проблем, що ускладнюють ефективне проектування та розробку таких проектів. Насамперед йдеться про високий рівень фрагментарності та неузгодженості пов'язаної з цією діяльністю інформації між експертами, розробниками та адміністраторами. У науковій літературі ступінь такої узгодженості називається рівнем когнітивної інтеперабельності.

За визначенням проблему когнітивної інтеперабельності дозволяє подолати ретельно розроблена модель предметної галузі, яка має надати всім учасникам проекту, незалежно від їх відомчої приналежності та просторового розташування, цілісне та однозначне уявлення про саму предметну область, про цілі та задачі проектування, а також про функції, покладення на ІТ-проект. Однак наявність такої моделі є необхідною, але не достатньою умовою. Навіть у разі ідеальної моделі предметної області не вдається позбутися неоднозначного розуміння тих чи інших питань проектування, які істотно впливають на хід розробки та на функціонування проекту.

Як ефективний і найбільш результативний спосіб подолання цієї проблеми пропонується ввести в регламенти розробки моделі предметної області та проектування розділ, присвячений питанням узгодження окремих частин моделі предметної області та проекту. У цьому розділі мають бути передбачені такі найважливіші елементи взаємодії між усіма зацікавленими підрозділами та учасниками проектування:

- питання, які підлягають обов'язковому узгодженню;
- порядок зміни (скорочення, розширення) переліку питань, що підлягають узгодженню;

- форми документів, що передаються у порядку погодження між учасниками проектування, що передбачають можливий повний та однозначний опис суті питань, що підлягають узгодженню;
- жорсткі та конкретні терміни узгодження, включаючи і можливість узгодження «за умовчанням» у тому випадку, якщо відповідь на запит не надійшла у встановлений термін;
- порядок вирішення спірних питань у разі неможливості досягти узгодженого рішення між учасниками проектування.

Розробка ІТ-проектів для управління в складних предметних областях.

Основними проблемами інженерії програмного забезпечення стають прискорення змін і, відповідно, необхідність швидкої адаптації до нових умов, забезпечення, з одного боку, високого ступеня гнучкості та можливості налаштування створюваних систем на потреби різних категорій користувачів, що швидко змінюються, та умови експлуатації, а з іншого — функціональної надійності розроблюваних ІТ-проектів.

Оскільки великі ІТ-проекти охоплюють усі сфери діяльності підприємств, необхідною умовою створення ефективних систем управління, підвищення оперативності їх адаптації, зниження трудомісткості супроводу є необхідність залучення до розробки та модифікації моделей фахівців у різних предметних галузях.

Також при створенні складних ІТ-проектів часто виникає необхідність розробки сімейств моделей, що описують різні сторони функціонування системи та/або реалізації багаторівневих моделей, що описують систему з різним ступенем абстракції. Серед безлічі існуючих методологій проектування ІТ-проектів можна виділити три основні підходи:

Каскадна розробка, або так звана модель водоспаду {англ. waterfall model), яка виглядає як якийсь потік робіт, що послідовно проходить наступні етапи:

- визначення вимог до створюваного ІТ-проекту;

- створення майбутнього проєкту, під час якого створюється проєктна документація, що описує способи та план реалізації певних вище вимог;
- реалізація, тобто власне створення ІТ-проєкту як апаратно-програмного комплексу;
- тестування та налагодження ІТ-проєкту — на цій стадії певною мірою можуть бути усунені недоліки, що виявилися на попередніх стадіях розробки, проте усунення помилок у вимогах в ІТ-проєкті є досить проблематичним;
- впровадження ІТ-проєкту та його подальша підтримка, що здійснюється в процесі експлуатації, в основному спрямована на усунення помилок та додавання нової функціональності.

Каскадний підхід у чистому вигляді передбачає, що перехід до наступного етапу відбувається після повного і успішного завершення попереднього, тобто. повернення до попередніх етапів або їх паралельне виконання не передбачається. При управлінні великими проєктами виконання етапів проєкту в суворій послідовності дозволяє кардинально знизити багато ризиків проєкту і зробити прозорішою його реалізацію, а також дає можливість оцінювати якість продукту на кожному етапі. Проте це обумовлює недостатню гнучкість такого підходу та оголошення самоціллю формальне управління проєктом, найчастіше на шкоду термінам, вартості чи якості. Для усунення цих недоліків було розроблено низку різних модифікацій каскадного підходу, що в основному полягають у забезпеченні можливості повернення до попередніх етапів, але всі вони, проте, пов'язані зі значним збільшенням матеріальних та тимчасових витрат на розробку.

Спіральна модель життєвого циклу було запропоновано подолання цих проблем. На етапах аналізу та проєктування реалізованість технічних рішень та ступінь задоволення потреб замовника перевіряється шляхом створення прототипів. Кожен виток спіралі відповідає створенню працездатного фрагмента чи версії системи. Це дозволяє уточнити вимоги, цілі та

характеристики проєкту, визначити якість розробки, спланувати роботи наступного витка спіралі. Таким чином поглиблюються та послідовно конкретизуються деталі проєкту і в результаті вибирається обґрунтований варіант, який задовольняє дійсним вимогам замовника та доводиться до реалізації. Основна проблема спірального циклу – визначення моменту переходу на наступний етап. Для її вирішення вводяться тимчасові обмеження на кожен із етапів життєвого циклу, і перехід здійснюється відповідно до плану, навіть якщо не вся запланована робота закінчена. Планування здійснюється на основі статистичних даних, отриманих у попередніх проєктах, та особистого досвіду розробників.

Ітеративна технологія {англ. iteration - повторення) відображає об'єктивно існуючий спіральний цикл створення складних систем і передбачає виконання кожного з перерахованих вище етапів у режимі постійного аналізу отриманих результатів та коригування попередніх етапів роботи. ІТ-проєкт, що створюється таким чином, на кожному етапі проходить повторюваний цикл PDCA (plan-do-check-act cycle: планування-реалізація-перевірка-оцінка). У ході розробки можуть бути змінені існуючі або висунуті додаткові вимоги та обмеження, пов'язані з ухваленими технічними рішеннями. Саме за ітеративної розробки їх вдається врахувати якнайповнішою мірою, оскільки саме при такому підході всі учасники проєкту цілком готові до змін. Різновидами каскадного підходу є V-модель, спіральна модель, прототипування.

До переваг ітеративного підходу також належать:

- безперервне ітеративне тестування, раннє виявлення конфліктів між вимогами, моделями та реалізацією проєкту, зниження впливу помилок проєктування на ранніх стадіях проєкту, що веде до мінімізації витрат на їх усунення;
- ефективний зворотний зв'язок між учасниками проєкту, зокрема проєктної команди із замовником ІТ-проєкту, що забезпечує максимально

повне задоволення його потреб, ефективне використання накопиченого досвіду;

- можливість оцінити ступінь реалізації проєкту і, як наслідок, велика впевненість замовників та виконавців у його успішному завершенні, можливість акцентувати зусилля на найважливіших та критичних напрямках проєкту;

- більш рівномірне завантаження учасників проєкту, більш рівномірний та передбачуваний розподіл витрат по всьому періоду створення ІТ-проєкту.

Звертаючись до проблематики оцінювання та моніторингу стану справ у складних предметних областях, слід зазначити, що ці предметні області часто далеко не повною мірою вивчені або вивчені фрагментарно. Наслідком цього є відсутність досить повних, але в той же час загальноприйнятих та практично корисних онтологій (концептуальних схем) та інформаційних моделей об'єктів та процесів, що забезпечують інформаційний опис цих предметних областей у створюваному ІТ-проєкті. Більше того, можлива також практична відсутність очевидних або достатньо опрацьованих методів і моделей самого процесу моніторингу складної програмно-цільової діяльності (а також процесу управління нею), які враховують причинно-наслідкові залежності та забезпечують правильну постановку цілей і завдань моніторингу та управління. Відсутність таких онтологій, моделей і методів викликає необхідність застосування методів когнітивного моделювання, які, по суті, закладені в алгоритмі формування ІТ-проєкту, що описується нижче.

У зв'язку зі сказаним вище розробка якісного ІТ-проєкту складної предметної області з ходу, методом каскадного проєктування є справою скрутною, якщо не сказати неможливою, і вимагає застосування ітераційних методів. З іншого боку, ітераційний підхід у чистому вигляді (описаному вище) має досить загальний характер, погано піддається формалізації в плані управління та бюджетування. Внаслідок цього необхідно його конкретизувати стосовно як основної задачі моніторингу складної предметної області, так і

можливої задачі управління нею (або її окремими суб'єктами, що мають відповідні важелі управління). У зв'язку з цим передбачається застосування гібридного – каскадно-циклічного – алгоритму формування моніторингового (або моніторингово-керуючого) ІТ-проєкту для складних предметних областей.

На рис. 3.6 представлена блок-схема цього алгоритму, призначеного для моніторингу та оцінювання складних та комплексних (мультидисциплінарних) предметних галузей.

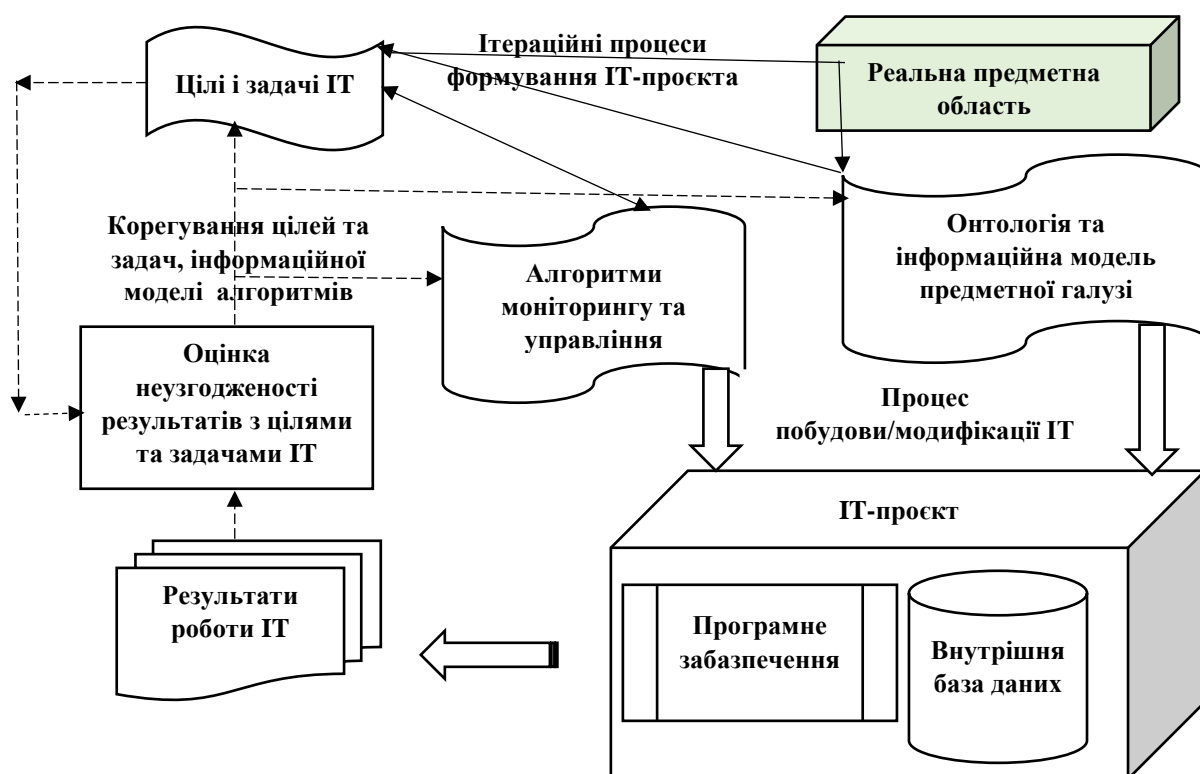


Рис. 3.6 Алгоритм каскадно-циклічного процесу формування ІТ-проєкту

Представлені на рис. 3.6 блоки мають різну природу:

1. Блок «Реальна предметна область» є об'єкти та процеси (фізичні, соціальні та інших.), є предметом моніторингу та управління.
2. Блоки «Цілі та задачі ІТ-проєкту», «Онтологія та інформаційна модель предметної галузі» та «Алгоритми моніторингу та управління», по

суті, є комплектом проєктної документації, в якому має бути формально відображено:

- у першому — цілі та задачі процесу моніторингу (і управління), які одночасно є цілями та задачами відповідного ІТ-проєкту;
- у другому — онтологія (або концептуальна схема) та конкретна інформаційна модель об'єктів і процесів предметної галузі, реалізована принаймні в тій частині, яка необхідна і достатня для цілей і завдань, що стоять; о в третьому — відповідні цілям і задачам алгоритми процесів оцінювання та моніторингу, а також алгоритми впливів, що управляють, якщо для ІТ-проєкту передбачається така функціональність у вигляді підсистеми управління.

3. Блок «ІТ-проєкт» є апаратно-програмне втілення перерахованих вище документів, що включає базу даних, побудовану на основі інформаційної моделі, і програмні модулі, що реалізують алгоритми моніторингу (управління).

4. Блок «Результати роботи» є формальними документами, що генеруються в результаті практичної роботи ІТ-проєкту — статистичні та аналітичні звіти про стан та динаміку предмета моніторингу та управління.

5. Блок «Оцінка неузгодженості» також є документом (звітом), який відображає ступінь досягнення цілей і завдань моніторингу та управління, формально — розбіжності між необхідними або запланованими значеннями та реально досягнутими оцінками показників — результатами моніторингу програмно-цільової діяльності. Представлені блоки та процеси утворюють «великий» цикл каскадно-циклічного (ітераційного) алгоритму формування ІТ-проєкту, призначеного для моніторингу та оцінювання складних предметних галузей.

Процес інформаційного моделювання повинен забезпечувати адекватність створюваної моделі цілям та задачам ІТ-проєкту, економічну доцільність її реалізації, гнучкість та масштабованість моделі та ІТ-проєкту в цілому в умовах мінливих цілей та завдань функціонування. Для цього було

розглянуто традиційний цикл інформаційного моделювання та специфіку моделей, на прикладі яких було проведено паралелі між класами та особливостями моделей та розв'язуваними на їх основі реальними практичними задачами. На цій основі намічено підходи до розуміння сутності та особливостей моделювання при створенні ІТ-проєкту. Подальше вдосконалення інформаційного моделювання пов'язане з розвитком уявлень про зв'язки, структури та задачі, які можуть бути вирішені на базі цих зв'язків та структур.

Як ефективний і найбільш результативний спосіб подолання проблеми неоднозначного розуміння різних аспектів проєктування, які істотно впливають на хід розробки та на функціонування власне ІТ-проєкту, пропонується ввести в регламенти розробки моделі предметної галузі та створення розділу, присвяченого питанням узгодження окремих частин моделі предметної галузі та проєкту.

В створенні складних ІТ-проєктів високого рівня застосування у чистому вигляді традиційних каскадних чи циклічних методів розробки є важким процесом. Однією з причин цього є відсутність або недостатня розробленість відповідних концептуальних схем та інформаційних моделей. З іншого боку, в умовах програмно-цільового підходу до розробки та створення подібних ІТ-проєктів, особливо при короткостроковому плануванні, найбільш підходящим є каскадний підхід, що не тільки знижує якість розглянутий алгоритм каскадно-циклічного проєктування, покликаний усунути перелічені проблеми та забезпечити якість життєздатність ІТ-проєкту в умовах короткострокового планування. Подана схема дозволяє зрозуміти роль і місце кожного методу проєктування, а також доцільність їх застосування та поєднання у різних умовах та обставинах.

Таким чином, сформульовану мету дослідження було досягнуто, а поставлені задачі вирішено. Крім того, у роботі в схематичному вигляді представлений алгоритм каскадно-циклічного проєктування складних ІТ-проєктів, що враховує когнітивні особливості цього виду діяльності.

3.5. Висновки до розділу 3

У цьому розділі було проаналізовано використання чотирьох типів моделей (компетентної, когнітивної, форсайтної та біадаптивної) та їх внесок у формування рівня зрілості.

1. Запропоновано додаткову класифікацію стадій зрілості незалежно від конкретної моделі зрілості.

2. Проаналізовано застосування компетентної, когнітивної, форсайтної та біадаптивної моделей в контексті рівнів зрілості для моделі Гарольда Керцнера.

3. Проведено експериментальне дослідження впливу моделі 4К на розвиток компетентності на основі методу експертних оцінок. Розробка 4К-моделі зрілості управління проектами та моделювання її експериментального впровадження підтвердили доцільність використання усіх 4-х типів моделей.

4. З допомогою проведеного SWOT-аналізу запропонованого підходу, сформовано напрямки подальших досліджень у цьому напрямку – провести поглиблене експериментальне дослідження запропонованої моделі, на основі якого можливо сформулювати наукові рекомендації щодо її впровадження, розробити моделі та методи зрілості управління проектами в організації.

5. Було проведено аналіз можливостей застосування біадаптивних моделей та форсайт моделей в ІТ-системі HR-менеджменту проектно-орієнтованого підприємства.

6. Описано принципи біадаптації та форсайту їх застосування для HR-менеджменту проектно-орієнтованого підприємства з наведенням прикладу застосування описаних моделей для HR-менеджменту проекту, створення Call-центру проектно-орієнтованого підприємства і проведенням SWOT-аналізу запропонованих рішень. Застосування моделей біадаптації та форсайту в ІТ-системі HR-менеджменту проектно-орієнтованого підприємства надалі дозволить враховувати додаткові фактори системи

управління при прийнятті рішень, забезпечити проактивність управління та узгодженість систем управління, створити можливості для зростання кадрового потенціалу підприємства за допомогою вдосконалення моделей діджиталізації підприємства.

7. Сформульовано поняття і шляхи розвитку ключової компетенції проєктно-орієнтованих організацій як основи когнітивного механізму забезпечення успіху програм їх біадаптивного розвитку. Зокрема, набуло подальшого розвитку поняття ключової компетенції. Ключовою названо компетенцію вищого порядку, що бере участь в створенні найбільшої споживчої цінності, яка є колективним знанням, що дозволяє організувати і управляти використанням інших компетенцій і здібностей, і тим самим створювати додаткову споживчу цінність. У розвиток існуючих досліджень запропоновано модель ключової компетенції програми біадаптивного розвитку проєктно-орієнтованої організації.

8. Зроблено висновок, що для вирішення складних завдань програм біадаптивного розвитку, використання стандартних методів лінійної оптимізації недостатньо, оскільки класична задача лінійної оптимізації не враховує додаткових умов, що виникають при переході організації з одного стану до іншого за результатами програми біадаптивного розвитку, які (результати) здобуваються шляхом когнітивного вдосконалення існуючих компетенцій. Для таких задач запропоновано використовувати двоїсту задачу лінійного програмування. Прикладом такої задачі може служити задача розробки дорожньої карти програми біадаптивного розвитку і уникнення при цьому необґрунтованих рішень або мінімізації непередбачених витрат, що має супроводжуватися розвитком компетентності команди управління програмою. Запропонована формалізація сприятиме розв'язанню задачі синхронізованого розвитку компетенцій персоналу з метою отримання когнітивної синергії і вдосконалення когнітивного потенціалу проєктно-орієнтованої організації в програмах біадаптивного розвитку через вирішення двоїстої задачі лінійної оптимізації.

9. Запропоновано підхід холакратії як засіб біадаптивного когнітивного вдосконалення компетенцій команди управління програмою біадаптивного розвитку проєктно-орієнтованих організацій. Подальші дослідження у обраному напрямі можуть включати розробку концептуальної і множинної моделі управління програмою біадаптивного розвитку проєктно-орієнтованих організацій, формалізацію алгоритмів накопичення і використання знань у базі знань проєктно-орієнтованих організацій, що стосуються індивідуальних компетенцій, групової компетентності і ключової компетенції організації.

10. Представлено алгоритм каскадно-циклічного моделювання складних ІТ-проєктів, що враховує когнітивні особливості цього виду діяльності.

3.6. Список використаних джерел до розділу 3

3.1 M. Khoshgoftar and O. Osman, "Comparison of maturity models". 2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, 2009, pp. 297-301.

3.2 Brookes, N., Butler, M., Dey, P. and Clark, R., "The use of maturity models in improving project management performance: An empirical investigation", International Journal of Managing Projects in Business, Vol. 7 No. 2, 2014, pp. 231-246.

3.3. Brookes, N & Clark, R. Using Maturity Models to Improve Project Management Practice. POMS 20th Annual Conference. POMS, 2009, Orlando, Florida USA.

3.4 Talita Ferreira de Souza, Carlos Francisco Simões Gomes, Assessment of Maturity in Project Management: A Bibliometric Study of Main Models, Procedia Computer Science, Volume 55, 2015, pp. 92-101.

3.5 Jaleel, F., Khan, A. M., "Project Management Maturity Models and Organizational Project Management Maturity Model (OPM3®): A Critical

Morphological Evaluation". International Conference on Innovation, Technology and Knowledge Economy (ICITKE). Vol.77, 2013, pp. 60-63.

3.6 TJ Man, A framework for the comparison of Maturity Models for Project-based Management, 2007, Utrecht University, 114 p.

3.7 Mihály Görög, A broader approach to organisational project management maturity assessment, International Journal of Project Management, Volume 34, Issue 8, 2016, pp. 1658-1669.

3.8 Williams, N., P. Ferdinand, N. and Croft, R. "Project management maturity in the age of big data", International Journal of Managing Projects in Business, Vol. 7 No. 2, 2014, pp. 311-317.

3.9 Houda Tahri, Omar Drissi-Kaitouni, New Design for Calculating Project Management Maturity (PMM), Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 181, 2015, pp. 171-177.

3.10 D. Bushuyev, S. and Friedrich Wagner, R., "IPMA Delta and IPMA Organisational Competence Baseline (OCB): New approaches in the field of project management maturity", International Journal of Managing Projects in Business, Vol. 7 No. 2, 2014, pp. 302-310.

3.11 Mullaly M. "If maturity is the answer, then exactly what was the question?" International Journal of Managing Projects Business, 7(2), 2014, pp.169–185.

3.12 Jan CA, Spang K. "Linking the benefits of project management maturity to project complexity: Insights from a multiple case study." International Journal of Managing Projects Business, 7(2), 2014, pp.285–301.

3.13 Nenni, M. E., Arnone, V., Boccardelli, P., & Napolitano, I. "How to Increase the Value of the Project Management Maturity Model as a Business-Oriented Framework". International Journal of Engineering Business Management, 2014.

3.14 Timinsky, A., Voitenko, O., Chernova, L., Chernova, L. Methodological approach to the implementation of the biadaptive development

program in the organization on the basis of cognitive improvement of key competencies. CEUR Workshop Proceedings, 2851, 2021, pp. 153–162.

3.15 O. Voitenko, B. Lysytsin and A. Timinsky, "Bi-Adaptive Management of Strategic Projects Development of high-tech companies through the improvement of competencies," 2020 IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 2020, pp. 180-184.

3.16 S. Bushuyev, O. Verenysh Chapter 6: Organizational Maturity and Project: Program and Portfolio Success // Monography "Developing Organizational Maturity for Effective Project Management" under the editorship G. Silvius & G. Karayaz . – IGI Global, 2018. - PP. 104-127.

3.17 Harold Kerzner. Using the Project Management Maturity Model: Strategic Planning for Project Management, 3rd Edition. 2019, 320 p.

3.18 A Guide to the Project Management of the Knowledge (PMBOK® Guide). Sixth Edition (2017). USA. PMI, 756 p.

3.19 ISO 21500: 2012 (2012). Guidance on project management. Project Committee ISO / PC 236, 36 p.

3.20 ISO/IEC/IEEE 12207:2017(E) First edition 2017-11 - ISO/IEC/IEEE International Standard - Systems and software engineering -- Software life cycle processes.

3.21 IPMA “Individual Competence Baseline” (ICB) Version 4.0 for Project, Program & Portfolio Management (2015). IPMA, 431 p. Access mode: <http://products.ipma.world/ipma-product/icb/read-icb/>.

3.22 IPMA Organisational Competence Baseline (IPMA OCB) for Developing Competence in Managing by Projects. Version 1.1 [Текст] / International Project Management Association. – Amsterdam: 2016. – 105 p.

3.23 Timinsky A.G. (2016) Technologies of adaptive management as a mechanism of support efficiency of organizational management systems. Management of Development of Complex Systems, 27, 122–131.

3.24 Voitenko O., Timinsky A. (2018) Approach to the Creation of a Comprehensively Competent Project-Oriented Organisation. 2018 IEEE 13th

International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, pp. 173-176. doi: 10.1109/STC-CSIT.2018.8526703.

3.25 Lysytsin, B.O. (2018). System model for the creation project of a call-center for a high-tech company. *Management of Development of Complex Systems*, 34, 46 – 50.

3.26 Chernov, S., Titov, S., Chernova, L., Gogunskii, V., Chernova, L., Kolesnikova, K. (2018). Algorithm for the simplification of solution to discrete optimization problems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (4 (93)), 34–43. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133405>.

3.27 Тімінський О. Г. Технології адаптивного управління як механізм забезпечення ефективності організаційно-управлінських систем / О. Г. Тімінський // *Управління розвитком складних систем*. - №27. – 2016. – С. 122–131.

3.28 Bushuyev S. Proactive Program Management for Development National Finance System in Turbulence Environment / S. Bushuyev, R. Jaroshenko. – *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Published by Elsevier Ltd. – 2013. – № 74. – pp. 61-70.

3.29 Бушуєв С. Д. Проактивне управління програмами організаційного розвитку /С.Д. Бушуєв, Н.С. Бушуєва// *Управління проектами та розвиток виробництва*. Зб. наук. праць. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2006. – № 2(18). – С. 22-30.

3.30. Тімінський О. Г. Вплив впровадження біадаптивного управління і форсайту на розвиток компетентності / О.Г.Тімінський, О.С.Войтенко, Люд.С.Чернова, Люб.С.Чернова // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – 2020. – №1. – С.63-67. DOI: 10.20998/2413-3000.2020.1.9

3.31 Morozov V. V. The method of interaction modeling on basis of deep learning the neural networks in complex IT-projects / V.V.Morozov,

O.V.Kalnichenko, O.O.Mezentseva // International Journal of Computing. – 2020. – №19(1). – pp. 88–96.

3.32 Tanaka, H. Innovative development and meta program management of a new generation of megaprojects in the oil & gas and infrastructure sectors / H. Tanaka, S. Bushuyev // Управління розвитком складних систем. – 2014. – №16. – С. 60-68.

3.33 Project management association of Japan [Electronic resource] PMAJ. – Mode of access: <http://www.pmaj.or.jp/ENG>.

3.34 Project Manager Competency Development Framework – Third Edition. – Project Management Institute. – 2017. – Режим доступу: <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/framework/pm-competency-development-3rd-edition>.

3.35 Кононенко І.В., Луценко С.Ю. Актуалізація Узагальненого зводу знань з управління проектами. XVII Міжнародна конференція «Управління проектами у розвитку суспільства», м. Київ, 2020. С. 194-198

3.36 Кононенко І.В. Управління розвитком підприємства: навч. посібник. Харків: НТУ «ХПІ», 2001. 134 с.

3.37 Unger N. Lineare Optimierung. / N. Unger, S. Dempe. – Wiesbaden, Springer. – 2010. – 142 p.

3.38 Prahalad C. K. The core competence of the corporation / C.K.Prahalad, G.Hamel // Harvard Business Review, 1990. – Vol. 68. – No. 3. – pp. 79-91.

3.39 Tytov S. D. The general algorithm of writing couples of dual problems in linear optimization / S.D.Tytov, L.S.Chernova // Bulletin of ONMU. – Vol. 1 (54). – Odesa, ONMU. – 2018. – pp. 148-157.

3.40 Bixby R. E. A Brief History of Linear and Mixed-Integer Programming Computation // R.E.Bixby. – Grötschel, M. ed. – Documenta Mathematica, Extra Volume «Optimization Stories». – 2012. – pp. 107-121.

3.41 How are holacracy-powered organizations different?, 2020. URL: <https://www.holacracy.org/explore/why-practice-holacracy>

3.42 Mamoli S. Holacracy for humans / S.Mamoli. – The InfoQ eMag. Issue 71. – May 2019. – pp.10-17.

3.43. Тімінський, О.Г., Войтенко, О.С., Чернова, Лд.С., Чернова, Лб.С. Вплив впровадження біадаптивного управління і форсайту на розвиток компетентності. Вісник НТУ «ХПІ». 78 Серія: Стратегічне управління, управління портфелями програмами та проектами: Зб. наук. робіт. Харків, 2020. №1. С.63-67. Index Copernicus.

РОЗДІЛ 4

МЕТОДИ КОГНІТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ПІДГОТОВКИ
ФАХІВЦІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ4.1. Теоретико-ігрова концепція в методології когнітивного управління
програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності

Розглянемо загальний підхід до інтерпретації методів когнітивного управління підготовки фахівців з використанням теоретико-ігрової концепції.

Теорія ігор формувалась на конфлікті двох гравців, інтереси яких були суто протилежні – антагоністична гра з нульовою сумою. В реаліях значно частіше виникають конфліктні ситуації, в яких інтереси учасників гри вже не протилежні, хоча і не збігаються.

Дослідимо конфлікт між двома гравцями A та B . Гравець A може дотримуватись власних чистих стратегій $\{A_1, A_2, \dots, A_m\}$. Гравець B може обрати довільну з наступних стратегій $\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$. Оскільки вони є учасники гри, де запроваджені певні правила, то їх можливий комбінаторний вибір однозначно оцінюється винагородою. Так, якщо гравець A обрав стратегію A_i , гравець B стратегію B_j , то виграш A буде дорівнювати a_{ij} . Виграш другого гравця B за цих умов буде дорівнювати b_{ij} . У загальному випадку $a_{ij} \neq b_{ij}$, тобто кожен з гравців отримує власну винагороду. Такий послідовний перебір стратегій гравцями визначає дві таблиці винагород(виграшів), (табл. 4.1, 4.2).

Табл. 4.1

C_A	B_1	B_2	...	B_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...
A_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}

Табл. 4.2

C_B	B_1	B_2	...	B_n
A_1	b_{11}	b_{12}	...	b_{1n}
A_2	b_{21}	b_{22}	...	b_{2n}
...
A_m	b_{m1}	b_{m2}	...	b_{mn}

Таблиця 4.1 надає величини вигравів першого гравця, а таблиця 4.2 виграві другого. Для зручності надалі будемо їх прописувати у матричному вигляді

$$C_A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} = [a_{ij}]_{m \times n}, C_B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ b_{m1} & b_{m2} & \cdots & b_{mn} \end{bmatrix} = [b_{ij}]_{m \times n}.$$

C_A – платіжна матриця першого гравця A , а C_B – платіжна матриця другого гравця B . Наявність двох платіжних матриць обґрунтовує назву таких ігор, як біматричних ігор.

Для сумісного бізнесу дві компанії водночас і незалежно одна від одної вирішили закупити для продажу партію комп'ютерів. Причому перша фірма раніше спеціалізувалася на закупівлі та продажі комп'ютерів на одній певній апаратній платформі, а друга на іншій. Тому купівля комп'ютерів відомої платформи для першої фірми може бути позитивно оцінено у r ($r > 0$) - одиниць, а купівля комп'ютерів відомої платформи для другої фірми, оцінюється у t ($t > 0$) - деяких умовних одиниць. Умовна користь придбання партії комп'ютерів іншої платформи для фірм рівна нулю. Фірми отримають додаткову позитивну користь s ($s > 0$) у разі придбання комп'ютерів однакової апаратної платформи, оскільки можуть використовувати досвід партнерської фірми. Виникає запитання: якої оптимальної поведінки необхідно дотримуватись фірмам для отримання найбільшої користі?

Маємо типову біматричну гру. Перший гравець A – перша фірма. Другий гравець B - друга фірма. Кожен з гравців має по дві стратегії – придбати відомі комп'ютери A_1, B_1 або ні - A_2, B_2 . Отже - $A = [A_1, A_2]$, $B = [B_1, B_2]$.

Згідно з умови гри платіжні матриці для гравців рівні:

Гравець A

C_A	B_1	B_2
A_1	r	$r + s$
A_2	s	0

Гравець B

C_B	B_1	B_2
A_1	t	s
A_2	$t + s$	0

, або у матричному вигляді:

$$C_A = \begin{bmatrix} r & r + s \\ s & 0 \end{bmatrix}, C_B = \begin{bmatrix} t & s \\ t + s & 0 \end{bmatrix}.$$

Для біматричної гри як і для матричної гри, платіжні матриці дають кількісний опис певних становищ в грі, в яких зацікавленості гравців не збігаються. Головною задачею теорії біматричних ігор є надання рекомендацій по поведінці гравців, з метою отримання оптимального результату у конфліктній ситуації гри. Виникає питання – що розуміти під оптимальним результатом в грі?

Однією з можливих відповідей на це питання є раціональна поведінка гравців та дотримання концепції рівноваги. Оскільки зацікавленості гравців різні, то необхідно знайти компромісний розв'язок, який якомога більше задовольняв би обох гравців. Фактично це означає, що рекомендують ситуацію у грі таку, щоб відхилення від неї не збільшувало виграші гравців, а навпаки зменшувало, або в найкращому разі залишалось без змін. Таке становище в грі називають рівновагою.

В теорії матричних антагоністичних ігор ситуація рівноваги пов'язана з сідловою точкою, яка не завжди існує. В теорії біматричних ігор ситуацію рівноваги прийнято називати рівновагою за Нешом та формулювати наступним чином:

становище $(i^* j^*)$ біматричної гри $C_A = [a_{ij}]_{n \times n}$, $C_B = [b_{ij}]_{n \times n}$ є точкою рівноваги за Нешом у разі виконання умови для значень платіжної матриці першого гравця A -

$$a_{ij^*} \leq a_{i^*j^*}, \quad i = 1, \dots, n,$$

а також виконання умови для значень платіжної матриці другого гравця B -

$$b_{i^*j} \leq b_{i^*j^*}, \quad j = 1, \dots, n$$

Іншими словами, локації платіжних матриць де водночас знаходяться найбільші значення за стовпчиками для платіжної матриці C_A першого гравця A і за рядочками для платіжної матриці C_B другого гравця B - є точками рівноваги за Нешом.

№1: Біматрична гра задана платіжними матрицями:

$$C_A = \begin{bmatrix} 2 & 5 & \textcircled{6} \\ \textcircled{6} & \textcircled{7} & 1 \\ \textcircled{6} & 3 & \textcircled{6} \end{bmatrix}, \quad C_B = \begin{bmatrix} 3 & 7 & \textcircled{8} \\ 7 & \textcircled{8} & 1 \\ \textcircled{8} & 4 & 4 \end{bmatrix}.$$

Для встановлення можливих точок рівноваги у чистих стратегіях для першого гравця A необхідно у стовпчиках платіжної матриці C_A обрати найбільші значення. Для наочності будемо обводити ці елементи у кола. Для встановлення претендентів на точку рівноваги другого гравця, необхідно обрати найбільші значення у рядочках. Їх також для зручності обводимо в кола.

Локації, де кола прорисовані на обох матрицях, визначають точки рівноваги за Нешом. В першому прикладі маємо таких три точки – (A_1, B_3) ; (A_2, B_2) ; (A_3, B_1) . Кожна така точка задає оптимальну діаду чистих стратегій гравців:

$$(A_1, B_3) \rightarrow \begin{bmatrix} X_{A_1} = [1, 0, 0] \\ X_{B_3} = [0, 0, 1] \end{bmatrix}, \quad (A_2, B_2) \rightarrow \begin{bmatrix} X_{A_2} = [0, 1, 0] \\ X_{B_2} = [0, 1, 0] \end{bmatrix}, \quad (A_3, B_1) \Rightarrow \begin{bmatrix} X_{A_3} = [0, 0, 1] \\ X_{B_1} = [1, 0, 0] \end{bmatrix}.$$

№2 Біматрична гра задана платіжними матрицями

$$C_A = \begin{bmatrix} 6 & \textcircled{9} & 2 \\ 3 & 2 & \textcircled{7} \\ \textcircled{9} & 8 & \textcircled{7} \end{bmatrix}, \quad C_B = \begin{bmatrix} \textcircled{8} & 4 & 2 \\ 1 & \textcircled{7} & \textcircled{9} \\ 6 & 1 & 8 \end{bmatrix}.$$

В цьому прикладі маємо одну точку рівноваги $(A_2, B_3) \Rightarrow \begin{cases} X_{A_2} = [0, 1, 0] \\ X_{B_3} = [0, 0, 1] \end{cases}$.

№3 Біматрична гра задана платіжними матрицями

$$C_A = \begin{bmatrix} \textcircled{9} & 7 & 1 \\ 1 & \textcircled{9} & \textcircled{9} \\ \textcircled{9} & 6 & 7 \end{bmatrix}, \quad C_B = \begin{bmatrix} 1 & \textcircled{8} & 4 \\ \textcircled{5} & 1 & 2 \\ 4 & 1 & \textcircled{8} \end{bmatrix}.$$

Для цієї матричної гри рівноваги в чистих стратегіях немає.

№4 Біматрична гра задана платіжними матрицями

$$C_A = \begin{bmatrix} -a & \textcircled{a} \\ \textcircled{0} & 0 \end{bmatrix}, \quad C_B = \begin{bmatrix} \textcircled{0} & -a \\ 0 & \textcircled{a} \end{bmatrix}.$$

Рівноваги за Нешом для цієї пари платіжних матриць не існує.

Для біматричних ігор, як і в теорії матричних ігор, не завжди існують точки рівноваги, приклад №3 як раз і підтверджує такий випадок. Тому доцільно, здійснювати перехід від чистих стратегій до мішаних. В цьому випадку для пошуку рівноваги гравці повторюють багатократно свої чисті стратегії, але з певними частотами(ймовірностями).

У разі багатократного повторення гри з незмінними умовами, гравець A застосовує власні стратегії $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ з відповідними частотами

$\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, $\sum_{i=1}^n p_i = 1$. Виконується перехід до мішаних стратегій

визначенням частот застосувань чистих стратегій для першого гравця

$X_A = [p_1, p_2, \dots, p_n]$. Гравець B використовує частоти $X_B = [q_1, q_2, \dots, q_n]$,

$\sum_{i=1}^n q_i = 1$ власних стратегій $\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$.

Мішані стратегії дозволили розширити задачі біматричних ігор та знайти можливості більш обґрунтованого розподілу вигравів у грі як середніх значень - математичних сподівань, які задані матричними розподілами C_A та C_B , і обчислювати за формулами:

$$M_A(X_A, X_B) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} p_i q_j,$$

$$M_B(X_A, X_B) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij} p_i q_j.$$

Становище (X_A^*, X_B^*) в системі біматричної гри, подане частотами $X_A^* = [p_1^*, p_2^*, \dots, p_n^*]$ та $X_B^* = [q_1^*, q_2^*, \dots, q_n^*]$, називають рівновагою Неша у мішаних стратегіях, якщо для будь яких X_A та X_B виконуються умови:

$$M_A(X_A^*, X_B^*) \geq M_A(X_A, X_B^*),$$

$$M_B(X_A^*, X_B^*) \geq M_B(X_A^*, X_B).$$

Ці умови рівноважного стану біматричної гри інтерпретуються наступним чином: відхилення від стану системи (X_A^*, X_B^*) одним з гравців, за умови збереження власного вибору іншим, не надає йому можливості збільшення виграву. Іншими словами, зміна рівноважного стану в системі біматричної гри недоцільна для кожного з гравців.

Нехай гравець A має чисті стратегії $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$. Кожна з них співвідноситься з вектором частот X_{A_i} , $i = 1, 2, \dots, n$. Так чиста стратегія A_1 відповідає частотному вектору $X_{A_1} = [1, 0, \dots, 0]$. Аналогічно і для другого гравця B - $X_{B_i} = [1, 0, \dots, 0]$. От же кожній чистій стратегії гравців поставлено у відповідність частотні вектори X_{A_i} та X_{B_i} , $i = 1, 2, \dots, n$.

В такому разі, систему умов, яка описує точку (X_A^*, X_B^*) рівноваги біматричної гри можливо прописати у вигляді:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_A(X_A^*, X_B^*) - M_A(X_{A_1}, X_B^*) \geq 0, \\ M_A(X_A^*, X_B^*) - M_A(X_{A_2}, X_B^*) \geq 0, \\ \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ M_A(X_A^*, X_B^*) - M_A(X_{A_n}, X_B^*) \geq 0, \\ M_B(X_A^*, X_B^*) - M_B(X_A^*, X_{B_1}) \geq 0, \\ M_B(X_A^*, X_B^*) - M_B(X_A^*, X_{B_2}) \geq 0, \\ \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ M_B(X_A^*, X_B^*) - M_B(X_A^*, X_{B_n}) \geq 0. \end{array} \right. \quad (4.1)$$

Зауважимо що, знаки відношень між частинами умов системи (4.1) можливо уточнити дотримуючись принципу граничних розв'язків в теорії лінійних (в нашому випадку відносно добутоків $p_i q_j$) нерівностей (доповнюючої нежорсткості). Так, якщо в точці рівноваги (X_A^*, X_B^*) компонента $p_i^* > 0$, то відповідна нерівність виконується як рівняння (так зване, активне співвідношення)

$$M_A(X_A^*, X_B^*) - M_A(X_{A_i}, X_B^*) = 0,$$

а у разі $q_j^* > 0$ - маємо рівність

$$M_B(X_A^*, X_B^*) - M_B(X_A^*, X_{B_j}) = 0.$$

Нехай (X_A^*, X_B^*) точка рівноваги в мішаних стратегіях біматричної гри. В такому разі з умови, так званого, пасивного співвідношення

$$M_A(X_A^*, X_B^*) - M_A(X_{A_i}, X_B^*) > 0$$

впливає $p_i^* = 0$, а з умови

$$M_B(X_A^*, X_B^*) - M_B(X_A^*, X_{B_j}) > 0$$

впливає $q_j^* = 0$.

Система умов (4.1) дозволяє дослідити біматричну гру з нормативної точки зору та завжди виявити точки рівноваги у мішаних стратегіях, оскільки відомо, що виконується наступна теорема:

Теорема. Будь яка біматрична гра завжди має принаймні одну точку рівноваги у мішаних стратегіях.

Зауважимо, що ця теорема є нічим іншим як наслідком відомого принципу граничних розв'язків в теорії лінійних нерівностей. Він стверджує, що кожна сумісна система лінійних нерівностей рангу $\text{rang} > 0$, над полем дійсних чисел, містить принаймні одну підсистему такого ж рангу і з рівним йому числом нерівностей, кожен розв'язок якої, переводить нерівність у рівняння та задовольняє вихідній системі. В нашому випадку система лінійна відносно добутків $p_i q_j$.

№1. Візьмемо до розгляду приклад №1 змістовної біматричної гри.

Платіжні матриці гравців рівні:

$$C_A = \begin{bmatrix} r & r+s \\ s & 0 \end{bmatrix}, \quad C_B = \begin{bmatrix} t & s \\ t+s & 0 \end{bmatrix}.$$

Нехай $X_A = [p_1, p_2] = [p, 1-p]$, $X_B = [q_1, q_2] = [q, 1-q]$. В такому разі, середні значення виграшів гравців будуть рівні:

$$M_A(X_A, X_B) = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 a_{ij} p_i q_j = (r+s-2qs)p + sq,$$

$$M_B(X_A, X_B) = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 b_{ij} p_i q_j = (s+t-2ps)q + sp.$$

Система (4.1) опису рівноваги гри має вигляд:

$$\begin{cases} (r+s-2qs)(1-p) \leq 0, \\ (2qs-r-s)p \leq 0, \\ (s+t-2ps)(1-q) \leq 0, \\ (2ps-t-s)q \leq 0. \end{cases} \quad (4.2)$$

Виконуючи розв'язок системи, отримаємо частоти використання стратегій гравцями та їх відповідні виграші:

$$X_A = \left[\frac{t+s}{2s}, \frac{s-t}{2s} \right], \quad v_x^A = M_A(X_A, X_B) = \frac{r+s}{2},$$

$$X_B = \left[\frac{r+s}{2s}, \frac{s-r}{2s} \right], \quad v_x^B = M_B(X_A, X_B) = \frac{s+t}{2}.$$

Існування у біматричній грі рівноваги в чистих стратегіях не виключає існування рівноваги у мішаних стратегіях.

Нехай додаткова користь від сумісного використання комп'ютерів однакової апаратної платформи буде вищою за користь придбання відомої платформи, тобто $s > r$ та $s > t$.

В такому разі маємо відгуки першого гравця

$$p = \begin{cases} 0, & q < \frac{t+s}{2s}, \\ [0,1], & q = \frac{t+s}{2s}, \\ 1, & q > \frac{t+s}{2s}. \end{cases}$$

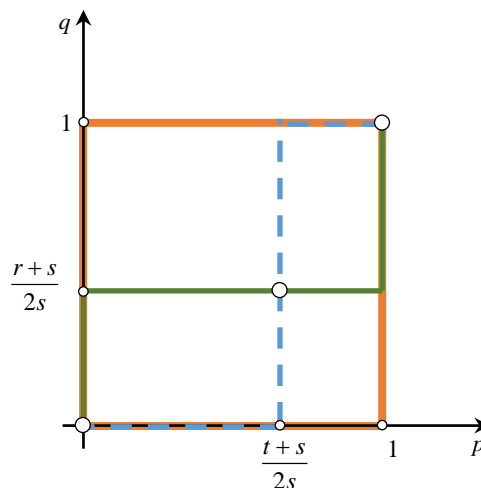


Рис.4.1 Три точки рівноваги. Дві у чистих стратегіях та одна у мішаних.

Другий гравець буде мати реакцію

$$q = \begin{cases} 0, & p < \frac{r+s}{2s}, \\ [0,1], & p = \frac{r+s}{2s}, \\ 1, & p > \frac{r+s}{2s}. \end{cases}$$

Виконаємо графічне зображення реакцій гравців на квадраті $\{p, q \mid p \in [0,1], q \in [0,1]\}$. На рис.4.1 видно наявність трьох точок рівноваги, дві з яких реалізуються у чистих стратегіях (A_1, B_2) з цінами гри $v_1^A = r + s$ та $v_1^B = s$ і (A_2, B_1) з цінами $v_2^A = s$ та $v_2^B = t + s$ плюс одна точка $\left(\frac{t+s}{2s}, \frac{r+s}{2s}\right)$ у мішаних стратегіях для першого гравця з вектором частот $X_A = \left[\frac{t+s}{2s}, \frac{s-t}{2s}\right]$ та ціною $v_x^A = \frac{r+s}{2}$ і для другого - $X_B = \left[\frac{r+s}{2s}, \frac{s-r}{2s}\right]$, $v_x^B = \frac{s+t}{2}$.

№2. Візьмемо до розгляду приклад №2 змістовної біматричної гри.

Платіжні матриці гравців рівні:

$$C_A = \begin{bmatrix} -a & a \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, C_B = \begin{bmatrix} 0 & -a \\ 0 & a \end{bmatrix}.$$

Нехай $X_A = [p_1, p_2] = [p, 1-p]$, $X_B = [q_1, q_2] = [q, 1-q]$. В такому разі, середні значення вигащів гравців будуть рівні:

$$M_A(X_A, X_B) = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 a_{ij} p_i q_j = ap(1-2q),$$

$$M_B(X_A, X_B) = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 b_{ij} p_i q_j = a(1-q)(1-2p).$$

Система (4.2) опису рівноваги гри має вигляд:

$$\begin{cases} a(1-p)(1-2q) \leq 0, \\ ap(1-2q) \leq 0, \\ a(1-q)(1-2p) \leq 0, \\ aq(1-2p) \leq 0. \end{cases}$$

Виконуючи розв'язок системи, отримаємо частоти використання стратегій гравцями та їх відповідні вигоди:

$$X_A = \left[\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right], \quad v_x^A = M_A(X_A, X_B) = 0,$$

$$X_B = \left[\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right], \quad v_x^B = M_B(X_A, X_B) = 0.$$

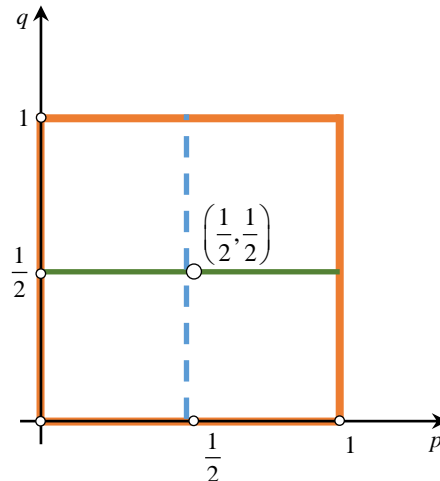


Рис.4.2 Одна точка рівноваги у мішаних стратегіях.

Маємо відгук першого гравця

$$p = \begin{cases} 0, & q < \frac{1}{2}, \\ [0,1], & q = \frac{1}{2}, \\ 1, & q > \frac{1}{2}. \end{cases}$$

Другий гравець буде мати реакцію

$$q = \begin{cases} 0, & p < \frac{1}{2}, \\ [0,1], & p = \frac{1}{2}, \\ 1, & p > \frac{1}{2}. \end{cases}$$

Виконаємо графічне зображення реакцій гравців на квадраті $\{p, q \mid p \in [0, 1], q \in [0, 1]\}$. На рис 4.2 видно наявність точки рівноваги $\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right)$ у мішаних стратегіях для першого гравця з вектором частот $X_A = \left[\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right]$ та ціною $v_x^A = 0$ і для другого - $X_B = \left[\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right]$, $v_x^B = 0$.

№3 Біматрична гра подана платіжними матрицями

$$C_A = \begin{bmatrix} 8 & 8 & 5 \\ 8 & 1 & 8 \\ 2 & 6 & 6 \end{bmatrix}, C_B = \begin{bmatrix} 4 & 7 & 2 \\ 9 & 5 & 1 \\ 1 & 4 & 8 \end{bmatrix}.$$

Нехай частотні вектори мішаних розв'язків першого та другого гравців рівні:

$$X_A = [p_1, p_2, p_3] = [p_1, p_2, 1 - p_1 - p_2], X_B = [q_1, q_2, q_3] = [q_1, q_2, 1 - q_1 - q_2].$$

В такому разі, ціна гри для гравця A

$$v_x^A = M_A(X_A, X_B) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 a_{ij} p_i q_j = (7q_1 + 3q_2 - 1)p_1 + (4q_1 - 7q_2 + 2)p_2 - 4q_1 + 6,$$

та для гравця B

$$v_x^B = M_B(X_A, X_B) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 b_{ij} p_i q_j = (9p_1 + 15p_2 - 7)q_1 + (9p_1 + 8p_2 - 4)q_2 - 6p_1 - 7p_2 + 8$$

Для обчислення розв'язку задачі складаємо систему умов (4.3)

$$\begin{cases} (7q_1 + 3q_2 - 1)p_1 + (4q_1 - 7q_2 + 2)p_2 \geq 0, \\ (7q_1 + 3q_2 - 1)(p_1 - 1) + (4q_1 - 7q_2 + 2)p_2 \geq 0, \\ (7q_1 + 3q_2 - 1)p_1 + (4q_1 - 7q_2 + 2)(p_2 - 1) \geq 0, \\ (9p_1 + 15p_2 - 7)q_1 + (9p_1 + 8p_2 - 4)q_2 \geq 0, \\ (9p_1 + 15p_2 - 7)(q_1 - 1) + (9p_1 + 8p_2 - 4)q_2 \geq 0, \\ (9p_1 + 15p_2 - 7)q_1 + (9p_1 + 8p_2 - 4)(q_2 - 1) \geq 0. \end{cases} \quad (4.3)$$

Розв'язок (4.3) має вигляд:

$$X_A = \left[\frac{4}{63}, \frac{3}{7}, \frac{32}{63} \right] \approx [0.06, 0.43, 0.51] \Rightarrow [6\%, 43\%, 51\%], \quad v_A^x = \frac{362}{61} \approx 5,93,$$

$$X_B = \left[\frac{1}{61}, \frac{18}{61}, \frac{42}{61} \right] \approx [0.02, 0.29, 0.69] \Rightarrow [2\%, 29\%, 69\%], \quad v_B^x = \frac{97}{21} \approx 4,62.$$

Зауваження. Розглянута гра має ще дві точки рівноваги у чистих стратегіях:

$$C_A = \begin{bmatrix} \textcircled{8} & \textcircled{8} & 5 \\ \textcircled{8} & 1 & \textcircled{8} \\ 2 & 6 & 6 \end{bmatrix}, \quad C_B = \begin{bmatrix} 4 & \textcircled{7} & 2 \\ \textcircled{9} & 5 & 1 \\ 1 & 4 & \textcircled{8} \end{bmatrix},$$

$$(A_1, B_2) \Rightarrow \begin{bmatrix} X_{A_1} = [1, 0, 0] \\ X_{B_2} = [0, 1, 0] \end{bmatrix}, \quad (A_2, B_1) \Rightarrow \begin{bmatrix} X_{A_2} = [0, 1, 0] \\ X_{B_1} = [1, 0, 0] \end{bmatrix}.$$

Кожна точка надає гравцям свій виграш. З урахуванням наявності рівноваги у мішаних стратегіях виникає потреба обґрунтування вибору тієї чи іншої точки рівноваги – гра має рівновагу як у чистих, так і мішаних стратегіях.

Наведений та відомі класичні приклади біматричних ігор вказують на відсутність простих відповідей на обґрунтування вибору оптимальної поведінки гравців. З огляду на це, існуючі обґрунтування оптимальної поведінки гравців не такі вже і беззаперечні, а по тому потребують подальшого аналізу. Такий поглиблений аналіз можливо виконати умовним розбиттям біматричної гри на дві матричні гри.

Проведемо дослідження біматричної гри, виконуючи розбиття її на дві матричні антагоністичні гри з нульовими сумами (рис.4.3). В свою чергу, кожна з них будемо розглядати та розв'язувати двозначно, як пряму, а потім і як двоїсту задачу лінійної оптимізації.(ЛЮ)

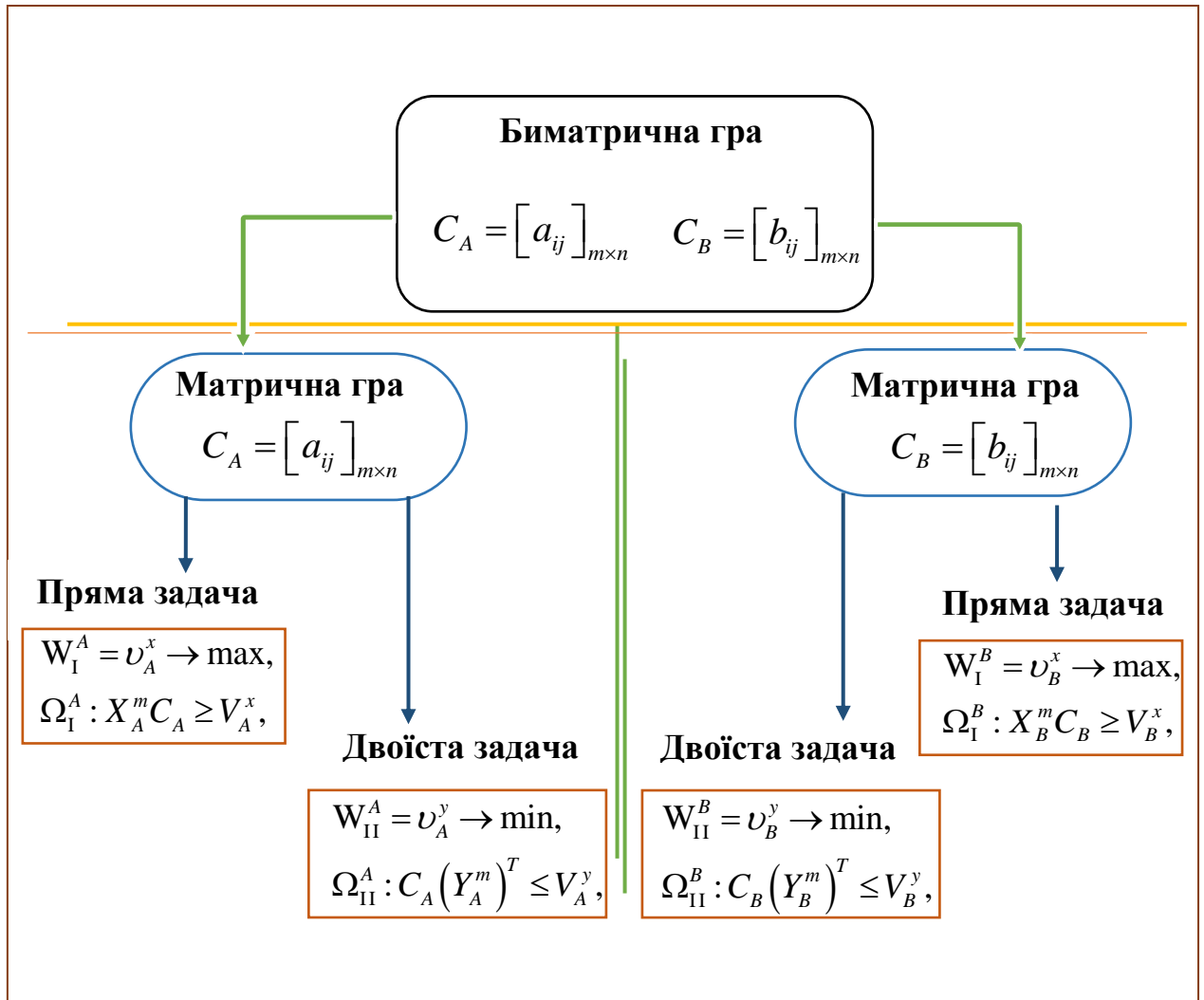


Рис.4.3. Схема розгляду біматричної гри.

Таким чином, взято до розгляду біматричну гру, яка подана платіжними матрицями C_A , C_B двох гравців A та B .

$$C_A = [a_{ij}]_{m \times n}, \quad C_B = [b_{ij}]_{m \times n}.$$

Першою до розгляду візьмемо матричну гру для платіжної матриці гравця A . Знаходимо нижню $\alpha_A = \max \min C_A$ та верхню ціну гри $\beta_A = \min \max C_A$. Розв'язок матричної гри будемо виконувати зведенням її до задач ЛО. Пряма задача записується у вигляді:

$$\begin{aligned} W_I^A &= v_A^x \rightarrow \max, \\ \Omega_I^A &: X_A^m C_A \geq V_A^x, \end{aligned} \quad (4.4)$$

де $X_A^m = [x_1^A, x_2^A, \dots, x_n^A]$ вектор частот, за якими перший гравець A застосовує власні стратегії $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, ($x_i^A \in [0, 1]$, $i = 1, 2, \dots, n$, $x_1^A + x_2^A + \dots + x_n^A = 1$)

$V_A^x = [v_A^x]_{n \times 1}$ - вектор-стовпчик правих частин,

v_A^x - ціна гри.

Для зручності розрахунку зведемо задачу (4.4) до стандартної форми задачі ЛО

$$\begin{aligned} W_I^{*A} &= x_1^{*A} + x_2^{*A} + \dots + x_n^{*A} \rightarrow \min, \\ \Omega_I^{*A} : X_A^{*m} C_A &\geq 1, \\ x_i^{*A} &= \frac{x_i^A}{v_A^x}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \end{aligned}$$

де $X_A^{*m} = [x_1^{*A}, x_2^{*A}, \dots, x_n^{*A}]$ - нормований вектор частот, ($x_1^{*A} + x_2^{*A} + \dots + x_n^{*A} = \frac{1}{v_A^x}$)

В результаті розрахунку прямої задачі ЛО ми отримаємо вектор частот $X_A^m = [x_1^A, x_2^A, \dots, x_n^A]$ та ціну гри v_A^x .

Двоїстою задачею ЛО до (4.4) буде наступна:

$$\begin{aligned} W_{II}^A &= v_A^y \rightarrow \min, \\ \Omega_{II}^A : C_A (Y_A^m)^T &\leq V_A^y, \end{aligned} \quad (4.5)$$

де $Y_A^m = [y_1^A, y_2^A, \dots, y_n^A]$ вектор частот, за якими другий гравець B застосовує власні стратегії $\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$, ($y_i^A \in [0, 1]$, $i = 1, 2, \dots, n$, $y_1^A + y_2^A + \dots + y_n^A = 1$)

$V_A^y = [v_A^y]_{n \times 1}$ - вектор-стовпчик правих частин,

v_A^y - ціна гри.

Зводимо задачу (4.5) до стандартної форми представлення

$$\begin{aligned}
W_{II}^{*A} &= y_1^A + y_2^A + \dots + y_n^A \rightarrow \min, \\
\Omega_{II}^{*A} : C_A (Y_A^{*m})^T &\geq 1, \\
y_i^{*A} &= \frac{y_i^A}{v_A^y}, \quad i=1,2,\dots,n,
\end{aligned}
\tag{4.6}$$

де $Y_A^{*m} = [y_1^{*A}, y_2^{*A}, \dots, y_n^{*A}]$ - нормований вектор частот.

$$(y_1^A + y_2^A + \dots + y_n^A = \frac{1}{v_A^y})$$

Результатом розрахунку задачі (4.6) є вектор частот $Y_A^m = [y_1^A, y_2^A, \dots, y_n^A]$ та ціна v_A^y .

Другою задачею розглядаємо матричну гру для платіжної матриці C_B другого гравця B . З'ясовуємо оцінки ціни гри обчисленням нижньої $\alpha_B = \max \min C_B$ та верхньої ціни гри $\beta_B = \min \max C_B$. Розв'язок матричної гри будемо виконувати зведенням її до задач ЛО. Пряма задача для платіжної матриці другого гравця записується у вигляді:

$$\begin{aligned}
W_I^B &= v_B^x \rightarrow \max, \\
\Omega_I^B : X_B^m C_B &\geq v_B^x,
\end{aligned}
\tag{4.7}$$

де $X_B^m = [x_1^B, x_2^B, \dots, x_n^B]$ вектор частот, за якими другий гравець B застосовує власні стратегії $\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$, ($x_i^B \in [0,1]$, $i=1,2,\dots,n$, $x_1^B + x_2^B + \dots + x_n^B = 1$)

$v_B^x = [v_B^x]_{n \times 1}$ - вектор-стовпчик правих частин,

v_B^x - ціна гри.

Для зручності розрахунку зведемо задачу (4.7) до стандартної форми задачі ЛО

$$\begin{aligned}
W_I^{*B} &= x_1^{*B} + x_2^{*B} + \dots + x_n^{*B} \rightarrow \min, \\
\Omega_I^{*B} : X_B^{*m} C_B &\geq 1, \\
x_i^{*B} &= \frac{x_i^B}{v_B^x}, \quad i=1,2,\dots,n.
\end{aligned}
\tag{4.8}$$

де $X_B^{*m} = [x_1^{*B}, x_2^{*B}, \dots, x_n^{*B}]$ - нормований вектор частот,

$$(x_1^{*B} + x_2^{*B} + \dots + x_n^{*B} = \frac{1}{U_B^x})$$

В результаті розрахунку прямої задачі ЛО ми отримаємо вектор частот $X_B^m = [x_1^B, x_2^B, \dots, x_n^B]$ та ціну гри U_B^x .

Двоїстою задачею ЛО до (4.8) буде наступна

$$\begin{aligned} W_{II}^B = U_B^y &\rightarrow \min, \\ \Omega_{II}^B : C_B (Y_B^m)^T &\leq V_B^y, \end{aligned} \quad (4.9)$$

де $Y_B^m = [y_1^B, y_2^B, \dots, y_n^B]$ вектор частот, за якими другий гравець B застосовує власні стратегії $\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$, ($y_i^B \in [0, 1]$, $i = 1, 2, \dots, n$,

$$y_1^B + y_2^B + \dots + y_n^B = 1)$$

$V_B^y = [U_B^y]_{n \times 1}$ - вектор-стовпчик правих частин,

U_B^y - ціна гри.

Зводимо (4.9) до стандартної форми представлення задачі ЛО

$$\begin{aligned} W_{II}^{*B} = y_1^B + y_2^B + \dots + y_n^B &\rightarrow \min, \\ \Omega_{II}^{*B} : C_B (Y_B^{*m})^T &\geq 1, \\ y_i^{*B} = \frac{y_i^B}{U_B^y}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \end{aligned} \quad (4.10)$$

де $Y_B^{*m} = [y_1^{*B}, y_2^{*B}, \dots, y_n^{*B}]$ - нормований вектор частот,

$$(y_1^{*B} + y_2^{*B} + \dots + y_n^{*B} = \frac{1}{U_B^y})$$

Результатом розрахунку задачі (4.10) є вектор $Y_B^{*m} = [y_1^A, y_2^A, \dots, y_n^A]$ та ціна U_B^y .

Порівнюючи отриманні результати за розв'язками матричних ігор з розв'язками біматричної гри з'являється можливість обґрунтування не тільки кількісних результатів про середні виграші гравців, але і їх якісної поведінки.

4.2. Концепція дискретизації в методах аналізу когнітивного управління підготовки фахівців

В останні роки застосування моделей та методів дискретної оптимізації значно розширилось. Цьому факту передуює те, що сучасні задачі управління, планування, класифікації, розміщення та проектування мають опис та розв'язок з застосуванням відомих та нових математичних моделей та методів дискретної оптимізації.

Нагадаємо що, загальна задача повністю дискретної оптимізації має вигляд:

$$\begin{aligned} W_t = f(x) &\rightarrow \max, \\ \Omega_t : \begin{cases} f_i(x) \leq b_i, & i = 1, \dots, k, \\ f_i(x) = b_i, & i = k + 1, \dots, m, \end{cases} & (4.11) \\ X = x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T, \\ x_1 \in \Omega_1, x_2 \in \Omega_2, \dots, x_m \in \Omega_m, \end{aligned}$$

де $\Omega_i, i = 1, \dots, k$ – скінченні або зчислені множини значень відповідних змінних x_i . В загальній задачі значення x_i можуть бути довільної природи (числові, лінгвістичні, логічні, цілі, бінарні тощо).

Серед задач дискретної оптимізації найбільш поширеними є задачі цілочислової оптимізації. Такий тип задач характеризується вимогою прийняття частиною або всіма змінними цілочислових значень та має наступну форму запису:

$$\begin{aligned} W_t = f(x) &\rightarrow \max, \\ \Omega_t : \begin{cases} f_i(x) \leq b_i, & i = 1, \dots, k, \\ f_i(x) = b_i, & i = k + 1, \dots, m, \end{cases} & (4.12) \\ X = x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T, \\ x_1, x_2, \dots, x_t \in Z, \quad t \leq n. \end{aligned}$$

Найбільш дослідженими є задачі лінійної цілочислової оптимізації, в яких цільова функція та система обмежень є лінійними функціями, а змінні приймають цілочислові значення. Відповідна модель має запис у вигляді:

$$\begin{aligned}
 W_I &= \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max, \\
 \Omega_I &: \begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, & i = 1, \dots, k, \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, & i = k + 1, \dots, m, \end{cases} \quad (4.13) \\
 X = x &= [x_1, x_2, \dots, x_n]^T, \quad x_1, x_2, \dots, x_t \in Z, \quad t \leq n.
 \end{aligned}$$

Незважаючи на спрощений характер задач лінійної цілочислової оптимізації аргументований вибір алгоритму розв'язку залишається відкритим і потребує завжди додаткового дослідження. На практиці часто використовують обчислювальний експеримент. З огляду на цей факт, важливе значення надається модельним задачам. Наведений приклад розв'язку лінійної задачі цілочислової оптимізації вказує на повільний характер збіжності алгоритму методу Гоморі для повністю цілочислових задач лінійної цілочислової оптимізації.

Ідея першого методу Гоморі ґрунтується на можливості використання симплекс-методу. Розглянемо дві взаємно зв'язаних задачі

$$\begin{array}{ll}
 W_I = CX \rightarrow \max & W_I = CX \rightarrow \max \\
 \Omega_I : AX \leq B, & \Omega_I : AX \leq B, \\
 X \geq 0, & X \geq 0 \text{ та цілі.}
 \end{array}$$

Відомо, що цілочисловий розв'язок задачі міститься серед припустимих планів задачі лінійної оптимізації. Але, встановлення опуклої лінійної оболонки цілочислових розв'язків звичайної задачі лінійної оптимізації є не менш складною задачею. На цей час невідомі ефективні методи побудови цілочислового поліедру. Метод послідовного наближення до такого поліедру ґрунтуються на методі відтинань – перший алгоритм Гоморі, який застосовують для повністю цілочислових задач лінійної оптимізації. У разі нецілочисельності розв'язку задачі складають додаткове відношення, яке

називають перерізом Гоморі. Цей переріз враховують у наступному етапі розрахунку симплекс-методом. Процес продовжують до тих пір, поки не будуть отримані цілочислові значення змінних.

Для розв'язку задач цілочислової лінійної оптимізації важливе значення має дослідження оцінки швидкості збіжності використаного алгоритму та скінченності кроків розв'язку. На цей час відомо, що оптимальний план цілочислової задачі можливо отримати за скінченну кількість кроків розв'язку симплекс-методом певного набору загальних задач лінійної оптимізації. Наведемо числовий експеримент розв'язку модельного прикладу з метою дослідження швидкості збіжності методу Гоморі в розв'язку задач лінійної цілочислової оптимізації.

Модельний приклад.

Знайти цілочисловий розв'язок наступної задачі:

$$\begin{aligned} W_I &= x_1 + x_2 \rightarrow \max, \\ \Omega_I &: \begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 6, \\ 3x_1 + 2x_2 \leq 6, \\ x_1, x_2 \in N. \end{cases} \end{aligned} \quad (4.14)$$

Розв'язок.

Оскільки задача двовимірною, то на початку виконаємо графічний розв'язок задачі лінійної оптимізації.

Складаємо рівняння меж (граничних прямих)

$$\omega_1 : 2x_1 + 3x_2 = 6, \quad \omega_2 : 3x_1 + 2x_2 = 6, \quad \omega_4 : x_1 = 0, \quad \omega_5 : x_2 = 0,$$

та встановлюємо півплощини, які подані відповідними нерівностями. В результаті можемо зобразити поліедр Ω_I . (рис. 4.4)

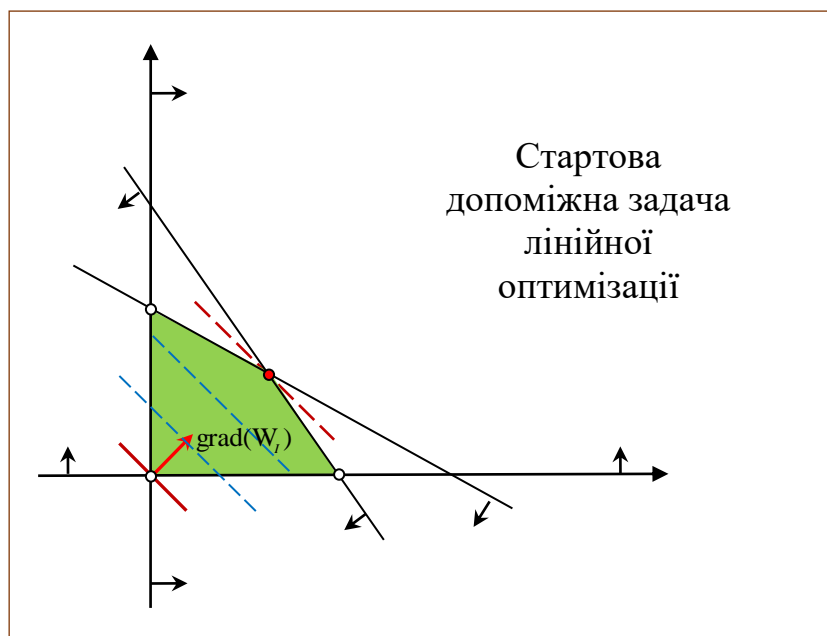


Рис. 4.4. Графічний розв'язок задачі лінійної оптимізації.

В точці початку координат зображуємо вектор градієнту $\text{grad}(W_1) = [1, 1]$. Перпендикулярно до нього проводимо лінію рівня. Переміщуючи її паралельно собі по напрямку градієнта, встановлюємо точку максимуму X_{\max}^{opt} - вершина виходу ліній рівня.

Координати екстремальної вершини визначаються як координати точки перетину відповідних граничних прямих з розв'язку систем:

$$X_{\max}^{\text{opt}} : \omega_1 \times \omega_2 \Leftrightarrow \begin{cases} 2x_1 + 3x_2 = 6 \\ 3x_1 + 2x_2 = 6 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_1 = \frac{6}{5} \\ x_2 = \frac{6}{5} \end{cases}.$$

Таким чином, максимального значення цільова функція набуває в вершині $X_{\max}^{\text{opt}} = \left[\frac{6}{5}, \frac{6}{5} \right]$ і воно рівно $W_1(X_{\max}^{\text{opt}}) = \frac{12}{5}$. Розв'язок допоміжної задачі лінійної оптимізації вказує на відсутність цілочислового розв'язку. Для продовження пошуку цілочислового розв'язку необхідно мати симплекс-розрахунок. На основі останньої симплекс-таблиці складають переріз Гоморі, який продовжує ітерації пошуку цілочислового розв'язку задачі.

Зведемо вихідну задачу до канонічного вигляду:

$$\begin{aligned}
 W_I &= x_1 + x_2 \rightarrow \max, \\
 \Omega_I : &\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 + x_3 = 6, \\ 3x_1 + 2x_2 + x_4 = 6, \end{cases} \quad (4.15) \\
 &x_1, x_2, x_3, x_4 \in N.
 \end{aligned}$$

Маємо первісний опорний план $X_0 = [0, 0, 6, 6]$. Складаємо вихідну симплексну таблицю. (Табл. 4.3)

Табл. 4.3

Базис	C	B	1	1	0	0	$\{b_j/a_{ij}\}$
			a_1	a_2	a_3	a_4	
a_3	0	6	2	3	1	0	3
a_4	0	6	3	2	0	1	2
Δ_j	$W_I(X_0) = 0$		-1	-1	0	0	

В індексному рядочку Δ_j є дві від'ємні оцінки, це означає, що план $X_0 = [0, 0, 6, 6]$ не є оптимальним і його можливо покращити. Напрямний стовпчик знаходимо за правилом обирання найменшого від'ємного значення оцінок. Це стовпчик a_1 , оскільки $\min\{-1, -1\} = -1 \rightarrow \mathbf{a}_1$. Для однакових значень найменших від'ємних значень обирають перше зліва.

Напрямний рядок встановлюємо за правилом обирання найменшого симплексного відношення для додатних компонент напрямного стовпчика.

Маємо

$$\left\{ \frac{b_i}{a_{i1}} \mid a_{i1} > 0, i = 1, 2 \right\} = \min \left\{ \frac{6}{2}, \frac{6}{3} \right\} = 2 \rightarrow \mathbf{a}_2$$

Розв'язувальним елементом є $a_{21} = 3$. Для нього виконуємо Жордано-Гаусса перетворення та остаточно отримаємо (табл. 4.4):

Табл. 4.4

Базис	C	B	1	1	0	0	$\{b_j/a_{ij}\}$
			a_1	a_2	a_3	a_4	
a_3	0	2	0	5/3	1	- 2/3	6/5
a_1	1	2	1	2/3	0	1/3	3
Δ_j	$W_I(X_1) = 2$		0	- 1/3	0	1/3	

З таблиці 4.4: $X_1 = [2, 0, 2, 0]$, $W_I(X_1) = 2$.

В індексному рядочку Δ_j є від'ємна оцінка. План $X_1 = [2, 0, 2, 0]$ не є оптимальним і його можливо покращити. Напрямний стовпчик a_2 , оскільки тільки він містить від'ємну оцінку $\Delta_2 = -\frac{1}{3}$. Напрямний рядок обираємо з умови найменшого симплексного відношення для додатних компонент напрямного стовпчика. Маємо

$$\left\{ \frac{b_i}{a_{i2}} \mid a_{i2} > 0, i = 1, 2 \right\} = \min \left\{ \frac{2}{\frac{5}{3}}, \frac{10}{\frac{2}{3}} \right\} = \left\{ \frac{6}{5}, 3 \right\} \rightarrow a_3$$

В новому базису взамін a_3 буде залучено a_2 . Після відповідних обчислень маємо третю симплексну таблицю (табл. 4.5).

Табл. 4.5

Базис	C	B	1	1	0	0	$\{b_j/a_{ij}\}$
			a_1	a_2	a_3	a_4	
a_2	1	6/5	0	1	3/5	- 2/5	
a_1	1	6/5	1	0	- 2/5	3/5	
Δ_j	$W_I(X_2) = 12/5$		0	0	1/5	1/5	

Всі оцінки невід'ємні $\Delta_j \geq 0$. Це означає, що знайдено оптимальний розв'язок.

$$X_{\max}^{\text{opt}} = \left[\frac{6}{5}, \frac{6}{5}, 0, 0 \right], \quad W_I(X_{\max}^{\text{opt}}) = \frac{12}{5}.$$

Остання симплекс-таблиця забезпечує складання перерізу Гоморі. Для дробових значень у стовпчику В обчислюють дробові частини $\{b_i\}$. Маємо два

однакові значення $\left\{ \frac{6}{5} \right\} = \frac{1}{5}$. Згідно з подальшими рекомендаціями

необхідно обирати т рядок, який відповідає найбільшому значенню $\{b_i\}$. В нашому випадку маємо два однакові значення. Обираємо перше значення і відповідний перший рядок для складання перерізу Гоморі. Зауважуємо, що існує розгалуження за вибором рядка. Цей факт може впливати на кількість етапів розрахунків у пошуку цілочислового розв'язку.

Переріз Гоморі має вигляд:

$$g_1 : \{0\}x_1 + \{0\}x_2 + \left\{ \frac{3}{5} \right\}x_3 + \left\{ -\frac{2}{5} \right\}x_4 \geq \left\{ \frac{6}{5} \right\}$$

Після обчислення дробових частин маємо:

$$g_1 : \frac{3}{5}x_3 + \frac{3}{5}x_4 \geq \frac{1}{5} \Leftrightarrow 3x_3 + 3x_4 \geq 1 \quad (4.16)$$

З канонічної форми запису (4.15) задачі випливає

$$x_3 = 6 - 2x_1 - 3x_2, \quad x_4 = 6 - 3x_1 - 2x_2 \quad (4.17)$$

Підстановка балансових змінних (4.17) в перший переріз Гоморі (4.16) дозволяє отримати аналітичний вигляд перерізу в змінних x_1, x_2

$$g_1 : 3x_1 + 3x_2 \leq 7.$$

Вихідна задача доповнюється першим перерізом Гоморі

$$\begin{aligned}
 &W_I = x_1 + x_2 \rightarrow \max, \\
 &\Omega_I : \begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 6, \\ 3x_1 + 2x_2 \leq 6, \\ 3x_1 + 3x_2 \leq 7, \end{cases} \quad (4.18) \\
 &x_1, x_2 \in N.
 \end{aligned}$$

Симплекс-розрахунок задачі (4.18) наведено в табл. 4.6.

Табл. 4.6

Базис	C	B	1	1	0	0	0
			a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
a_2	1	6/5	0	1	3/5	- 2/5	0
a_1	1	6/5	1	0	- 2/5	3/5	0
a_5	0	- 1/5	0	0	- 3/5	- 3/5	1
Δ_j	$W_I(X_0) =$	12/5	0	0	1/5	1/5	0
a_2	1	1	0	1	0	- 1	1
a_1	1	4/3	1	0	0	1	- 2/3
a_3	0	1/3	0	0	1	1	- 5/3
Δ_j	$W_I(X_1) =$	7/3	0	0	0	0	1/3

Знайдено оптимальний розв'язок з урахуванням першого перерізу

$$X_{\max}^{opt} = \left[\frac{4}{3}, 1, \frac{1}{3}, 0 \right], \quad W_I(X_{\max}^{opt}) = \frac{7}{3}.$$

Перший переріз не забезпечив цілочисловий розв'язок, тому складаємо другий переріз

$$g_2 : \{1\}x_1 + \{0\}x_2 + \{0\}x_3 + \{1\}x_4 + \left\{ -\frac{2}{3} \right\}x_5 \geq \left\{ \frac{4}{3} \right\}.$$

Аналітичний вираз перерізу в змінних x_1, x_2 має вигляд $g_2 : 10x_1 + 10x_2 \leq 23$.

Друга допоміжна задача

$$\begin{aligned}
 & W_I = x_1 + x_2 \rightarrow \max, \\
 \Omega_I : & \begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 6, \\ 3x_1 + 2x_2 \leq 6, \\ 3x_1 + 3x_2 \leq 7, \\ 10x_1 + 10x_2 \leq 23, \end{cases} \quad (4.19) \\
 & x_1, x_2 \in N.
 \end{aligned}$$

Її розв'язок не є цілочисловим

$$X_{\max}^{opt} = \left[\frac{7}{5}, \frac{9}{10} \right], \quad W_I(X_{\max}^{opt}) = \frac{23}{10}.$$

Третя допоміжна задача з третім перерізом Гоморі, який послідовно наближує до цілочислового, має такий запис:

$$\begin{aligned}
 & W_I = x_1 + x_2 \rightarrow \max, \\
 \Omega_I : & \begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 6, \\ 3x_1 + 2x_2 \leq 6, \\ 3x_1 + 3x_2 \leq 7, \\ 10x_1 + 10x_2 \leq 23, \\ 25x_1 + 25x_2 \leq 57, \end{cases} \quad (4.20) \\
 & x_1, x_2 \in N.
 \end{aligned}$$

Її розв'язок також не є цілочисловим

$$X_{\max}^{opt} = \left[\frac{36}{25}, \frac{21}{25} \right], \quad W_I(X_{\max}^{opt}) = \frac{57}{25}.$$

Четверта допоміжна задача має вигляд:

$$\begin{aligned}
 & W_I = x_1 + x_2 \rightarrow \max, \\
 \Omega_I : & \begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 6, \\ 3x_1 + 2x_2 \leq 6, \\ 3x_1 + 3x_2 \leq 7, \\ 10x_1 + 10x_2 \leq 23, \\ 25x_1 + 25x_2 \leq 57, \\ x_1 + x_2 \leq 2, \end{cases} \quad (4.21) \\
 & x_1, x_2 \in N.
 \end{aligned}$$

Задача має цілочисловий розв'язок

$$X_{\max}^{opt} = [2, 0] \text{ або } X_{\max}^{opt} = [0, 2], W_I(X_{\max}^{opt}) = 2.$$

Наведений розв'язок модельної задачі показує що процес швидкості збіжності першого алгоритму Гоморі може бути повільним. Очевидний цілочисловий розв'язок двовимірної модельної задачі отриманий тільки на четвертому кроці стандартного шляху.

У більшості випадків, пошук розв'язку задач лінійної оптимізації, виконується симплексним методом. Але цей класичний алгоритм розв'язку лінійних задач оптимізації може давати додаткові ітерації в процедурі безпосереднього обчислення. Якщо порушити деякі складові стандартного алгоритму симплекс-методу, то можливо прискорити збіжність симплексного розрахунку – зменшити кількість симплекс-таблиць.

Пропонується для прискорення збіжності симплекс-методу відхилитися від канонічного алгоритму. В якості наступного плану задачі обирати не сусідню вершину, а уточнену, яка обирається на підставі оцінки найбільших та найменших значень цільової функції.

Прикладним аспектом запропонованого підходу є використання отриманого наукового результату для забезпечення можливості спрощення числового алгоритму на базі скорочення кількості ітерацій. Це складає передумови для подальшого розвитку та удосконалення подібних підходів в задачах лінійної оптимізації.

Розв'язок модельного прикладу виконаний за класичним алгоритмом і з порушенням його, що підтверджує висунуту гіпотезу.

Проаналізуємо можливе порушення алгоритму класичного симплекс-методу з метою зменшення кількості ітерацій в розв'язанні оптимізаційної задачі.

Для досягнення поставленої мети були поставлені такі завдання:

- навести загальну постановку задачі порушення алгоритму симплекс-методу в побудові опорних планів;

- навести розрахунки модельного прикладу, які підтверджують зменшення кількості ітерацій в порівнянні з класичним розрахунком.

Проаналізуємо модель встановлення максимального радіусу гіперсфери розміщеної (зануреної) у полідральну область (опуклу множину обмежену прямими лініями), яка забезпечує врахування великої множини факторів, серед яких управління інтеграцією (Project Integration Management); предметна область проекту (Project Scope Management); управління якістю (Project Quality Management); управління часом (Project Time Management); управління вартістю (Project Cost Management); управління комунікаціями (Project Communication Management); управління контрактами (Project Procurement Management); управління ризиками (Project Risk Management). У моделі запропоновано строге математичне зведення (лінеаризації) нелінійної оптимізаційної задачі про розміщення гіперсфери максимального радіусу у опуклу область типу поліедру до задачі лінійної оптимізації. Запропонований підхід узагальнюється на задачі довільної скінченної вимірності.0

У сучасному інформаційному суспільстві реалізація більшості ідей відбувається з використанням методології управління проектами. Саме такий підхід забезпечує обґрунтованість витрат як часових, так і ресурсних. Методологія управління проектами постійно розвивається, удосконалюється. Спектр методів управління проектами досить широкий. Все частіше у методологію включається модельний підхід.

В багатьох математичних моделях, які описують етапи управління проектами, виникає задача обов'язкового використання якомога найбільшої кількості певних факторів.

При моделюванні життєвого циклу проекту, зокрема із використання гнучких методологій, часто виникає потреба врахування великої множини факторів, частина з яких у стандарті РМІ РМВОК визначено як 9 функціональних областей управління :

- 1) інтеграцією (Project Integration Management);
- 2) предметною областю проекту (Project Scope Management);

- 3) якістю (Project Quality Management);
- 4) часом (Project Time Management);
- 5) вартістю (Project Cost Management);
- 7) комунікаціями (Project Communication Management);
- 8) контрактами (Project Procurement Management);
- 9) ризиками (Project Risk Management).

Такий підхід сприяє запобіганню раптового і передчасного закінчення проекту, без досягнення його мети, за виключенням випадків, коли приймається рішення припинення його реалізації до завершення відповідно до графіку.

Виникає потреба вирішення задачі максимізації покриття області управління проектами такими факторами, але за умови певних обмежень. Такий підхід можливо змодельовати як встановлення максимального радіусу гіперсфери розміщеної (зануреної) у поліедральну область (опуклу множину обмежену прямими лініями).

Модельовання в галузі управління проектами застосовується у багатьох дослідженнях. Так, запропоновано модель оцінювання компетентностей організацій, які займаються управлінням проектами, програмами і портфелями проектів.

Модель ефективної формалізації процесів взаємодіє на рівні проекту та на рівні портфеля, далі проаналізовано та досліджено вплив складності портфеля проектів на процедуру такої формалізації.

Разом з тим, сучасний математичний апарат теорії оптимізації [4.1,4.2-4.7] сумісно з застосуванням комп'ютерних технологій дозволяє наближено розв'язувати нелінійні задачі, але завжди існує доцільність лінеаризації складних нелінійних задач. Таке спрощення дозволяє використовувати точні класичні методи оптимізаційного розв'язку, на відміну від наближених для нелінійної оптимізації.[4.8-4.14] .

У дослідженні ставилось завдання строгого математичного зведення(лінеаризації) задачі нелінійної оптимізаційної задачі про розміщення

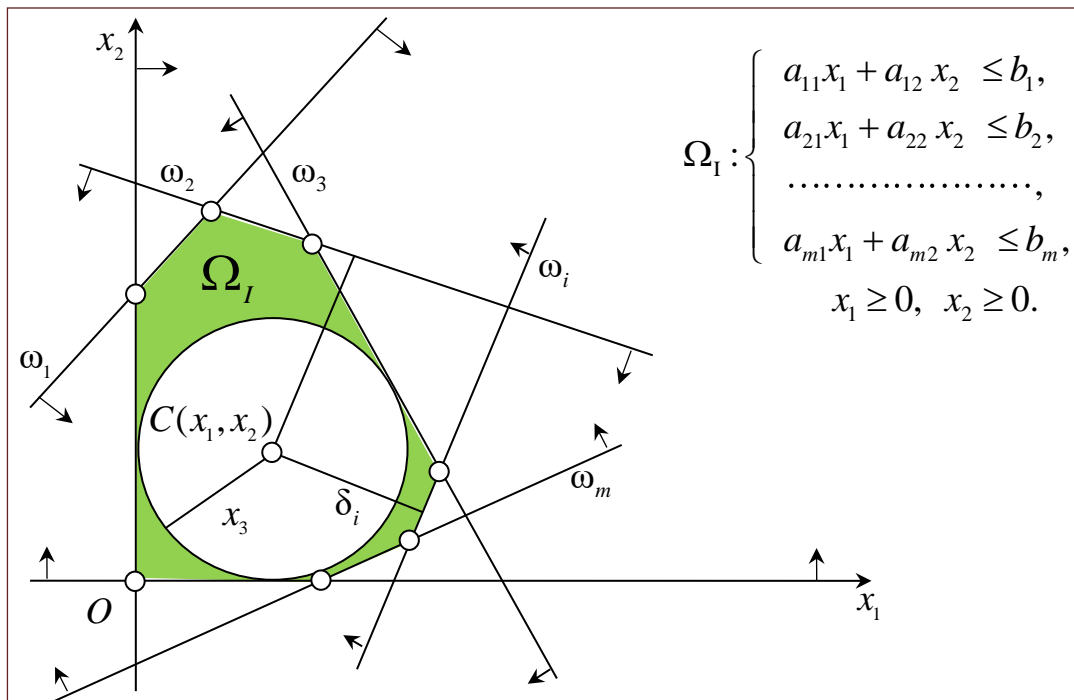


Рис 4.5. Графічна інтерпретація задачі

Нехай x_1 , x_2 – координати центра кола, а x_3 його радіус. Ведемо позначення для меж півплощин поданих нерівностями системи $\omega_i : a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 = b_i$. Нормальне рівняння межі півплощини, поданої $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 \leq b_i$ має вигляд

$$\frac{-\text{sign}(b_i)a_{i1}}{\sqrt{a_{i1}^2 + a_{i2}^2}}x_1 + \frac{-\text{sign}(b_i)a_{i2}}{\sqrt{a_{i1}^2 + a_{i2}^2}}x_2 - p_i = 0.$$

Відомо, що підстановка координат точки у нормальне рівняння прямої є відхиленням δ її від прямої. Оскільки точка центра кола $C(x_1, x_2)$ повинна розташовуватись у півплощині $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 \leq b_i$, то її відхилення

$$\delta = \frac{-\text{sign}(b_i)a_{i1}}{\sqrt{a_{i1}^2 + a_{i2}^2}}x_1 + \frac{-\text{sign}(b_i)a_{i2}}{\sqrt{a_{i1}^2 + a_{i2}^2}}x_2 - p_i$$

та радіус кола складають нерівність

$$\delta + x_3 \leq 0.$$

Маємо твердження: півплощина $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 \leq b_i$ гарантовано містить коло з центром у точці $C(x_1, x_2)$ і радіусом x_3 , у разі виконання нерівності

$$\begin{aligned}
 & W_1 = x_3 \rightarrow \max \\
 \Omega_1 : & \begin{cases} -5x_1 + 12x_2 + 13x_3 \leq 60, \\ 7x_1 + 24x_2 + 25x_3 \leq 168, \\ 4x_1 - 3x_2 + 5x_3 \leq 24, \\ 12x_1 + 5x_2 + 5x_3 \leq 120, \\ -x_1 + x_3 \leq 0, \\ -x_2 + x_3 \leq 0, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \quad x_3 \geq 0. \end{cases} \quad (4.25)
 \end{aligned}$$

Для розв'язку задачі симплекс-методом переходимо до канонічної форми

$$\begin{aligned}
 & W_1 = x_3 \rightarrow \max \\
 \Omega_1 : & \begin{cases} -5x_1 + 12x_2 + 13x_3 + x_4 = 60, \\ 7x_1 + 24x_2 + 25x_3 + x_5 = 168, \\ 4x_1 - 3x_2 + 5x_3 + x_6 = 24, \\ 12x_1 + 5x_2 + 5x_3 + x_7 = 120, \\ -x_1 + x_3 + x_8 = 0, \\ -x_2 + x_3 + x_9 = 0, \\ x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, 9. \end{cases} \quad (4.26)
 \end{aligned}$$

Звідси маємо припустимий опорний план для початку розв'язку симплекс-методом

$$X_0 = [0, 0, 0, \mid 60, 168, 24, 120, 0, 0] \in \Omega_1$$

Розрахунок виконуємо звичайним симплекс-методом (табл. 4.7).

Відповідна графічна інтерпретація розв'язку наведено на рис.4.6.

Табл. 4.7

			a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9
Базис	C	B	0	0	1	0	0	0	0	0	0
a_4	0	60	-5	12	13	1	0	0	0	0	0
a_5	0	168	7	24	25	0	1	0	0	0	0
a_6	0	24	4	-3	5	0	0	1	0	0	0
a_7	0	120	12	5	13	0	0	0	1	0	0
a_8	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	1	0
a_9	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	1
Δ_j	$W_1(X_0) = 0$		0	0	-1	0	0	0	0	0	0
a_4	0	60	8	12	0	1	0	0	0	-13	0
a_5	0	168	32	24	0	0	1	0	0	-25	0
a_6	0	24	9	-3	0	0	0	1	0	-5	0
a_7	0	120	25	5	0	0	0	0	1	-13	0
a_3	1	0	-1	0	1	0	0	0	0	1	0
a_9	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	-1	1
Δ_j	$W_1(X_1) = 0$		-1	0	0	0	0	0	0	1	0
a_4	0	60	0	20	0	1	0	0	0	-5	-8
a_5	0	168	0	56	0	0	1	0	0	7	-32
a_6	0	24	0	6	0	0	0	1	0	4	-9
a_7	0	120	0	30	0	0	0	0	1	12	-25
a_3	1	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	1
a_1	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	-1	1
Δ_j	$W_1(X_2) = 0$		0	-1	0	0	0	0	0	0	1
a_4	0	0	0	0	0	1	-5/14	0	0	-15/2	24/7
a_2	0	3	0	1	0	0	1/56	0	0	1/8	-4/7
a_6	0	6	0	0	0	0	-3/28	1	0	13/4	-39/7
a_7	0	30	0	0	0	0	-15/28	0	1	33/4	-7,8571
a_3	1	3	0	0	1	0	1/56	0	0	1/8	3/7
a_1	0	3	1	0	0	0	1/56	0	0	-7/8	3/7
Δ_j	$W_1(X_3) = 3$		0	0	0	0	1/56	0	0	1/8	3/7

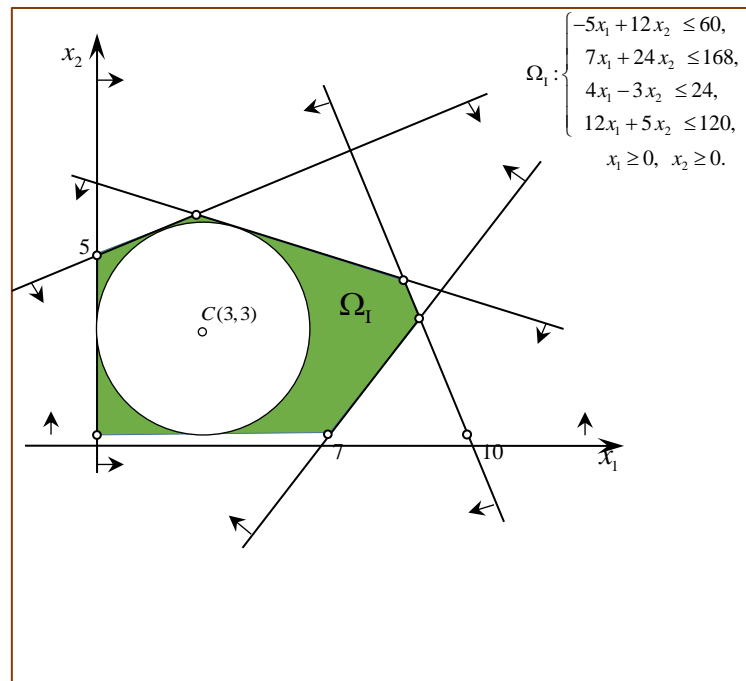


Рис. 4.6. Графічне зображення кола найбільшого радіусу, вписаного в поліедр Ω_1

З останньої симплекс-таблиці маємо оптимальний розв'язок $x_1^{opt} = 3$, $x_2^{opt} = 3$ та $x_3^{opt} = 3$. Таким чином, коло максимального радіусу, яке можливо розмістити в поліедру, має центр в точці $C(3, 3)$ та радіус $R = 3$.

Запропонований підхід узагальнюється на задачі довільної скінченної вимірності. Розглянемо, наприклад, чотиривимірний випадок.

Модельний приклад №2

Поліедр подано системою лінійних нерівностей

$$\Omega_2 : \begin{cases} x_1 - 2x_2 + 4x_3 - 2x_4 \leq 6, \\ 5x_1 + 6x_2 - 4x_3 - 2x_4 \leq 2, \end{cases} \quad (4.27)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, 4.$$

Знайти координати центра та радіус кола, найбільшого за площею та розміщеного в області Ω_2 .

Складаємо відповідну лінійну оптимізаційну задачу, яка має наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
 & W_1 = x_5 \rightarrow \max \\
 \Omega_2 : & \begin{cases} x_1 - 2x_2 + 4x_3 - 2x_4 + 5x_5 \leq 6, \\ 5x_1 + 6x_2 - 4x_3 - 2x_4 + 9x_5 \leq 2, \\ -x_1 + x_5 \leq 0, \\ -x_2 + x_5 \leq 0, \\ -x_3 + x_5 \leq 0, \\ -x_4 + x_5 \leq 0, \\ x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, 4, 5. \end{cases} \quad (4.28)
 \end{aligned}$$

Канонічна форма задачі лінійної оптимізації

$$\begin{aligned}
 & W_1 = x_5 \rightarrow \max \\
 \Omega_2 : & \begin{cases} x_1 - 2x_2 + 4x_3 - 2x_4 + 5x_5 + x_6 = 6, \\ 5x_1 + 6x_2 - 4x_3 - 2x_4 + 9x_5 + x_7 = 2, \\ -x_1 + x_5 + x_8 = 0, \\ -x_2 + x_5 + x_9 = 0, \\ -x_3 + x_5 + x_{10} = 0, \\ -x_4 + x_5 + x_{11} = 0, \\ x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, 11. \end{cases} \quad (4.29)
 \end{aligned}$$

Маємо припустимий опорний план

$$X_0 = [0, 0, 0, 0, 0, 0 \mid 6, 2, 0, 0, 0, 0] \in \Omega_2$$

Розрахунок виконуємо звичайним симплекс-методом (табл. 4.8).

Остання симплекс-таблиця надає оптимальний розв'язок

$$X_{\max}^{\text{opt}} = \left[\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, 1, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, 0, 0, 0, 0, \frac{2}{3}, 0 \right].$$

Гіперсфера максимального радіусу, яка може бути вміщена в поліедральний простір Ω_2 , має центр в точці

$$C \left(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, 1, \frac{1}{3} \right) \text{ та радіус } R = \frac{1}{3}.$$

Табл. 4.8

Базис	C	B	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}
			0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
a_6	0	6	1	-2	4	2	5	1	0	0	0	0	0
a_7	0	2	5	6	-4	-2	9	0	1	0	0	0	0
a_8	0	0	-1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
a_9	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
a_{10}	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	1	0
a_{11}	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	1
Δ_j	$W_1(X_0) = 0$		0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0
a_6	0	6	1	3	4	2	0	1	0	0	-5	0	0
a_7	0	2	5	15	-4	-2	0	0	1	0	-9	0	0
a_8	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	1	-1	0	0
a_5	1	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
a_{10}	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	-1	1	0
a_{11}	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	-1	0	1
Δ_j	$W_1(X_1) = 0$		0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
a_6	0	6	1	0	7	2	0	1	0	0	-2	-3	0
a_7	0	2	5	0	11	-2	0	0	1	0	6	-15	0
a_8	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	1	0	-1	0
a_5	1	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	1	0
a_2	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	-1	1	0
a_{11}	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	-1	1
Δ_j	$W_1(X_2) = 0$		0	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0
a_6	0	6	1	0	0	9	0	1	0	0	-2	4	-7
a_7	0	2	5	0	0	9	0	0	1	0	6	-4	-11
a_8	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	-1
a_5	1	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	1
a_2	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	-1	0	1
a_3	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	-1	1
Δ_j	$W_1(X_3) = 0$		0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	1
a_6	0	6	10	0	0	0	0	1	0	-9	-2	4	2
a_7	0	2	14	0	0	0	0	0	1	-9	6	-4	-2
a_4	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	-1
a_5	1	0	-1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
a_2	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	1	-1	0	0
a_3	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	1	0	-1	0
Δ_j	$W_1(X_4) = 0$		-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Продовження табл. 4.8

			a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}
Базис	C	B	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
a_6	0	32/7	0	0	0	0	0	1	- 5/7	-18/7	-44/7	48/7	24/7
a_1	0	1/7	1	0	0	0	0	0	1/14	- 9/14	3/7	- 2/7	- 1/7
a_4	0	1/7	0	0	0	1	0	0	1/14	5/14	3/7	- 2/7	- 8/7
a_5	1	1/7	0	0	0	0	1	0	1/14	5/14	3/7	- 2/7	- 1/7
a_2	0	1/7	0	1	0	0	0	0	1/14	5/14	- 4/7	- 2/7	- 1/7
a_3	0	1/7	0	0	1	0	0	0	1/14	5/14	3/7	- 9/7	- 1/7
Δ_j	$W_i(X_5) =$	1/7	0	0	0	0	0	0	1/14	5/14	3/7	- 2/7	- 1/7
a_{10}	0	2/3	0	0	0	0	0	7/48	- 5/48	- 3/8	-11/12	1	1/2
a_1	0	1/3	1	0	0	0	0	1/24	1/24	- 3/4	1/6	0	0
a_4	0	1/3	0	0	0	1	0	1/24	1/24	1/4	1/6	0	-1
a_5	1	1/3	0	0	0	0	1	1/24	1/24	1/4	1/6	0	0
a_2	0	1/3	0	1	0	0	0	1/24	1/24	1/4	- 5/6	0	0
a_3	0	1	0	0	1	0	0	3/16	- 1/16	- 1/8	- 3/4	0	1/2
Δ_j	$W_i(X_6) =$	1/3	0	0	0	0	0	1/24	1/24	1/4	1/6	0	0

Таким чином, у процесах моделювання життєвого циклу проекту необхідне врахуванням множини факторів, частина з яких детально представлена у стандарті PMI PMBOK. Запропонована модель, що ґрунтується на задачі розміщення гіперсфери максимального радіусу у поліедру, дозволяє врахувати зазначені фактори, та зводиться до класичної задачі лінійної оптимізації, яка може бути розв'язана відомими методами. Поліедральна область задана системою лінійних нерівностей, при цьому задачу про коло найбільшого радіусу, яке розміщується у поліедрі, формулюється як задача лінійної оптимізації. Таким чином окреслюється максимальна кількість факторів, які необхідно враховувати при розробленні життєвого циклу певного проекту.

Більшість ІТ компаній орієнтуються на розроблення принципово нових продуктів або послуг. Проекти націлені на реалізацію чітко поставлених цілей. Ефективне управління цими проектами стає актуальним і важливим завданням кожної компанії, і її персоналом прикладається максимум зусиль, знань, досвіду для обрання ефективних методик та інструментарію для формування проекту з метою досягнення найкращого результату. Сучасні математичні

моделі опису процесів управління проектами, сприятимуть вирішенню цих завдань, якщо звести їх до задач ЛО, що містять стандартні кроки алгоритму.

Для дослідження та розв'язку таких задач дослідники застосовують бібліотеку підпрограм відомих комп'ютерних пакетів Mathematica®, Maple®, MathCad®. Комп'ютерна реалізація розрахунків дозволяє розв'язувати складні типи комбінаторних задач цілочислової лінійної оптимізації та виконувати розв'язок задач великої вимірності, що є важливим у процедурах управління проектами.

Для вирішення таких задач важливе значення має вдосконалення підготовленої до початку комп'ютерної реалізації самої математичної моделі. Така практична доцільність для розв'язку широкого кола задач ЛО стимулює розробку нових та вдосконалення існуючих алгоритмів підготовки моделі до комп'ютерних розрахунків. Застосування таких алгоритмів дозволить скоротити комп'ютерний час розрахунків та зменшити вимоги до апаратних компонент комп'ютера.

Побудуємо ланцюг ефективних алгоритмів, які спрощують первісну математичну модель задачі та реалізацію її комп'ютерного розрахунку.

Алгоритми спрощення є ефективним прийомом пошуку розв'язку таких задач. Якщо виконати проектування багатовимірного процесу на двовимірну площину, то такий прийом дозволить наочно відобразити у графічній формі множини розв'язків задачі зокрема формуванні ефективної системи управління проектом на кожному з етапів його реалізації при розрахунку бюджету та подальшої оптимізації витрат. При формуванні етапів реалізації проекту кількість альтернатив, які потребують розгляду, зростає надзвичайно швидко зі збільшенням розміру проекту, при цьому реалізація алгоритмів повного перебору навіть з використанням швидкодіючих комп'ютерів, потребує значних часових та ресурсних затрат. В рамках даного дослідження запропоновано спосіб спрощення цієї процедури як комбінаторного розв'язку задачі дискретної оптимізації. Він заснований на тому, що виконується декомпозиція системи, яка відображає систему обмежень п'ятивимірної

вихідної задачі на двовимірну координатну площину. Такий спосіб дозволяє отримати просту систему графічних розв'язків складної задачі лінійної дискретної оптимізації. З практичної точки зору запропонований метод дозволяє спростити обчислювальну складність оптимізаційних задач такого класу.

Кількість ітерацій симплекс-методу визначається первісним опорним планом X_0 та кількістю кутових точок Ω . Оскільки ланцюгів переходу від X_0 до оптимальної Хорт декілька, то виникає потреба знаходження найкоротшого (з точки зору кількості вершин) ітераційного «шляху». На сьогодні в літературі відсутні такі оцінки та порівняння їх з класичним алгоритмом симплекс-методу.

Метою є використання та розробка ефективних алгоритмів та підготовка математичних моделей задач ЛО з подальшою реалізацією їх розв'язку на комп'ютері, що сприятимуть формуванню ефективних альтернатив реалізації ІТ проектів. Для досягнення поставленої мети були поставлені такі завдання: сформулювати загальну постановку задач побудови ефективних алгоритмів; проаналізувати модельні приклади, які ілюструють ефективність роботи алгоритмів на етапі комп'ютерного розрахунку.

Розв'язуючи систему методом Жордано-Гаусса, за довільною базисною комбінацією змінних, отримаємо проекцію n -вимірної вихідної задачі на $(n-m)$ -вимірний простір. У разі $n - m = 2$ маємо проектування на двовимірну площину.

Вирішення більшості проблем, пов'язаних в управлінні проектами із завданнями вибору, полягає в побудові математичної моделі, яка відображає взаємозв'язки найважливіших компонентів проекту на всіх етапах його реалізації. Розглянемо модельний приклад розв'язку п'ятивимірної задачі лінійної оптимізації, яка ґрунтується на такому проектуванні багатовимірного простору на двовимірний простір.

Задачу лінійної оптимізації розв'язати методом проектування на двовимірні координатні площини

$$\begin{aligned}
 W_1 &= -15x_1 + 4x_2 + 2x_3 - x_4 + 2x_5 - 7 \rightarrow \max, \\
 \Omega_1 : &\begin{cases} 5x_1 - x_2 - x_3 - x_4 - x_5 = -20, \\ -7x_1 + 2x_2 + x_3 = 4, \\ x_1 + x_2 + x_4 = 11, \\ x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, 4, 5. \end{cases}
 \end{aligned}
 \tag{4.30}$$

Метод проектування або спрощення задачі ЛО полягає у переході від канонічної форми представлення задачі ЛО до стандартної. Такий перехід виконують розв'язком системи методом Жордана-Гаусса. (табл. 4.9)

Табл. 4.9

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	b	Σ
	5	-1	-1	-1	-1	-20	-19
	-7	2	1	0	0	4	0
	1	1	0	1	0	11	14
W_1	-15	4	2	-1	2	7	
	-5	1	1	1	1	20	19
	-7	2	1	0	0	4	0
	1	1	0	1	0	11	14
W_1	-5	2	0	-3	0	-33	
	2	-1	0	1	1	16	19
	-7	2	1	0	0	4	0
	1	1	0	1	0	11	14
W_1	-5	2	0	-3	0	-33	
	1	-2	0	0	1	5	5
	-7	2	1	0	0	4	0
	1	1	0	1	0	11	14
W_1	-2	5	0	0	0	0	

В якості базисних змінних обираємо довільні змінні, на початку візьмемо таку трійку – x_3, x_4, x_5 . В результаті виключення маємо розв'язану систему

$$\begin{cases} x_1 - 2x_2 + x_5 = 5, \\ -7x_1 + 2x_2 + x_3 = 4, \\ x_1 + x_2 + x_4 = 11. \end{cases}
 \tag{4.31}$$

Відкидаючи невід'ємні базисні змінні, забезпечуємо проектування вихідної багатовимірної задачі на двовимірну координатну площину Ox_1x_2 :

$$W_1 = -2x_1 + 5x_2 \rightarrow \max,$$

$$\Omega_1^{Ox_1x_2} : \begin{cases} x_1 - 2x_2 \leq 5, \\ -7x_1 + 2x_2 \leq 4, \\ x_1 + x_2 \leq 11, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases} \quad (4.32)$$

Графічний розв'язок наведено на рис.4.7.

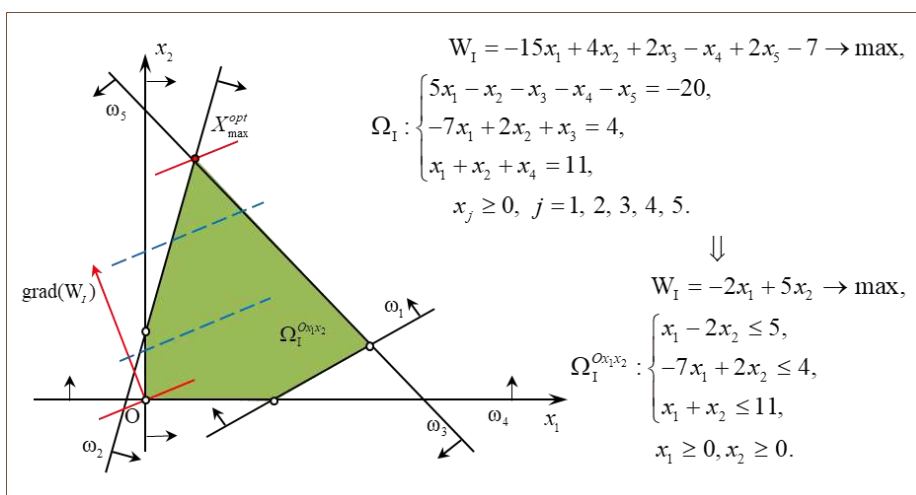


Рис. 4.7. Графічний розв'язок. Проекція на Ox_1x_2

Координати оптимальної вершини знаходимо з розв'язку системи

$$X_{\max}^{opt} : \omega_2 \times \omega_3 \begin{cases} -7x_1 + 2x_2 = 4, \\ x_1 + x_2 = 11, \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_1 = 2, \\ x_2 = 9. \end{cases} \quad (4.33)$$

Оптимальний розв'язок вихідної задачі обчислюємо з (4.17):

$$X_{\max}^{opt} = [2, 9, 0, 0, 21] \quad (4.34)$$

Максимальне значення цільової функції буде $W_{I\max} = 41$.

4.3. Інструментальні методи та засоби підвищення ефективності аналізу когнітивного управління підготовки фахівців

В методології когнітивного управління важливе значення мають знакові моделі управління, дослідження, аналіз та розвинення яких пов'язано з

інструментальними методами підвищення ефективності на базі поняття оптимальності.

Лінійна оптимізація, у більшості випадків використовує для розв'язку своїх задач канонічні класичні алгоритми [4.1,4.2,4.3,4.4,4.5,4.6]. Типові задачі містять стандартні кроки алгоритму: отримання початкового опорного плану, побудова ланцюга опорних планів, оцінку їх оптимальності, покращення плану та значення цільової функції [4.7,4.8,4.9,4.10]. Кожен з опорних планів має набір лінійно незалежних базисних векторів. Перехід до нового базису, який являє собою, ні що інше, як перехід по ребру у сусідню вершину поліедру, здійснюється в межах строгого алгоритму. Як стверджує теорія алгоритму симплекс-методу перехід виконують у напрямку найкращої зміни значень цільової функції [4.11,4.12]. Така вимога алгоритму в деяких задачах лінійної оптимізації може привести до появи надмірно великої кількості ітерацій у порівнянні з переходом не у сусідню вершину а іншу, яку можливо визначити за додатковими вимогами.

В багатьох випадках математичні моделі управління активними системами інтерпретуються у вигляді задач лінійної оптимізації [4.1,4.2,4.3,4.11,4.12].

Підготовка до розв'язку задач ЛО може бути спрощена на підставі використання поняття двоїстості. Сформована за певними правилами пара двоїстих задач дозволяє досліднику обирати більш просту з точки зору комп'ютерного розрахунку.

Алгоритми спрощення є ефективним прийомом пошуку розв'язку оптимізаційної задачі. Якщо виконати проектування багатовимірного процесу на двовимірну площину, то такий прийом дозволить наочно відобразити у графічній формі множини розв'язків задачі. В рамках даного дослідження запропоновано спосіб спрощення комбінаторного розв'язку задачі дискретної оптимізації. Він заснований на тому, що виконується декомпозиція системи, яка відображає систему обмежень п'ятивимірної вихідної задачі на двовимірну координатну площину. Такий спосіб дозволяє отримати просту

систему графічних розв'язків складної задачі лінійної дискретної оптимізації. З практичної точки зору запропонований метод дозволяє спростити обчислювальну складність оптимізаційних задач такого класу.

Розв'язок задач лінійної оптимізації ґрунтується на алгоритмі класичного або звичайного симплекс-методу. Сутність його полягає в інтелектуальному переборі вершин поліедру Ω_I (припустимої області оптимізаційної задачі). План або вершина поліедру Ω_I задається системою n базисних векторів $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_n$. Кількість можливих вершин поліедру дорівнює числу комбінацій C_n^m (n – вимірність задачі, а $m = rang(\Omega_I)$). Реальні задачі лінійної оптимізації, які інтерпретують моделі управління відзначаються великими значення m . З огляду на це, необхідно було отримати алгоритм, який забезпечує впорядкований перебір кутових точок поліедру. Такий метод був розроблений [4.1,4.2] та називається симплекс-методом. Він дозволяє від відомого первісного опорного плану X_0 , за скінчену кількість кроків отримати оптимальний розв'язок оптимізаційної задачі. Кожен ітераційний крок симплекс-методу відповідає новому плану, який покращує значення цільової функції. Алгоритмічний процес продовжується до тих пір поки не буде знайдено оптимальне значення цільової функції або відсутність розв'язку оптимізаційної задачі.

Кількість ітерацій симплекс-методу визначається первісним опорним планом X_0 та кількістю кутових точок Ω_I . Оскільки ланцюгів переходу від X_0 до оптимальної X_{opt} декілька, то виникає потреба знаходження найкоротшого(з точки зору кількості вершин) ітераційного «шляху». На цей час в літературі відсутні такі оцінки та порівняння їх з класичним алгоритмом симплекс-методу.

Суттєвого спрощення алгоритмів підготовки задачі ЛО до комп'ютерного розрахунку можливо добитися використовуючи поняття двоїстості в задачах ЛО.[4.9,4.10] Існуючі схеми переходу від прямої задачі до

двоїстої дозволяють легко скласти пару спряжених задач.

Формалізуючи класичну схему побудови двоїстої задачі отримаємо пари взаємно двоїстих задач. А це, в свою чергу, дозволяє для подальшого розв'язку обирати більш просту задачу з точки зору розрахунку.

Розглянемо найбільш загальний випадок представлення прямої задачі ЛО у вигляді загальної задачі ЛО

$$\begin{aligned} & W_I = C X \rightarrow \max, \\ \text{I: } \Omega_I : & \left\{ \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \leq \\ = \end{bmatrix} \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \end{pmatrix}, \\ & x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, l, \end{aligned} \quad (4.35)$$

або в розгорнутій формі запису

$$\begin{aligned} & W_I = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max, \\ \text{I: } \Omega_I : & \left\{ \begin{aligned} & \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, k, \\ & \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i = k+1, k+2, k+3, \dots, m, \\ & x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, l. \end{aligned} \right. \quad (4.36) \end{aligned}$$

Двоїстою до неї називають задачу вигляду:

$$\begin{aligned} & W_{II} = Y B \rightarrow \min, \\ \text{II: } \Omega_{II} : & \left\{ \begin{pmatrix} Y_1 & Y_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \geq \\ = \end{bmatrix} \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix}, \\ & y_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, k, \end{aligned} \quad (4.37)$$

або в іншій формі запису

$$\begin{aligned} & W_{II} = \sum_{i=1}^m b_i y_i \rightarrow \min, \\ \text{II: } \Omega_{II} : & \left\{ \begin{aligned} & \sum_{i=1}^m y_i a_{ij} \geq c_j, \quad j = 1, 2, 3, \dots, l, \\ & \sum_{i=1}^m y_i a_{ij} = c_i, \quad i = l+1, l+2, l+3, \dots, n, \\ & y_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, k. \end{aligned} \right. \quad (4.38) \end{aligned}$$

Модельний приклад

До прямої задачі лінійного оптимізації

$$\begin{aligned}
 W_1 &= 7x_1 - 4x_2 + 3x_3 - 2x_4 + x_5 \rightarrow \min, \\
 \Omega_1 : &\begin{cases} -3x_1 - 5x_2 + 9x_3 - x_4 + 8x_5 \geq 24, \\ x_1 + 2x_2 - x_3 + 3x_4 - 7x_5 \leq 11, \\ x_1 + 4x_2 + x_3 - 2x_4 - x_5 = 8, \\ -x_1 + 3x_2 + 6x_3 - 5x_4 - 3x_5 = 21, \\ x_3 \geq 0, x_5 \geq 0, \end{cases} \quad (4.39)
 \end{aligned}$$

скласти двоїсту задачу.

Розв'язок: Маємо пряму задачу на мінімум. Для задачі на мінімум необхідна наявність нерівностей тільки \geq . Змінюємо знак другої нерівності на протилежний.

$$\begin{aligned}
 W_1 &= 7x_1 - 4x_2 + 3x_3 - 2x_4 + x_5 \rightarrow \min, \\
 \Omega_1 : &\begin{cases} -3x_1 - 5x_2 + 9x_3 - x_4 + 8x_5 \geq 24, \\ -x_1 - 2x_2 + x_3 - 3x_4 + 7x_5 \geq -11, \\ x_1 + 4x_2 + x_3 - 2x_4 - x_5 = 8, \\ -x_1 + 3x_2 + 6x_3 - 5x_4 - 3x_5 = 21, \\ x_3 \geq 0, x_5 \geq 0, \end{cases} \quad (4.40)
 \end{aligned}$$

Перехід до двоїстої задачі виконуємо в табл. 4.10

Табл. 4.10

Перехід до двоїстої задачі для модельного прикладу № 1

$Y \setminus X$	x_1	x_2	$x_3 \geq 0$	x_4	$x_5 \geq 0$?	B
$y_1 \geq 0$	-3	-5	9	-1	8	\geq	24
$y_2 \geq 0$	-1	-2	1	-3	7	\geq	-11
y_3	1	4	1	-2	-1	=	8
y_4	-1	3	6	-5	-3	=	21
?	=	=	\leq	=	\leq		
C	7	-4	3	-2	1		

Двоїста задача має вигляд

$$\begin{aligned}
 W_{II} &= 24y_1 - 11y_2 + 8y_3 + 21y_4 \rightarrow \max, \\
 \Omega_{II} : &\begin{cases} -3y_1 - y_2 + y_3 - y_4 = 7, \\ -5y_1 - 2y_2 + 4y_3 + 3y_4 = -4, \\ 9y_1 + y_2 + y_3 + 5y_4 \leq 7, \\ y_1 + 3y_2 + 2y_3 + 5y_4 = 2, \\ 8y_1 + 7y_2 - y_3 - 3y_4 \leq 7, \\ y_1 \geq 0, \quad y_2 \geq 0. \end{cases} \quad (4.41)
 \end{aligned}$$

Розв'язок прямої задачі знаходять за умови відомих теорем двоїстості.

Редуція в загальних задачах ЛО

Нехай маємо загальну задачу лінійної оптимізації у вигляді:

$$\begin{aligned}
 W_I &= \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max, \\
 \Omega_I : &\begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, & i = 1, \dots, k, \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, & i = k + 1, \dots, m, \\ x_j \geq 0, & j = 1, \dots, l. \end{cases} \quad (4.42)
 \end{aligned}$$

Відомо, що таку задачу завжди можливо звести до канонічної форми запису:

$$\begin{aligned}
 W_I &= \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max, \\
 \Omega_I : &\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (4.43) \\
 &x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n,
 \end{aligned}$$

Форми задач лінійної оптимізації є еквівалентними. Добитися цього можливо за умови використання прийомів перетворення для переходу від однієї форми задач до іншої.

Так рівняння системи обмежень задачі лінійної оптимізації еквівалентне системі двох нерівностей:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j = b_i \Leftrightarrow \begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i, \\ -\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq -b_i. \end{cases} \quad (4.44)$$

Довільні за знаком змінні можуть бути представлені у вигляді різниці 2-х невід'ємних змінних:

$$x_j = u_j - v_j, \quad u_j \geq 0, \quad v_j \geq 0.$$

Перехід від обмежень – нерівностей до обмежень – рівнянь виконують додаванням невід'ємної (балансової) змінної:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_j \Rightarrow \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + x_{n+i} = b_j, \quad x_{n+i} \geq 0, \quad i = 1, \dots, k.$$

Для спрощення перетворення задач лінійної оптимізації також використовують перехід від максимізації до мінімізації цільової функції і навпаки:

$$W_i = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max \Leftrightarrow W_i = -\sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min$$

Не порушуючи загальності міркувань, нехай маємо задачу лінійної дискретної оптимізації поданої у канонічній формі:

$$\begin{aligned} W_i = CX &\rightarrow \max \\ \Omega_i : AX &= B, \\ X &\geq 0, \end{aligned} \quad (4.45)$$

де ранг матриці коефіцієнтів системи обмежень рівний $\text{rang } A = m$.

Тоді розв'язуючи систему методом Жордано-Гаусса за довільною базисною комбінацією змінних отримаємо проекцію n -вимірної вихідної задачі на $(n-m)$ -вимірний простір. У разі $n - m = 2$ маємо проектування на двовимірну площину.

Прискорення збіжності розв'язку задачі ЛО

У більшості випадків, пошук розв'язку задач лінійної оптимізації, виконується симплексним методом. Але цей класичний алгоритм розв'язку лінійних задач оптимізації може давати додаткові ітерації в процедурі

безпосереднього обчислення. Якщо порушити деякі складові стандартного алгоритму симплекс-методу, то можливо прискорити збіжність симплексного розрахунку – зменшити кількість симплекс-таблиць.

Пропонується для прискорення збіжності симплекс-методу відхилятися від канонічного алгоритму. В якості наступного плану задачі обирати не сусідню вершину, а уточнену, яка обирається на підставі оцінки найбільших та найменших значень цільової функції.

Розглянемо загальний підхід до розв'язку лінійної оптимізаційної задачі за класичним алгоритмом симплекс-методу.[4.1,4.2,4.3]

Не порушуючи загальності міркувань, нехай маємо, задачу лінійної оптимізації у стандартній формі запису

$$\begin{aligned} W_I &= \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max, \\ \Omega_I : \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j &\leq b_i, \quad i=1, \dots, m, \quad (4.46) \\ x_j &\geq 0, \quad j=1, \dots, n, \end{aligned}$$

де $b_i \geq 0, \quad i=1, 2, \dots, m$.

Додавання до кожної нерівності балансової невід'ємної змінної $x_i \geq 0, \quad i=n+1, n+2, \dots, n+m$ та запис задачі у векторній формі дозволяють отримати канонічну форму запису оптимізаційної задачі

$$\begin{aligned} W_I &= (\mathbf{c}, \mathbf{x}) \rightarrow \max, \\ \Omega_I : (\mathbf{a}_j, \mathbf{x}) &= \mathbf{b}, \quad (4.47) \\ \mathbf{x} &\geq 0, \end{aligned}$$

або у розгорнутій формі:

$$x_1 \mathbf{a}_1 + x_2 \mathbf{a}_2 + \dots + x_m \mathbf{a}_m + x_{m+1} \mathbf{a}_{m+1} + \dots + x_n \mathbf{a}_n = \mathbf{b},$$

де

$$\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T, \quad X \in \mathbf{R}^n, \quad \mathbf{c} = [c_1, c_2, \dots, c_n],$$

$$\mathbf{a}_1 = [a_{11}, a_{21}, \dots, a_{m1}]^T, \quad \mathbf{a}_2 = [a_{12}, a_{22}, \dots, a_{m2}]^T, \dots, \quad \mathbf{a}_n = [a_{1n}, a_{2n}, \dots, a_{mn}]^T,$$

$$\mathbf{a}_{n+1} = \mathbf{e}_{n+1} = [1, 0, \dots, 0]^T, \quad \mathbf{a}_{n+2} = \mathbf{e}_{n+2} = [0, 1, \dots, 0]^T, \quad \dots, \quad \mathbf{a}_{n+m} = \mathbf{e}_{n+m} = [0, 0, \dots, 1]^T, \\ \mathbf{b} = [b_1, b_2, \dots, b_m]^T.$$

Вектори $\mathbf{a}_{n+1}, \mathbf{a}_{n+2}, \dots, \mathbf{a}_{n+m}$ є одиничними векторами. Ці вектори є лінійно незалежними і складають базис. Розвинення вектора правих частин системи обмежень оптимізаційної має вигляд:

$$\mathbf{b} = b_1 \mathbf{e}_{n+1} + b_2 \mathbf{e}_{n+2} + \dots + b_m \mathbf{e}_{n+m}.$$

Оскільки всі $b_i \geq 0$, то отримаємо припустимий первісний опорний план \mathbf{X}_0 . Первісному плану відповідає базисне розвинення

$$\mathbf{X}_0 = b_1 \mathbf{e}_{n+1} + b_2 \mathbf{e}_{n+2} + \dots + b_m \mathbf{e}_{n+m} = [\underbrace{0, 0, \dots, 0}_n, b_1, b_2, \dots, b_m].$$

Головною ідеєю алгоритму симплекс-методу є послідовний перебір припустимих опорних планів. Виключення одного вектора з базису і залучення другого виконується методом Жордано-Гаусса. У разі дотримання цих критеріїв складається ланцюг. Початок якого знаходиться в стартовій вершині \mathbf{X}_0 поліедру Ω_l і відповідає першій симплекс-таблиці розрахунків. Перехід до наступного опорного плану \mathbf{X}_1 за класичним алгоритмом відповідає переходу до сусідньої вершини. Фактично кожна таблиця є числовим описом вершин Ω_l . Процес продовжують до тих пір поки не буде знайдена оптимальна вершина \mathbf{X}^{opt} або доведена її відсутність.

На довільному кроці розрахунків за звичайним алгоритмом симплекс-методу існує можливість переходу не в сусідню вершину, а в довільну, яка розташована в околі оптимальної вершини. Вибір такої вершини можливо виконувати на базі багатьох оціночних методів, наприклад, половинного ділення. Для такого обиравання альтернативний ланцюг симплексного розрахунку може мати значно меншу кількість ітерацій.

Розглянемо модельний приклад розв'язку двовимірної задачі лінійної оптимізації для підтвердження такого випадку. Спочатку за стандартною

методикою, а потім з порушенням правила обирання комбінації базисних векторів.

Розв'язати задачу ЛО

$$\begin{aligned}
 & W_I = 3x_1 + 4x_2 \rightarrow \max, \\
 \Omega_I : & \begin{cases} -x_1 + 2x_2 \leq 12, \\ x_1 + 4x_2 \leq 36, \\ 2x_1 + 3x_2 \leq 37, \\ 4x_1 - 5x_2 \leq 19, \\ x_1 - 6x_2 \leq 0, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases} \quad (4.48)
 \end{aligned}$$

Розв'язок. До лівих частин кожної нерівності додаємо базисні невід'ємні невідомі x_3, x_4, x_5, x_6, x_7 . В результаті маємо канонічну форму задачі лінійної оптимізації:

$$\begin{aligned}
 & W_I = 3x_1 + 4x_2 \rightarrow \max, \\
 \Omega_I : & \begin{cases} -x_1 + 2x_2 + x_3 = 12, \\ x_1 + 4x_2 + x_4 = 36, \\ 2x_1 + 3x_2 + x_5 = 37, \\ 4x_1 - 5x_2 + x_6 = 19, \\ x_1 - 6x_2 + x_7 = 0, \\ x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, 7. \end{cases} \quad (4.49)
 \end{aligned}$$

Первісний опорний план $\mathbf{X}_0 = [0, 0, 12, 36, 37, 19, 0] \in \Omega_I$. Складаємо вихідну симплексну таблицю. (табл. 4.11)

Табл. 4.11

Basis	C	B	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	$\{b_j/a_{ij}\}$	X_i
			3	4	0	0	0	0	0		
a_3	0	12	-1	2	1	0	0	0	0	6	X_0
a_4	0	36	1	4	0	1	0	0	0	9	
a_5	0	37	2	3	0	0	1	0	0	37/3	
a_6	0	19	4	-5	0	0	0	1	0		
a_7	0	0	1	-6	0	0	0	0	1		
Δ_j	$W_I(X_0) = 0$		-3	-4	0	0	0	0	0		

В індексному рядочку Δ_j є дві від'ємні оцінки, це означає, що план $X_0 = [0, 0, 12, 36, 37, 19, 0] \in \Omega_1$ не є оптимальним і його можливо покращити. Напрямний стовпчик знаходимо за правилом обирання найменшого від'ємного значення оцінок. Це стовпчик a_2 , оскільки $\min\{-2, -4\} = -4 \rightarrow a_2$.

Напрямний рядок встановлюємо за правилом обирання найменшого симплексного відношення для додатних компонент напрямного стовпчика.

Маємо

$$\left\{ \frac{b_i}{a_{i2}} \mid a_{i2} > 0, i = 3, 4, 5 \right\} = \min \left\{ \frac{12}{2}, \frac{36}{4}, \frac{37}{3} \right\} = 6 \rightarrow a_3.$$

Розв'язувальним елементом є $a_{32} = 2$. Для нього виконуємо Жордано-Гаусса перетворення (табл. 4.12):

Табл. 4.12

Basis	C	B	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	$\{b_j/a_{ij}\}$	X_i
			3	4	0	0	0	0	0		
a_2	4	6	-1/2	1	1/2	0	0	0	0		X_1
a_4	0	12	3	0	-2	1	0	0	0	4	
a_5	0	19	7/2	0	-3/2	0	1	0	0	38/7	
a_6	0	49	3/2	0	5/2	0	0	1	0	98/3	
a_7	0	36	-2	0	3	0	0	0	1		
Δ_j	$W_I(X_1) = 24$		-5	0	2	0	0	0	0		

З таблиці (табл. 4.12):

$$\mathbf{X}_1 = [0, 6, 0, 12, 19, 49, 36], \quad w_1(\mathbf{X}_1) = 24.$$

В індексному рядочку Δ_j є від'ємна оцінка. План $\mathbf{X}_1 = [0, 6, 0, 12, 19, 49, 36]$ не є оптимальним. Напрячний стовпчик \mathbf{a}_1 , оскільки тільки він містить від'ємну оцінку $\Delta_1 = -5$. В новому базису взамін \mathbf{a}_4 буде залучено \mathbf{a}_1 . Після відповідних обчислень маємо третю симплексну таблицю (табл. 4.13).

Табл. 4.13

Basis	C	B	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	$\{b_j/a_{ij}\}$	X_i
			3	4	0	0	0	0	0		
a_2	4	8	0	1	1/6	1/6	0	0	0	48	
a_1	3	4	1	0	-2/3	1/3	0	0	0		
a_5	0	5	0	0	5/6	-7/6	1	0	0	6	X_2
a_6	0	43	0	0	7/2	-1/2	0	1	0	86/7	
a_7	0	44	0	0	5/3	2/3	0	0	1	132/5	
Δ_j	$w_1(X_2) = 44$		0	0	-4/3	5/3	0	0	0		

З таблиці (табл. 4.13):

$$\mathbf{X}_2 = [4, 8, 0, 0, 5, 46, 44], \quad w_1(\mathbf{X}_2) = 44.$$

В індексному рядочку Δ_j є від'ємна оцінка. План $\mathbf{X}_2 = [4, 8, 0, 0, 5, 46, 44]$ не є оптимальним. Напрячний стовпчик \mathbf{a}_3 , оскільки тільки він містить від'ємну оцінку $\Delta_3 = -\frac{4}{3}$. Напрячний рядок обираємо з умови найменшого симплексного відношення для додатних компонент напрямного стовпчика. Маємо

$$\left\{ \frac{b_i}{a_{i3}} \mid a_{i3} > 0, i = 2, 5, 6, 7 \right\} = \min \left\{ 48, 6, \frac{86}{7}, \frac{132}{5} \right\} = 6 \rightarrow \mathbf{a}_5.$$

В новому базису взамін \mathbf{a}_5 буде залучено \mathbf{a}_2 . Після відповідних обчислень маємо четверту симплексну таблицю (табл. 4.14.)

Табл. 4.14

Basis	C	B	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	$\{b_j/a_{ij}\}$	X_i
			3	4	0	0	0	0	0		
a_2	4	7	0	1	0	2/5	-1/5	0	0	35/2	
a_1	3	8	1	0	0	-3/5	4/5	0	0		
a_3	0	6	0	0	1	-7/5	6/5	0	0		X_3
a_6	0	22	0	0	0	22/5	-21/5	1	0	5	
a_7	0	34	0	0	0	3	-2	0	1	34/3	
Δ_j	$W_I(X_3) = 52$		0	0	0	-1/5	8/5	0	0		

З четвертої таблиці (табл. 4.14):

$$\mathbf{X}_3 = [8, 7, 6, 0, 0, 22, 34], \quad W_I(\mathbf{X}_3) = 52.$$

В індексному рядочку Δ_j є від'ємна оцінка. План $\mathbf{X}_3 = [8, 7, 6, 0, 0, 22, 34]$ не є оптимальним. Напрямний стовпчиком буде a_4 , оскільки тільки він містить від'ємну оцінку $\Delta_4 = -\frac{1}{5}$. В новому базису взамін a_6 буде залучено a_4 . Після відповідних обчислень маємо п'яту симплексну таблицю (табл. 4.15).

Табл. 4.15

Basis	C	B	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	$\{b_j/a_{ij}\}$	X_i
			3	4	0	0	0	0	0		
a_2	4	5	0	1	0	0	2/11	-1/11	0		
a_1	3	11	1	0	0	0	5/22	3/22	0		
a_3	0	13	0	0	1	0	-3/22	0	0		X_{\max}
a_4	0	5	0	0	0	1	-21/22	5/22	0		
a_7	0	19	0	0	0	0	19/22	-15/22	1		
Δ_j	$W_I(X_{\max}) = 53$		0	0	0	0	31/22	1/22	0		

Всі оцінки невід'ємні $\Delta_j \geq 0$. Це означає, що знайдено оптимальний розв'язок.

$$\mathbf{X}_{\max} = [11, 5], \quad W_I(\mathbf{X}_{\max}) = 53.$$

Таким чином, розрахунок в межах класичного симплекс-методу містить наступний ланцюг $X_0 \rightarrow X_1 \rightarrow X_2 \rightarrow X_3 \rightarrow X_{\max}$ послідовного перебору вершин поліедру Ω_1 .

Доведемо, що порушення алгоритму симплексного методу може суттєво зменшити довжину ланцюгу розрахунку. Обираємо серед від'ємних оцінок не найменшу як у звичайному симплекс-методу, а найбільшу. Відповідні розрахунки наведено у табл. 4.16

Табл. 4.16

Basis	C	B	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	$\{b_j/a_{ij}\}$	X_i
			3	4	0	0	0	0	0		
a_3	0	12	-1	2	1	0	0	0	0		X_0
a_4	0	36	1	4	0	1	0	0	0		
a_5	0	37	2	3	0	0	1	0	0		
a_6	0	19	4	-5	0	0	0	1	0		
a_7	0	0	1	-6	0	0	0	0	1		
Δ_j	$W_1(X_0) = 0$		-3	-4	0	0	0	0	0		
a_3	0	12	0	-4	1	0	0	0	1		X_0
a_4	0	36	0	10	0	1	0	0	-1	18/5	
a_5	0	37	0	15	0	0	1	0	-2	37/15	
a_6	0	19	0	19	0	0	0	1	-4	1	
a_1	3	0	1	-6	0	0	0	0	1		
Δ_j	$W_1(X_0) = 0$		0	-22	0	0	0	0	3		
a_3	0	16	0	0	1	0	0	4/19	3/19	304/3	X_5
a_4	0	26	0	0	0	1	0	-10/19	21/19	494/21	
a_5	0	22	0	0	0	0	1	-15/19	22/19	19	
a_2	4	1	0	1	0	0	0	1/19	-4/19		
a_1	3	6	1	0	0	0	0	6/19	-5/19		
Δ_j	$W_1(X_5) = 22$		0	0	0	0	0	22/19	-31/19		
a_3	0	13	0	0	1	0	-3/22	7/22	0		X_{\max}
a_4	0	5	0	0	0	1	-21/22	5/22	0		
a_7	0	19	0	0	0	0	19/22	-15/22	1		
a_2	4	5	0	1	0	0	2/11	-1/11	0		
a_1	3	11	1	0	0	0	5/22	3/22	0		
Δ_j	$W_1(X_{\max}) = 53$		0	0	0	0	31/22	1/22	0		

Ланцюг розрахунку суттєво скорочено - $\mathbf{X}_0 \rightarrow \mathbf{X}_5 \rightarrow \mathbf{X}_{\max}$.

Виконаємо графічний розв'язок задачі, який дозволить геометрично проінтерпретувати ланцюги розрахунку.

Складаємо рівняння граничних прямих $\omega_1: -x_1 + 2x_2 = 12$, $\omega_2: x_1 + 4x_2 = 36$, $\omega_3: 2x_1 + 3x_2 = 37$, $\omega_4: 4x_1 - 5x_2 = 19$, $\omega_5: x_1 - 6x_2 = 0$, $\omega_6: x_1 = 0$, $\omega_7: x_2 = 0$, та встановлюємо півплощини, які визначаються відповідними нерівностями системи обмежень вихідної задачі. В результаті можемо зобразити поліедр Ω_1 (рис.4.8).

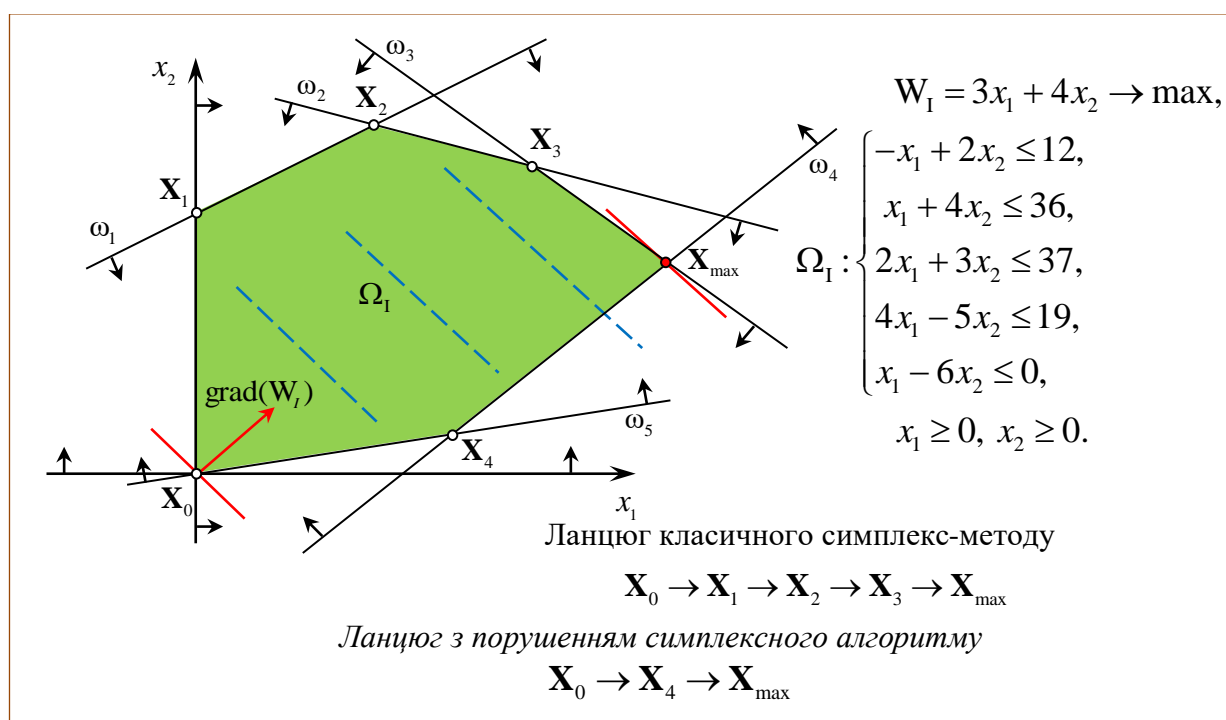


Рис. 4.8 Геометрична інтерпретація розрахунків класичного та з порушенням алгоритму симплекс-методу.

Геометрична інтерпретація симплексного обчислення за класичною схемою полягає в тому, що перша симплекс-таблиця (табл. 4.11) відповідає вершині \mathbf{X}_0 . Обчислення до другої таблиці (табл. 4.12) відповідають переходу у сусідню вершину \mathbf{X}_1 , в напрямку найбільшого зростання цільової функції. Третя, четверта та п'ята симплекс-таблиці (табл. 4.13-4.15) відповідають

переходу $X_0 \rightarrow X_1 \rightarrow X_2 \rightarrow X_3 \rightarrow X_{\max}$. (рис. 4.8) Таким чином, для розв'язку задачі за класичним алгоритмом необхідно скласти п'ять симплекс-таблиць.

З метою скорочення кількості ітерацій порушено цей алгоритм і в початковій симплекс-таблиці обрано не найменшу, а найбільшу від'ємну оцінку $\Delta_1 = -3$. Подальші обчислення наведені в табл. 4.16. Кількість симплекс-таблиць скоротилася з п'яти до трьох $X_0 \rightarrow X_4 \rightarrow X_{\max}$.

Розглянуті модельні приклади підвищення ефективності алгоритмів підготовки до розрахунків оптимізаційної задачі на основі використання поняття двоїстості, редукції задачі та прийому порушення стандартного симплексного алгоритму, доводять доцільність таких прийомів у розв'язку задач лінійної оптимізації. З практичної точки зору такий підхід дозволяє спростити складність вихідних задач такого класу.

На базі порівняльних розв'язків модельних задач показано спрощення розв'язків вихідних задач.

4.4. Бінарні методи аналізу в методології когнітивного управління підготовки фахівців

В моделях когнітивного управління підготовки фахівців превалює комбінаторний характер пошуку відповідей на поставлені запитання. В межах такого підходу важливе значення має обирання методів дослідження. Дискретні методи оптимізаційного пошуку дозволяють розв'язувати поставлену проблему.

Призначення фахівців на посади або розподіл їх зусиль в управлінських процесах – одна з важливих сучасних задач.

Класична задача про призначення відіграє важливу роль в моделях та методах комбінаторної (дискретної) оптимізації. Задача належить до так званих задач булевої оптимізації, де невідомі приймають значення 0 або 1.

Розв'язок задачі про призначення може бути отриманий методом потенціалів, оскільки вона є частинним випадком транспортної задачі – об'єми попиту та пропозиції за кожним виробником та споживачем рівні одиниці.

Враховуючи високий рівень виродженості первісного опорного плану математичної моделі задачі про призначення, її розв'язок на базі методу потенціалів містить багато тривіальних кроків, що уповільнює збіжність процесу розв'язку. З огляду на цей факт, доцільно розрахунки виконувати спеціальним методом – угорським методом розв'язку. Угорський метод є швидкозбіжним і адаптованим під такий клас задач.

Класичний підхід до складання математичної моделі про призначення містить суттєве обмеження – робітник призначається тільки на одну роботу і кожна робота може призначатися одному робітнику. В роботі пропонується узагальнити підхід та дозволити претенденту на включення в команду проекту бути призначеним більше ніж на одну вакантну посаду. Це суттєво розширить клас теоретичних і практичних задач, які можливо інтерпретувати як узагальнену задачу про призначення. При реалізації проекту можна врахувати скільки процесів можна доручати кожному члену команди проекту без ризиків затримки їх виконання.

Задача про призначення у класичній постановці відноситься до двоіндексних задач транспортного типу [4.31,4.32]. Відомий апарат розв'язку таких задач може бути використаний для знаходження оптимального розподілу задачі про призначення. Специфіка задачі про призначення стимулювала розробку спеціальних методів розв'язку. Перші роботи присвячені задачі про призначення відносяться до першої половини 20 століття. В роботах Кеніга та Егерварі [4.17, 4.19] задачу про призначення розглядають як задачу про знаходження оптимальних паросполучень на дводольному орієнтовному графі [4.21,4.24,4.33,4.34] Праці Кеніга та Егерварі дозволили Куну в 50-х роках розробити спеціальний метод розв'язку – Угорський метод. [4.22,4.27,4.28,4.29,4.35] Цей класичний тип задач про призначення та її методи розв'язку використовуються до сих пір, але на практиці починають виникати задачі, в яких необхідно відхилитися від вимог класичної задачі про призначення – один претендента на одну вакантну посаду в команді і одна вакантна посада для одного претендента. Такою задачею є

відома комбінаторна задача про систему різних представників. В цьому типі задач на вакантне робоче місце треба призначити вже декілька робітників.

На сьогоднішній день авторам не відомі публікації присвячені розв'язку такого типу задач. З огляду на це, доцільно розробити модель узагальненої задачі про призначення та навести алгоритм її розв'язку. Використання цієї моделі у проектному менеджменті сприятиме формуванню оптимального мережевого графіка при плануванні проєкту.

Задача про призначення є однією з класичних задач теорії комбінаторної оптимізації в галузі прикладної математики. Перш ніж надати загальне означення задачі наведемо конкретні приклади, які приводять до задачі про призначення.

Одна з можливих неформальних постановок задачі про призначення має таку редакцію. В певній системі є n вакантних робочих місць, на які претендують m кандидатів. Відома матриця

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mn} \end{bmatrix} = \| c_{ij} \|_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (4.50)$$

яка дає числову оцінку $c_{ij} \geq 0$ визначеної міри ефективності у разі призначення i -го кандидата на j -те робоче місце. Призначення необхідно виконати таким чином, щоб була реалізована оптимальність сумарної ефективності від призначень – максимум або мінімум в залежності від конкретного смислу задачі. Згідно класичної постановки задачі повинно враховуватись, що кожен кандидат (претендент) може бути відібраний у команду проєкту тільки один раз, і, навпаки, кожній вакансії у команді ставиться у відповідність рівно один кандидат. У разі $m > n$ (дефіцит вакансій), необхідно збалансувати систему додаванням $m - n$ фіктивних вакансій в команді проєкту з нульовими числовими оцінками ефективності

$$c_{ij} = 0, \quad i = m + 1, m + 2, \dots, m + (m - n), \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Якщо $n > m$ (дефіцит кандидатів), то треба додати у систему $n - m$ фіктивних кандидатів. Надалі, не порушуючи загальності міркувань, процедуру збалансування задачі про призначення будемо вважати виконаною, якщо не обумовлено протилежне.

До задачі про призначення може бути зведена задача про розпізнавання об'єктів. Так, нехай маємо n - об'єктів, для яких існує наближений опис їх властивостей, але невідомо до якого з об'єктів відноситься цей опис. Є набір числової інформації $c_{ij} \geq 0$ як міри наближеного опису кожного з них. Логічно поставити задачу про мінімізацію встановленої сумарної наближеності до об'єктів.

Змістовна постановка задачі про призначення легко інтерпретується як класична транспортна задача, інтерпретуючи її як визначення типу інформаційної системи, яку необхідно розробити на замовлення в ході реалізації проекту. Знайти оптимальний тип інформаційної системи відповідно до вимог замовника. Відомий перелік вимог і він рівний одиниці. Об'єми робіт по розробленню системи також рівні одиниці. Мінімізація вимог до інформаційної системи, що створюється в ході реалізації проекту, здійснюється за матрицею витрат на проект $\|c_{ij}\|_{n \times n}$, $i = 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, \dots, n$.

До змістовних моделей, які можуть бути інтерпретовані як задача про призначення, можна віднести множини (стейкхолдери) та відповідні до них критерії ефективності, що наведені у табл. 4.17

Табл. 4.17

Ресурси	Об'єкти	Критерії ефективності
Транспорт	Маршрути	Витрати(довжина шляху)
Обладнання(верстати)	Тех. операції	Час(кількість деталей)
Команди(інвестори)	Проекти	Прибуток(витрати)
Комівояжер	Міста(магазини)	Товарообіг(шлях)
Кандидати	Робочі місця	Витрати за призначенням
Літаки	Рейси	Час очікування

Складемо математичну модель загальної задачі про призначення. Нехай в довільній активній системі U (континуумі, кластері) подано дві дискретні скінченні множини A та B . Множина $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ потужності $|A| = n$ та множина $B = \{B_1, B_2, \dots, B_n\}$ потужності $|B| = n$. Виконується бієкція (взаємно-однозначна відповідність) $A \mapsto B$ поданою функцією $C = \|c_{ij}\|_{n \times n} : A \otimes B \rightarrow R$. (рис. 4.9) Необхідно виконати цей розподіл так, щоб мінімізувати значення критерія ефективності.

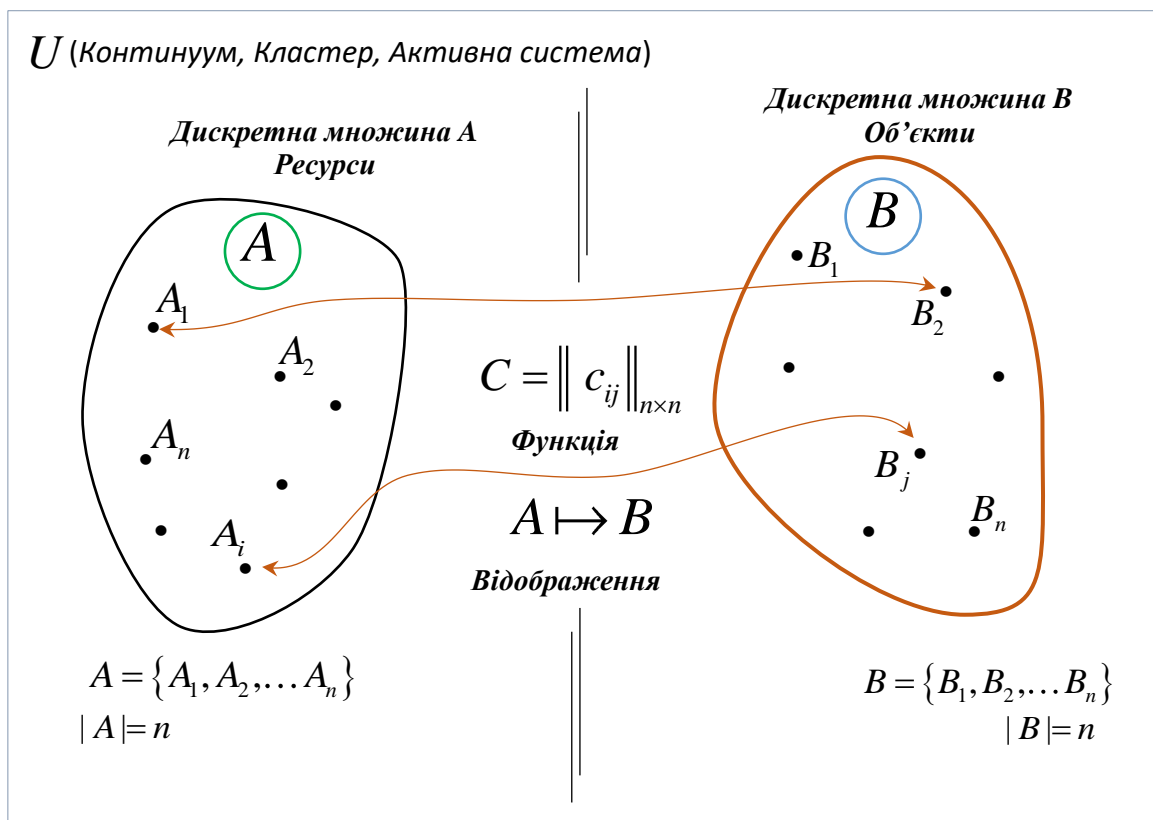


Рис. 4.9 Загальна постановка задачі про призначення

На підставі класичного підходу задачі про призначення, вводимо булеві змінні

$$x_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{у разі не розподілу } A_i \text{ на } B_j, \\ 1, & \text{у разі розподілу } A_i \text{ на } B_j. \end{cases} \quad (4.51)$$

Тоді цільова функція задачі буде мати вигляд

$$W_I = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min. \quad (4.52)$$

Система обмежень класичної задачі про призначення має наступний запис:

$$\Omega_I : \begin{cases} \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, & j = 1, 2, \dots, n, \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, & i = 1, 2, \dots, n, \\ x_{ij} = 0 \vee 1, & i, j = 1, 2, \dots, n. \end{cases} \quad (4.53)$$

Матриця припустимих планів лінійної оптимізаційної задачі :

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nn} \end{bmatrix} = \|x_{ij}\|_{n \times n} \quad (4.54)$$

є перестановочною матрицею оскільки містить по одній одиниці в кожному рядку і в кожному стовпчику. Назвемо таку матрицю перестановочною матрицею глибини $h=1$. У разі наявності k одиниць в кожному рядку та стовпчику – матриця глибини $h=k$. Також такі матриці прийнято називати булевими (бінарними) або $(0,1)$ -матрицями.

Для класичної задачі про призначення матриця X є також бістохастичною – сума значень по кожному рядку та стовпчику рівна одиниці.

Таким чином, класичний підхід до формулювання задачі про призначення призводить до математичної моделі лінійної дискретної оптимізації типу двоіндексної класичної транспортної задачі, яку використовуємо для визначення типу інформаційної системи. Для розв'язку цієї задачі доцільно застосовувати метод потенціалів, але враховуючи бінарний характер невідомих для розв'язку задачі розроблені спеціальні методи. Один з найбільш ефективних методів є, так званий, угорський метод. Сутність угорського методу, як і симплекс-методу, полягає у послідовному переході від поточного припустимого плану X до поліпшеного, реалізацією спеціального алгоритму. На кожному кроці виконується перевірка на оптимальність.

Першим кроком угорського методу є модифікація матриці $C = \|c_{ij}\|_{n \times n}$. В кожному рядку обирають найменше значення і віднімають його від елементів відповідного рядку. Це забезпечує наявність принаймні одного нуля в кожному рядку. Аналогічну процедуру виконують по стовпчикам. Як результат цих перших модифікаційних дій – гарантована наявність принаймні одного нуля в кожному рядку та стовпчику.

Другим кроком угорського методу є аналіз модифікованої C . У разі можливості обирають по одному нулю в кожному рядку та стовпчику, стверджується, що отримано оптимальний розв'язок. Задача про призначення вважається розв'язаною. Якщо таке обирають неможливо необхідно подальша модифікація матриці C і відповідно перехід на третій крок.

Третім кроком угорського методу необхідно якомога найменшою кількістю перехресних прямих викреслити всі нулі. В результаті такої дії з'являються три типи елементів матриці C . Перший тип – невикреслені елементи. Другий тип – викреслені елементи. Третій тип – викреслені і знаходяться на перетині прямих. Серед невикреслених елементів обирають найменше значення. Значення цього елементу віднімають від значень невикреслених елементів та додають до елементів третього типу. Після цієї процедури алгоритм повторюється починаючи з першого кроку.

Наведена методика угорського методу є швидкозбіжною та забезпечує за скінчену кількість кроків отримання розв'язку задачі.

Узагальнена задача про призначення та алгоритм її розв'язку

Назвемо узагальненою задачею про призначення задачу вигляду:

$$W_I = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min,$$

$$\Omega_I : \begin{cases} \sum_{i=1}^n x_{ij} = k, & j = 1, 2, \dots, n, \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = k, & i = 1, 2, \dots, n, \end{cases} \quad (4.55)$$

$$x_{ij} = 0 \vee 1, \quad i, j = 1, 2, \dots, n,$$

де k може приймати значення $k = 2, 3, \dots, n$ і характеризує умовну глибину розподілу задачі про призначення.

Підхід до розв'язку узагальненої задачі про призначення проінтерпретуємо з позицій задачі динамічної оптимізації. Згідно з концепцією динамічної оптимізації весь ланцюг розв'язку задачі розбивають на окремі елементарні етапи. На кожному такому етапі розв'язується однотипна спрощена задача. Основним методом динамічної оптимізації є метод рекурентних співвідношень. Водночас, побудова такого алгоритму підкорюється відомому принципу Р.Белмана. Принцип Р. Белмана ґрунтується на тому, що яким би не було початкове становище системи на довільному поточному етапі оптимізації, наступний етап обирається з умови оптимальності відносно попереднього стану. Такий підхід забезпечує у ланцюгах розв'язку не локально оптимальний, а глобально оптимальний розв'язок для процесу в цілому.

В нашому випадку для розв'язку узагальненої задачі про призначення фіксується попередній оптимальний стан підстановкою граничних значень (великих або маленьких) в залежності від смислу задачі, у матрицю $C = \| \| c_{ij} \| \|_{n \times n}$. Наступну задачу розв'язують канонічним методом (угорський метод). Потім знову в оптимальні позиції вже зміненої матриці $C = \| \| c_{ij} \| \|_{n \times n}$ підставляють граничні значення та розв'язують задачу. Кількість ітерацій дорівнює глибині узагальнення задачі про призначення.

Розроблений метод розв'язку узагальненої задачі про призначення показав свою ефективність і може бути рекомендованим для розв'язку більш розширеного класу задач типу задачі про призначення.

4.5. Висновки до розділу 4

1. Вперше було запроваджено загальний підхід до інтерпретації когнітивного управління підготовки фахівців на платформі теоретико-ігрової моделі. Використано поведінковий антагонізм неантагоністичної біматричної гри для вибору оптимальної стратегії в управлінні підготовкою фахівців.

2. Було вдосконалено обґрунтування вибору оптимальної поведінки учасників біматричної гри з урахуванням наявності рівноваги у мішаних стратегіях.

3. Набули подальшого розвитку існуючі обґрунтування оптимальної поведінки гравців на базі поглибленого аналізу можливості умовного розбиття біматричної гри на дві матричні антагоністичні гри з нульовою сумою.

4. Для прискорення збіжності симплекс-методу вперше було запропоновано відхилятися від канонічного алгоритму.

5. Було вдосконалено алгоритм повільної збіжності в методі Гоморі для повністю цілочислових задач лінійної цілочислової оптимізації.

6. Набули подальшого розвитку задача про розміщення гіперсфери найбільшого радіусу в полідральній області та метод редукції в задачах лінійної оптимізації, який ґрунтується на проектуванні багатовимірної оптимізаційної задачі на двовимірну координатну площину.

7. Вперше виконано теоретичне обґрунтування загального підходу до поняття двоїстості в оптимізаційних задачах.

8. Вдосконалено алгоритм переходу до двоїстої задачі в моделях оптимізації когнітивного управління.

9. Набули подальшого розвитку алгоритми підготовки до розрахунків оптимізаційної задачі на основі використання поняття двоїстості, редукції задачі та прийому порушення стандартного симплексного розрахунку.

10. Запропоновано вперше загальний підхід до інтерпретації когнітивного управління підготовки фахівців на базі бінарної оптимізації, як розширеної задачі про призначення.

11. Вдосконалено алгоритм узагальнення математичної моделі задачі про призначення та її розв'язку, з подальшою комп'ютерною реалізацією в середовищах символічної математики Maple та Mathematica для оптимізації процедур відбору претендентів в умовах підготовки фахівців.

12. Набуло подальшого розвитку теоретичне обґрунтування узагальненої моделі про призначення.

4.6. Список використаних джерел до розділу 2

4.1. G. B. Dantzig, *Linear Programming and Extensions*, Princeton University Press, Princeton, 1963.

4.2. Канторович Л. В., Горстко А. Б. *Оптимальные решения в экономике* – М., Наука, 1972. – 227 с.

4.3. Unger N., Dempe S. *Lineare Optimierung*. – Wiesbaden, Springer, 2010. 142s.

4.4. Гетманцев В. Д. *Лінійна алгебра і лінійне програмування*. – Київ, Либідь, 2001. - 250 с.

4.5. Багаєнко І. М., Григорків В.С., Бойчук М. В., Рюмшин М. О. *Математичне програмування*. - Київ, 1996.- 266 с.

4.6. Teschl Gerald, Teschl Susanne. *Mathematik für Informatiker. Band 1: Diskrete Mathematik und Lineare Algebra*. Berlin, Springer, 2008. 519 s. DOI: 10.1007/978-3-540-77432-7

4.7. Бугір М.К. *Лінійна алгебра, лінійні моделі* – К., Академія, 1998. 237с.

4.8. R.A. Brualdi, *Matrices of zeros of ones with 3xed row and column sum vectors*, *Linear Algebra Appl.* 33 (1980) 159–231.

4.9. V.T. SXos, *Remarks on the connection of graphs, 3nite geometry and block designs*, *Colloq. Inter. Sulle Theorie Comb. (Rome 1973)*, Tomo II, Accad. Naz. Lincei, Rome, 1976, pp. 223–233.

4.10. B. Codenotti, G. Del Corso, G. Manzini, *Matrix rank and communication complexity*, *Linear Algebra Appl.* 304 (2000) 193–200

- 4.11. Романюк Т. П., Терещенко Т. О., Присенко Г. В., Городкова І. М. Математичне програмування . - Київ, 1996.- 312 с.
- 4.12. Степанюк В. В. Методи математичного програмування . - Київ, 1984.- 272 с.
- 4.13. Титов С.Д., Чернова Л.С. Вища та прикладна математика: Навч. посібник: У 2-х ч., Ч. 1., Харків, Факт, 2017.- 336 с.
- 4.14. S. Chernov, S. Titov, Ld. Chernova, V. Gogunskii, Lb. Chernova, K. Kolesnikova Algorithm for the simplification of solution to discrete optimization problems /// Eastern–European Journal of Enterprise Technologies. 2018, № 3/4 (93), pp. 34 – 43. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.133405
- 4.15. Chernov, S., Chernova, Lb., Titov S. Reduction in Discrete Optimization Problem. Proceedings of the 13th “International Scientific and Conference on Computer Sciences and Information Technologies” (CSIT 2018). Lviv, Ukraine, September 11-14.2018. P. 230-234.
- 4.16. Timinsky, A., Lysytsin, B., Chernova, L., Chernova, Lb. Digitalisation HR-management Used Bi-adaptive and Foresight Models. IEEE International Conference on Advanced Trends in information Theory (ATIT 2019) Proceedings, Kyiv, Ukraine, Dec. 18-20. 2019. p. 406-410
- 4.17. Kuhn H. V. The Hungarian method for the assignment problems. Naval. Res. Logist. Quart. 2 (1955), 83-97.
- 4.18. Titov, S., Chernova, L., Kunanets, N., Chernova, Lb., Nedelko, E., Chernov, S. The algorithm of selecting candidates for IT projects based on the simplex method. IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT 2020). Proceeding. 2020. P. 221-232.
- 4.19. Konig D. Theory of finite and infinite graphs. Boston: Birkhauser, 1990. 426 p. doi: 10.1007/978-1-4684-8971-2
- 4.20. Chernov, S., Titov, S., Chernova, Ld., Kunanets, N., Chernova, Lb. Linearization of Problem on Placing a Maximum- Radius Hypersphere in Polyhedral Region.Proceedings of the 15th “International Scientific and Conference on

Computer Sciences and Information Technologies” (CSIT 2020). Lviv, Ukraine, September 23. P. 176-179

4.21. Kenneth H. Rosen Discrete Mathematics and Its Applications 2002 by McGrawHill Science, 928 p.

4.22. Burkard, Rainer; M. Dell'Amico, S. Martello (2012). Assignment Problems (Revised reprint). SIAM. ISBN 978-1-61197-222-1.

4.23. Бех О. В. Математичне програмування : навч. посіб. / О. В. Бех, Т. А. Городня, А. Ф. Щербак. – Львів : Магнолія-2006, 2014. – 200 с.

4.24. І.М. Кузьменко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. — 71 с.

4.25. Чернова, Л.С., Лук'янов, Д.В., Гогунський, В.Д., Чернова, Лб.С. Розробка імітаційної моделі утворюваної цінності на ланцюзі Маркова для форсайт-методології. Вісник ОНМУ: Зб. наук. робіт. Вип. 3 (60). Одеса, 2019. С.172-191.

4.26. Дослідження операцій в економіці : підручник / за ред. І. К. Федоренко, О. І. Черняка. – Київ : Знання, 2007. – 558 с. – (Вища освіта ХХІ століття).

4.27. Крушевський А. В. Математичне програмування в економіці та управлінні : навч.-метод. посіб. / А. В. Крушевський, М. Ф. Тимчук. – Київ : ІММБ, 2001. – 107с.

4.28. Толбатов Ю. А. Математичне програмування : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Ю. А. Толбатов, Є. Ю. Толбатов. – Тернопіль : Підручники і посібники, 2008. – 432 с.

4.29. Кутковецький В.Я. Дослідження операцій: Навчальний посібник.- К,: Вид-во “Професіонал”, 2004.-350с.

4.30. Chernova, Lb., Titov S.D., Chernova, Ld., Model Approach in Project Management Methodology. Transport development. Scientific journal. ONMU. Vol.4(11) Odessa, 2021. P.40-52

- 4.31. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій. – Київ: ЗАТ “ВІПОЛ”, 2000. – 688 с. 2.
- 4.32. N. Nisan, A. Wigderson, On rank vs. communication complexity, *Combinatorics* 15 (4) (1995) 557–665.
- 4.33. Бондаренко М.Ф., Білоус Н.В., Руткас А.Г. Комп’ютерна дискретна математика: - Харків, 2004. - 480 с.
- 4.34. Нікольський Ю. В., Пасічник В. В., Щербина Ю. М. Дискретна математика. — К.: Видавнича група ВНУ, 2007. — 368 с.
- 4.35. Дзюбан І. Ю. Методи дослідження операцій / І. Ю. Дзюбан, О. Л. Жиров, О. Г. Охріменко. – Київ : ІВЦ «Видавництво «Політехніка », 2005. – 108 с.

РОЗДІЛ 5

**ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДОЛОГІЙ
УПРАВЛІННЯ ПРОГРАМАМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ В УМОВАХ
НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

5.1. Комп'ютерне моделювання теоретико-ігрової концепції в задачах когнітивного управління.

У просторі методів когнітивного управління підготовки фахівців використаємо алгоритм матричної гри при проектуванні інформаційної системи оцінювання знань студентів, як стартової ділянки підготовки фахівців. В основу функціоналу інформаційної системи покладено теорію матричних ігор, що ґрунтуються на аналізі результату конфлікту двох гравців – викладач та студент, інтереси яких були певною мірою протилежні. Порівняння отриманих результатів розв'язків матричних ігор з розв'язками біматричної гри підтверджує можливість обґрунтування не тільки кількісних результатів про середні виграші гравців, але і їх якісної поведінки.

Розроблення інформаційних систем перевірки знань студента базується на теорії матричних ігор, зокрема її частини, яка тісно пов'язана із лінійною оптимізацією і отримала назву матричної гри.

Модельний приклад

Повний розв'язок задачі буде включати розв'язок біматричної гри на базі співвідношень умови рівноваги за Нешом

$$\left\{ \begin{array}{l} M_A(X_A^*, X_B^*) - M_A(X_{A_1}, X_B^*) \geq 0, \\ M_A(X_A^*, X_B^*) - M_A(X_{A_2}, X_B^*) \geq 0, \\ \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ M_A(X_A^*, X_B^*) - M_A(X_{A_n}, X_B^*) \geq 0, \\ M_B(X_A^*, X_B^*) - M_B(X_A^*, X_{B_1}) \geq 0, \\ M_B(X_A^*, X_B^*) - M_B(X_A^*, X_{B_2}) \geq 0, \\ \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ M_B(X_A^*, X_B^*) - M_B(X_A^*, X_{B_n}) \geq 0. \end{array} \right.$$

та двома парами матричних антагоністичних ігор з нульовою сумою

$$W_I^A = v_A^x \rightarrow \max,$$

$$\Omega_I^A : X_A^m C_A \geq V_A^x,$$

$$W_{II}^A = v_A^y \rightarrow \min,$$

$$\Omega_{II}^A : C_A (Y_A^m)^T \leq V_A^y,$$

та

$$W_I^B = v_B^x \rightarrow \max,$$

$$\Omega_I^B : X_B^m C_B \geq V_B^x,$$

$$W_{II}^B = v_B^y \rightarrow \min,$$

$$\Omega_{II}^B : C_B (Y_B^m)^T \leq V_B^y,$$

Нехай маємо біматричну гру, яка подана платіжними матрицями C_A , C_B двох гравців A та B .

$$C_A = \begin{bmatrix} 2 & 5 & 6 \\ 6 & 7 & 1 \\ 6 & 3 & 6 \end{bmatrix}, C_B = \begin{bmatrix} 3 & 7 & 8 \\ 7 & 8 & 1 \\ 8 & 4 & 4 \end{bmatrix}.$$

Частотні вектори мішаних розв'язків першого та другого гравців відповідно рівні:

$$X_A = [p_1, p_2, p_3] = [p_1, p_2, 1 - p_1 - p_2], X_B = [q_1, q_2, q_3] = [q_1, q_2, 1 - q_1 - q_2].$$

В такому разі, ціна гри для гравця A

$$v_x^A = M_A(X_A, X_B) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 a_{ij} p_i q_j = (-4q_1 + 2q_2)p_1 + (5q_1 + 9q_2 - 5)p_2 - 3q_2 + 6,$$

та для гравця B

$$v_x^B = M_B(X_A, X_B) = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 b_{ij} p_i q_j = (-9p_1 + 2p_2 + 4)q_1 + (-p_1 + 7p_2)q_2 + 4p_1 - 3p_2 + 4$$

Для обчислення розв'язку задачі складаємо систему умов

$$\begin{cases} (-4q_1 + 2q_2)p_1 + (5q_1 + 9q_2 - 5)p_2 \geq 0, \\ (4q_1 - 2q_2)(1 - p_1) + (5q_1 + 9q_2 - 5)p_2 \geq 0, \\ (-4q_1 + 2q_2)p_1 + (5q_1 + 9q_2 - 5)(p_2 - 1) \geq 0, \\ (-9p_1 + 2p_2 + 4)q_1 + (-p_1 + 7p_2)q_2 \geq 0, \\ (9p_1 - 2p_2 - 4)(1 - q_1) + (-p_1 + 7p_2)q_2 \geq 0, \\ (-9p_1 + 2p_2 + 4)q_1 + (p_1 - 7p_2)(1 - q_2) \geq 0. \end{cases} \quad (5.1)$$

Розв'язок системи (5.1) має вигляд:

$$X_A = \left[\frac{28}{61}, \frac{4}{61}, \frac{29}{61} \right] \approx [0.46, 0.07, 0.47] \Rightarrow [46\%, 7\%, 47\%], \quad \nu_A^x = \frac{108}{23} \approx 4,70,$$

$$X_B = \left[\frac{5}{23}, \frac{10}{23}, \frac{8}{23} \right] \approx [0.22, 0.43, 0.35] \Rightarrow [22\%, 43\%, 35\%], \quad \nu_B^x = \frac{344}{61} \approx 5,64.$$

Формуємо першу матричну гру (5.2)

$$\begin{aligned} W_1^{*A} &= x_1^{*A} + x_2^{*A} + x_3^{*A} \rightarrow \min, \\ \Omega_1^{*A} : &\begin{cases} 2x_1^{*A} + 6x_2^{*A} + 6x_3^{*A} \geq 1, \\ 5x_1^{*A} + 7x_2^{*A} + 3x_3^{*A} \geq 1, \\ 6x_1^{*A} + x_2^{*A} + 6x_3^{*A} \geq 1, \end{cases} \quad (5.2) \\ x_i^{*A} &= \frac{x_i^A}{\nu_A^x}, \quad x_i^A \in [0, 1], \quad i = 1, 2, 3. \end{aligned}$$

Розв'язок задачі симплекс-методом наведено в (табл. 5.1).

Табл. 5.1

Basis	C	B	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
			1	1	1	0	0	0

a_4	0	-1	-2	-6	-6	1	0	0
a_5	0	-1	-5	-7	-3	0	1	0
a_6	0	-1	-6	-1	-6	0	0	1
Δ_j	$W_1(X_0) = 0$		-1	-1	-1	0	0	0

a_1	1	1/2	1	3	3	-1/2	0	0
a_5	0	3/2	0	8	12	-5/2	1	0
a_6	0	2	0	17	12	-3	0	1
Δ_j	$W_1(X_1) = 1/2$		0	2	2	-1/2	0	0

a_1	1	-1/16	1	0	-3/2	7/16	-3/8	0
a_2	1	3/16	0	1	3/2	-5/16	1/8	0
a_6	0	-19/16	0	0	-27/2	37/16	-17/8	1
Δ_j	$W_1(X_2) = 1/8$		0	0	-1	1/8	-1/4	0

a_1	1	5/72	1	0	0	13/72	-5/36	-1/9
a_2	1	1/18	0	1	0	-1/18	-1/9	1/9
a_3	1	19/216	0	0	1	-37/216	17/108	-2/27
Δ_j	$W_1(X_{opt}) = 23/108$		0	0	0	-5/108	-5/54	-2/27

З останньої симплекс-таблиці отримаємо: $x_1^{*A} = \frac{5}{72}$, $x_2^{*A} = \frac{1}{18}$, $x_3^{*A} = \frac{19}{216}$.

Оскільки $x_1^{*A} + x_2^{*A} + x_3^{*A} = \frac{1}{v_A^x}$ та $x_i^{*A} = \frac{x_i^A}{v_A^x}$, $i = 1, 2, 3$ будемо мати:

$$X_A^m = \left[\frac{15}{46}, \frac{6}{23}, \frac{19}{46} \right] \approx [0.33, 0.26, 0.41] \Rightarrow [33\%, 26\%, 41\%], v_A^x = \frac{108}{23} \approx 4,70$$

Складаємо наступну матричну гру (5.3)

$$\begin{aligned} W_{II}^{*A} &= y_1^{*A} + y_2^{*A} + y_3^{*A} \rightarrow \max, \\ \Omega_{II}^{*A} &: \begin{cases} 2y_1^{*A} + 5y_2^{*A} + 6y_3^{*A} \leq 1, \\ 6y_1^{*A} + 7y_2^{*A} + y_3^{*A} \leq 1, \\ 6y_1^{*A} + 3y_2^{*A} + 6y_3^{*A} \leq 1, \end{cases} \quad (5.3) \\ y_i^{*A} &= \frac{y_i^A}{v_A^y}, y_i^A \in [0, 1], i = 1, 2, 3. \end{aligned}$$

Розв'язуємо задачу оптимізації симплекс-методом (табл. 5.2).

Табл. 5.2

Basis	C	B	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
			1	1	1	0	0	0

a_4	0	1	2	5	6	1	0	0
a_5	0	1	6	7	1	0	1	0
a_6	0	1	6	3	6	0	0	1
Δ_j	$W_{II}(Y_0) = 0$		-1	-1	-1	0	0	0

a_4	0	2/3	0	8/3	17/3	1	-1/3	0
a_1	1	1/6	1	7/6	1/6	0	1/6	0
a_6	0	0	0	-4	5	0	-1/1	1
Δ_j	$W_{II}(Y_1) = 1/6$		0	1/6	-5/6	0	1/6	0

a_4	0	2/7	-16/7	0	37/7	1	-5/7	0
a_2	1	1/7	6/7	1	1/7	0	1/7	0
a_6	0	4/7	24/7	0	39/7	0	-3/7	1
Δ_j	$W_{II}(Y_2) = 1/7$		-1/7	0	-6/7	0	1/7	0

a_1	1	2/37	-16/37	0	1	7/37	-5/37	0
a_2	1	5/37	34/37	1	0	-1/37	6/37	0
a_6	0	10/37	216/37	0	0	-39/37	12/37	1
Δ_j	$W_{II}(Y_3) = 7/37$		-19/37	0	0	6/37	1/37	0

a_3	1	2/27	0	0	1	1/9	-1/9	2/27
a_2	1	5/54	0	1	0	5/36	1/9	-17/108
a_1	1	5/108	1	0	0	-13/72	1/18	37/216
Δ_j	$W_{II}(Y_{opt}) = 23/108$		0	0	0	5/72	1/18	19/216

З останньої симплекс-таблиці отримуємо: $y_1^{*A} = \frac{2}{27}$, $y_2^{*A} = \frac{5}{54}$, $y_3^{*A} = \frac{5}{108}$.

Оскільки $y_1^{*A} + y_2^{*A} + y_3^{*A} = \frac{1}{v_A^y}$ та $y_i^{*A} = \frac{y_i^A}{v_A^y}$, $i = 1, 2, 3$ будемо мати:

$$Y_A^m = \left[\frac{5}{23}, \frac{10}{23}, \frac{8}{23} \right] \approx [0.22, 0.43, 0.35] \Rightarrow [22\%, 43\%, 35\%], v_A^y = \frac{108}{23} \approx 4,70.$$

Виконуємо оцінки нижньої та верхньої ціни гри для платіжної матриці

C_B другого гравця рівні $\alpha_B = \max \min C_B = 4$ та $\beta_B = \min \max C_B = 8$.

Перша з другої пари задач має вигляд:

$$\begin{aligned} W_1^{*B} &= x_1^{*B} + x_2^{*B} + x_3^{*B} \rightarrow \min, \\ \Omega_1^{*B} : &\begin{cases} 3x_1^{*B} + 7x_2^{*B} + 8x_3^{*B} \geq 1, \\ 7x_1^{*B} + 8x_2^{*B} + 4x_3^{*B} \geq 1, \\ 8x_1^{*B} + x_2^{*B} + 4x_3^{*B} \geq 1, \end{cases} \quad (5.4) \\ x_i^{*B} &= \frac{x_i^B}{v_B^x}, x_i^B \in [0, 1], i = 1, 2, 3. \end{aligned}$$

Задачу оптимізації (5.4) розв'язуємо симплекс-методом (табл. 5.3).

Табл. 5.3

Basis	C	B	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
			1	1	1	0	0	0
a_4	0	-1	-3	-7	-8	1	0	0
a_5	0	-1	-7	-8	-4	0	1	0
a_6	0	-1	-8	-1	-4	0	0	1
Δ_j	$W_1(x_0) = 0$		-1	-1	-1	0	0	0

a_1	1	1/3	1	7/3	8/3	- 1/3	0	0
a_5	0	4/3	0	25/3	44/3	- 7/3	1	0
a_6	0	5/3	0	53/3	52/3	- 8/3	0	1
Δ_j	$W_1(X_1) = 1/3$		0	4/3	5/3	- 1/3	0	0

a_1	1	1/11	1	9/11	0	1/11	- 2/11	0
a_3	1	1/11	0	25/44	1	- 7/44	3/44	0
a_6	0	1/11	0	86/11	0	1/11	-13/11	1
Δ_j	$W_1(X_2) = 2/11$		0	17/44	0	- 3/44	- 5/44	0

a_1	1	7/86	1	0	0	7/86	- 5/86	- 9/86
a_3	1	29/344	0	0	1	- 57/344	53/344	- 25/344
a_2	1	1/86	0	1	0	1/86	- 13/86	11/86
Δ_j	$W_1(X_{opt}) = 61/344$		0	0	0	- 25/344	- 19/344	- 17/344

З останньої симплекс-таблиці отримаємо: $x_1^{*B} = \frac{7}{86}$, $x_2^{*B} = \frac{1}{86}$, $x_3^{*B} = \frac{29}{344}$.

Оскільки $x_1^{*B} + x_2^{*B} + x_3^{*B} = \frac{1}{U_B^x}$ та $x_i^{*B} = \frac{x_i^B}{U_B^x}$, $i = 1, 2, 3$ остаточно будемо мати:

$$X_B^m = \left[\frac{28}{61}, \frac{4}{61}, \frac{29}{61} \right] \approx [0.46, 0.07, 0.47] \Rightarrow [46\%, 7\%, 47\%], U_B^x = \frac{344}{61} \approx 5,64.$$

Записуємо двоїсту до (5.4) задачу:

$$\begin{aligned} W_{II}^{*B} &= y_1^{*B} + y_2^{*B} + y_3^{*B} \rightarrow \max, \\ \Omega_{II}^{*B} : &\begin{cases} 3y_1^{*B} + 7y_2^{*B} + 8y_3^{*B} \leq 1, \\ 7y_1^{*B} + 8y_2^{*B} + y_3^{*B} \leq 1, \\ 8y_1^{*B} + 4y_2^{*B} + 4y_3^{*B} \leq 1, \end{cases} \quad (5.5) \\ y_i^{*B} &= \frac{y_i^B}{U_B^y}, y_i^B \in [0, 1], i = 1, 2, 3. \end{aligned}$$

Оптимізаційну задачу (5.5) розв'язуємо симплекс-методом (табл.5.4).

Табл.5.4

Basis	C	B	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
			1	1	1	0	0	0

a_4	0	1	3	7	8	1	0	0
a_5	0	1	7	8	1	0	1	0
a_6	0	1	8	4	4	0	0	1
Δ_j	$W_{II}(Y_0) = 0$		-1	-1	-1	0	0	0

a_4	0	4/7	0	25/7	53/7	1	-3/7	0
a_1	1	1/7	1	8/7	1/7	0	1/7	0
a_6	0	-1/7	0	-36/7	20/7	0	-8/7	1
Δ_j	$W_{II}(Y_1) = 1/7$		0	1/7	-6/7	0	1/7	0

a_4	0	1/8	-25/8	0	57/8	1	-7/8	0
a_2	1	1/8	7/8	1	1/8	0	1/8	0
a_6	0	1/2	9/2	0	7/2	0	-1/2	1
Δ_j	$W_{II}(Y_2) = 1/8$		-1/8	0	-7/8	0	1/8	0

a_3	1	1/57	-25/57	0	1	8/57	-7/57	0
a_2	1	7/57	53/57	1	0	-1/57	8/57	0
a_6	0	25/57	344/57	0	0	-28/57	-4/57	1
Δ_j	$W_{II}(Y_3) = 8/57$		-29/57	0	0	7/57	1/57	0

a_3	1	17/344	0	0	1	9/86	-11/86	25/344
a_2	1	19/344	0	1	0	5/86	13/86	-53/344
a_1	1	25/344	1	0	0	-7/86	-1/86	57/344
Δ_j	$W_{II}(Y_{opt}) = 61/344$		0	0	0	7/86	1/86	29/344

З останньої симплекс-таблиці отримуємо: $y_1^{*B} = \frac{25}{344}$, $y_2^{*A} = \frac{19}{344}$,

$y_3^{*A} = \frac{17}{344}$. Оскільки $y_1^{*B} + y_2^{*B} + y_3^{*B} = \frac{1}{v_B^y}$ та $y_i^{*B} = \frac{y_i^B}{v_B^y}$, $i = 1, 2, 3$ то розв'язок гри

має вигляд:

$$Y_B^m = \left[\frac{25}{61}, \frac{19}{61}, \frac{17}{61} \right] \approx [0.41, 0.31, 0.28] \Rightarrow [41\%, 31\%, 28\%], v_B^y = \frac{344}{61} \approx 5,64.$$

Підсумкова таблиця розв'язків біматричної гри та відповідних до неї матричних ігор (табл. 5.5)

Табл. 5.5

Біматрична гра		
$C_A = \begin{bmatrix} 2 & 5 & 6 \\ 6 & 7 & 1 \\ 6 & 3 & 6 \end{bmatrix} \quad C_B = \begin{bmatrix} 3 & 7 & 8 \\ 7 & 8 & 1 \\ 8 & 4 & 4 \end{bmatrix}$		
Розв'язок для першого гравця A		
$X_A = \left[\frac{28}{61}, \frac{4}{61}, \frac{29}{61} \right] \approx [0.46, 0.07, 0.47] \Rightarrow [46\%, 7\%, 47\%]$		$v_A^x = \frac{108}{23} \approx 4,70$
Розв'язок для другого гравця B		
$X_B = \left[\frac{5}{23}, \frac{10}{23}, \frac{8}{23} \right] \approx [0.22, 0.43, 0.35] \Rightarrow [22\%, 43\%, 35\%]$		$v_B^x = \frac{344}{61} \approx 5,64$
Матрична гра $C_A = \begin{bmatrix} 2 & 5 & 6 \\ 6 & 7 & 1 \\ 6 & 3 & 6 \end{bmatrix}$ (Платіжна матриця першого гравця)		
Розв'язок прямої та двоїстої задачі		
$X_A^m = \left[\frac{15}{46}, \frac{6}{23}, \frac{19}{46} \right] \approx [0.33, 0.26, 0.41] \Rightarrow [33\%, 26\%, 41\%]$		$v_A^x = \frac{108}{23} \approx 4,70$
$Y_A^m = \left[\frac{5}{23}, \frac{10}{23}, \frac{8}{23} \right] \approx [0.22, 0.43, 0.35] \Rightarrow [22\%, 43\%, 35\%]$		$v_A^y = \frac{108}{23} \approx 4,70$
Матрична гра $C_B = \begin{bmatrix} 3 & 7 & 8 \\ 7 & 8 & 1 \\ 8 & 4 & 4 \end{bmatrix}$ (Платіжна матриця другого гравця)		

Розв'язок прямої та двоїстої задачі	
$X_B^m = \left[\frac{28}{61}, \frac{4}{61}, \frac{29}{61} \right] \approx [0.46, 0.07, 0.47] \Rightarrow [46\%, 7\%, 47\%]$	$v_B^x = \frac{344}{61} \approx 5,64$
$Y_B^m = \left[\frac{25}{61}, \frac{19}{61}, \frac{17}{61} \right] \approx [0.41, 0.31, 0.28] \Rightarrow [41\%, 31\%, 28\%]$	$v_B^y = \frac{344}{61} \approx 5,64$

Аналізуючи результати розрахунків, отримаємо декілька важливих тверджень:

- Оптимальний мішаний розв'язок першого гравця

$X_A = \left[\frac{28}{61}, \frac{4}{61}, \frac{29}{61} \right]$ у біматричній грі збігається з мішаним розв'язком

$X_B^m = \left[\frac{28}{61}, \frac{4}{61}, \frac{29}{61} \right]$ у матричній грі поданій платіжною матрицею C_B другого гравця B .

Іншими словами, оптимальна поведінка першого гравця є результатом розв'язку прямої задачі оптимізації для другого гравця, тобто перший гравець не буде брати до уваги власну платіжну матрицю – вся «увага» прикута до платіжної матриці другого гравця; Але водночас, величина винагороди

$v_A^x = \frac{108}{23} \approx 4,70$ є результатом розв'язку двоїстої задачі оптимізації

$v_A^y = \frac{108}{23} \approx 4,70$ для матричної гри, поданої власною платіжною матрицею C_A

- Оптимальна мішана стратегія другого гравця $X_B = \left[\frac{5}{23}, \frac{10}{23}, \frac{8}{23} \right]$

збігається з розрахунками двоїстої оптимізаційної задачі $Y_A^m = \left[\frac{5}{23}, \frac{10}{23}, \frac{8}{23} \right]$

для першого гравця. Таким чином, оптимальна поведінка другого гравця повністю обумовлена платіжною матрицею C_A першого гравця – величини власних вигравів до уваги не беруться.

Величина винагороди $u_B^x = \frac{344}{61} \approx 5,64$ дорівнює величині ціни матричної гри $u_B^y = \frac{344}{61} \approx 5,64$ двоїстої задачі для другого гравця.

- Розв'язки двоїстої задачі ЛО для матричної гри першого гравця та прямої задачі ЛО для матричної гри другого гравця дають повний результат розв'язку біматричної гри. Таким чином, можна не виконувати розрахунок біматричної гри в цілому, а розв'язувати дві окремі матричні гри.

- Поведінка гравців у біматричній гри набуває «дивних» метаморфоз – стратегії поведінки гравців починають не залежати від величин власних вигравів. Гравців починає турбувати тільки те, скільки виграє інший гравець. Виникає ефект поведінкового протистояння або антагонізму. Цей факт може бути пов'язаний з сучасним напрямком в теорії ігор - поведінковою теорією ігор і потребує подальших досліджень.

Матрична гра передбачає наявність двох гравців, серії раундів, у кожному з яких обидва гравці роблять хід. На основі цих ходів оголошується результат: нічия, або переможець. Для математичного аналізу гри, необхідно для кожної пари ходів визначити переможця і кількісні параметри виграшу. Це записується в матрицю виплат.

В основу функціоналу інформаційної системи покладено теорію матричних ігор, що ґрунтуються на аналізі результату конфлікту двох гравців – викладач та студент, інтереси яких були певною мірою протилежні.

Для розроблення алгоритму функціонування інформаційної системи дослідимо конфлікт між двома гравцями C та D . Гравець C може дотримуватись власних стратегій, які подано наступним кортежем $\{C_1, C_2, \dots, C_m\}$. Гравець D обирає одну з стратегій, які подано наступним кортежем $\{D_1, D_2, \dots, D_n\}$. Обидва гравці є учасниками гри за визначеними правилами, а комбінаторний вибір отримує винагороду. У випадку, коли гравець C схиляється до стратегії C_i , гравець D стратегію D_j , то виграш C можемо представити як c_{ij} . Виграш гравця D вважатимемо d_{ij} . При цьому

$c_{ij} \neq d_{ij}$, кожен з гравців розраховує на винагороду. Гравець A може приймати дві стратегії A_1 або A_2 вірити студенту або перевірити його твердження про вивченні теоретичні розділи курсу теорії ігор. Другий гравець B (студент) теж має дві стратегії. B_1 - підготувати теоретичний курс на екзамен або не готувати. Безпосередньо на екзамені викладач може перевірити теоретичну підготовку студенту або не перевіряти. Нехай величина виграшу як для викладача, так і для студента умовно складає $a > 0$ одиниць. Отже платіжні матриці гравців мають вигляд:

$$C_A = \begin{bmatrix} -a & a \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, C_B = \begin{bmatrix} 0 & -a \\ 0 & a \end{bmatrix}.$$

У разі того, якщо викладач впевнений в тому, що студент не вивчив теоретичний курс, то він перевірить знання студента (локація у платіжних матрицях (1,2)). Студент буде вчити курс, якщо буде впевнений в тому, що викладач перевірить його знання (локація (1,1)). І навпаки, викладачу не треба перевіряти студента, якщо він вивчив курс (локація (2,1)). Нарешті, студент не буде вчити курс у разі впевненості в тому, що викладач не буде перевіряти його знання (локація (2,2)).

Тоді, розв'язок для першого гравця A $X_A = \left[\frac{28}{61}, \frac{4}{61}, \frac{29}{61} \right] \approx [0.46, 0.07, 0.47] \Rightarrow [46\%, 7\%, 47\%]$, тобто $v_A^x = \frac{108}{23} \approx 4,70$. Розв'язок для другого гравця B складатиме $X_B = \left[\frac{5}{23}, \frac{10}{23}, \frac{8}{23} \right] \approx [0.22, 0.43, 0.35] \Rightarrow [22\%, 43\%, 35\%]$, тобто $v_B^x = \frac{344}{61} \approx 5,64$

Оптимальний мішаний розв'язок першого гравця $X_A = \left[\frac{28}{61}, \frac{4}{61}, \frac{29}{61} \right]$ у біматричній грі збігається з мішаним розв'язком $X_B^m = \left[\frac{28}{61}, \frac{4}{61}, \frac{29}{61} \right]$ у матричній грі, поданій платіжною матрицею C_B другого гравця B .

Таким чином, оптимальна поведінка першого гравця є результатом розв'язку прямої задачі оптимізації для другого гравця, тобто перший гравець

не буде брати до уваги власну платіжну матрицю – вся «увага» прикута до платіжної матриці другого гравця. Але водночас, величина винагороди $v_A^x = \frac{108}{23} \approx 4,70$ є результатом розв'язку двоїстої задачі оптимізації $v_A^y = \frac{108}{23} \approx 4,70$ для матричної гри, поданої власною платіжною матрицею C_A .

Використовуючи зазначений алгоритм, можемо стверджувати, що мішана стратегія другого гравця $X_B = \left[\frac{5}{23}, \frac{10}{23}, \frac{8}{23} \right]$ збігається з розрахунками двоїстої оптимізаційної задачі $Y_A^m = \left[\frac{5}{23}, \frac{10}{23}, \frac{8}{23} \right]$ для першого гравця. Таким чином, оптимальна поведінка другого гравця повністю обумовлена платіжною матрицею C_A першого гравця – величини власних вигравів до уваги не беруться. Величина винагороди $v_B^x = \frac{344}{61} \approx 5,64$ дорівнює величині ціни матричної гри $v_B^y = \frac{344}{61} \approx 5,64$ двоїстої задачі для другого гравця.

Таким чином, при проектуванні інформаційної системи оцінки знань студентів доцільно використовувати алгоритм, що ґрунтується на розв'язанні двох окремих матричних ігор. Кожен гравець визначає вигреш іншого гравця.

До наведених алгоритмів були написані програми на платформі пакета символічної математики Maple 17. Вихідний код яких наведено в додатку А.

5.2. Моделювання дискретизації в методах аналізу когнітивного управління

5.2.1 Порухення алгоритму з метою прискорення збіжності процесу

На довільному кроці розрахунків за звичайним алгоритмом симплекс-методу існує можливість переходу не в сусідню вершину, а в довільну, яка розташована в околі оптимальної вершини. Вибір такої вершини можливо виконувати на базі багатьох оціночних методів, наприклад, половинного ділення. Для такого обиравання альтернативний ланцюг симплексного розрахунку може мати значно меншу кількість ітерацій.

Розглянемо модельний приклад розв'язку двовимірної задачі лінійної

оптимізації для підтвердження такого випадку. Спочатку за стандартною методикою, а потім з порушенням правила обирання комбінації базисних векторів.

Модельний приклад

$$\begin{aligned}
 &W_I = 2x_1 + 3x_2 \rightarrow \max, \\
 \Omega_I : &\begin{cases} 3x_1 - 4x_2 \leq 6, \\ x_1 + 2x_2 \leq 12, \\ -x_1 + x_2 \leq 3, \\ x_2 \leq 4, \end{cases} \quad (5.6) \\
 &x_j \geq 0, j = 1, \dots, 4.
 \end{aligned}$$

До лівих частин кожної нерівності додаємо базисні невід'ємні невідомі x_3, x_4, x_5, x_6 . В результаті маємо канонічну задачу лінійної оптимізації:

$$\begin{aligned}
 &W_I = 2x_1 + 3x_2 \rightarrow \max, \\
 \Omega_I : &\begin{cases} 3x_1 - 4x_2 + x_3 = 6, \\ x_1 + 2x_2 + x_4 = 12, \\ -x_1 + x_2 + x_5 = 3, \\ x_2 + x_6 = 4, \end{cases} \quad (5.7) \\
 &x_j \geq 0, j = 1, \dots, 6.
 \end{aligned}$$

Маємо первісний опорний план $\mathbf{X}_0 = [0, 0, 6, 12, 3, 4] \in \Omega_I$.
Складаємо вихідну симплексну таблицю(табл. 5.6).

Табл. 5.6

			a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	$\{b_j/a_{ij}\}$	
Базис	C	B	2	3	0	0	0	0		Вершина
a_3	0	6	3	-4	1	0	0	0		X_0
a_4	0	12	1	2	0	1	0	0	6	
a_5	0	3	-1	1	0	0	1	0	3	
a_6	0	4	0	1	0	0	0	1	4	
Δ_j	$W_1(X_0) = 0$		-2	-3	0	0	0	0		

В індексному рядочку Δ_j є дві від'ємні оцінки, це означає, що план $\mathbf{X}_0 = [0, 0, 6, 12, 3, 4] \in \Omega_1$ не є оптимальним і його можливо покращити. Напрямний стовпчик знаходимо за правилом обирання найменшого від'ємного значення оцінок. Це стовпчик \mathbf{a}_2 , оскільки $\min\{-2, -3\} = -3 \rightarrow \mathbf{a}_2$.

Напрямний рядок встановлюємо за правилом обирання найменшого симплексного відношення для додатних компонент напрямного стовпчика.

Маємо

$$\left\{ \frac{b_i}{a_{i2}} \mid a_{i2} > 0, i = 4, 5, 6 \right\} = \min \left\{ \frac{12}{2}, \frac{3}{1}, \frac{4}{1} \right\} = 3 \rightarrow \mathbf{a}_5.$$

Розв'язувальним елементом є $a_{52} = 1$. Для нього виконуємо Жордано-Гаусса перетворення та дотримуючись алгоритму, отримаємо (табл. 5.7):

Табл. 5.7

			a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	$\{b_j/a_{ij}\}$	
Базис	C	B	2	3	0	0	0	0		Вершина
a_3	0	18	-1	0	1	0	4	0		X_1
a_4	0	6	3	0	0	1	-2	0	2	
a_2	3	3	-1	1	0	0	1	0		
a_6	0	1	1	0	0	0	-1	1	1	
Δ_j	$W_1(X_1) = 9$		-5	0	0	0	3	0		

З другої таблиці (табл. № 5.7):

$$\mathbf{X}_1 = [0, 3, 18, 6, 0, 1], W_1(\mathbf{X}_1) = 9.$$

В індексному рядочку Δ_j є від'ємна оцінка. План $\mathbf{X}_1 = [0, 3, 18, 6, 0, 1]$ не є оптимальним і його можливо покращити. Напрямний стовпчик \mathbf{a}_2 , оскільки тільки він містить від'ємну оцінку $\Delta_1 = -5$. Напрямний рядок обираємо з умови найменшого симплексного відношення для додатних компонент напрямного стовпчика. Маємо

$$\left\{ \frac{b_i}{a_{i1}} \mid a_{i1} > 0, i = 4, 6 \right\} = \min \left\{ \frac{6}{3}, \frac{1}{1} \right\} = \{2, 1\} = 1 \rightarrow \mathbf{a}_6$$

В новому базису взамін \mathbf{a}_6 буде залучено \mathbf{a}_1 . Після відповідних обчислень маємо третю симплексну таблицю (табл. 5.8).

Табл. 5.8

			a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	$\{b_j/a_{ij}\}$	
Базис	C	B	2	3	0	0	0	0		Вершина
a_3	0	19	0	0	1	0	3	1	19/3	X ₂
a_4	0	3	0	0	0	1	1	-3	3	
a_2	3	4	0	1	0	0	0	1		
a_1	2	1	1	0	0	0	-1	1		
Δ_j	$W_1(X_2) = 14$		0	0	0	0	-2	5		

З третьої таблиці (табл. 5.8)

$$\mathbf{X}_2 = [1, 4, 19, 3, 0, 0], W_1(\mathbf{X}_2) = 14$$

В індексному рядочку Δ_j є від'ємна оцінка. План $\mathbf{X}_2 = [1, 4, 19, 3, 0, 0]$ не є оптимальним і його можливо покращити. Напрямний стовпчик \mathbf{a}_5 , оскільки тільки він містить від'ємну оцінку $\Delta_5 = -5$. Напрямний рядок обираємо з умови найменшого симплексного відношення для додатних компонент напрямного стовпчика. Маємо

$$\left\{ \frac{b_i}{a_{i5}} \mid a_{i5} > 0, i = 3, 4 \right\} = \min \left\{ \frac{19}{3}, \frac{3}{1} \right\} = 3 \rightarrow \mathbf{a}_4$$

В новому базису взамін \mathbf{a}_4 буде залучено \mathbf{a}_5 . Після відповідних обчислень маємо четверту симплексну таблицю (табл. 5.9).

Табл. 5.9

			a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	$\{b_j/a_{ij}\}$	
Базис	C	B	2	3	0	0	0	0		Вершина
a_3	0	10	0	0	1	-3	0	10	1	X_3
a_5	0	3	0	0	0	1	1	-3		
a_2	3	4	0	1	0	0	0	1	4	
a_1	2	4	1	0	0	1	0	-2		
Δ_j	$W_1(X_3) = 20$		0	0	0	2	0	-1		

З четвертої таблиці (табл. 5.9)

$$\mathbf{X}_3 = [4, 4, 10, 0, 3, 0], \quad W_1(\mathbf{X}_3) = 20.$$

В індексному рядочку Δ_j є від'ємна оцінка. План $\mathbf{X}_3 = [4, 4, 10, 0, 3, 0]$ не є оптимальним і його можливо покращити.

Напрямний стовпчиком буде \mathbf{a}_6 , оскільки тільки він містить від'ємну оцінку $\Delta_6 = -1$. Напрямний рядок обираємо з умови найменшого симплексного відношення для додатних компонент напрямного стовпчика. Маємо

$$\left\{ \frac{b_i}{a_{i6}} \mid a_{i6} > 0, i = 2, 3 \right\} = \min \left\{ \frac{4}{1}, \frac{10}{10} \right\} = 1 \rightarrow \mathbf{a}_3.$$

В новому базису взамін \mathbf{a}_3 буде залучено \mathbf{a}_6 . Після відповідних обчислень маємо п'яту симплексну таблицю (табл. 5.10).

Табл. 5.10

			a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	$\{b_j/a_{ij}\}$	
Базис	C	B	2	3	0	0	0	0		Вершина
a_6	0	1	0	0	1/10	-3/10	0	1		X_{opt}
a_5	0	6	0	0	3/10	1/10	1	0		
a_2	3	3	0	1	-1/10	3/10	0	0		
a_1	2	6	1	0	1/5	2/5	0	0		
Δ_j	$W_1(X_{opt}) = 21$		0	0	1/10	17/10	0	0		

Всі оцінки невід'ємні $\Delta_j \geq 0$. Це означає, що знайдено оптимальний розв'язок.

$$\mathbf{X}_{\text{opt}} = [6, 3], W_I(\mathbf{X}_{\text{opt}}) = 21.$$

Таким чином, розрахунок в межах класичного симплексного розрахунку містить наступний ланцюг послідовного перебору вершин Ω_I :

$$\mathbf{X}_0 \rightarrow \mathbf{X}_1 \rightarrow \mathbf{X}_2 \rightarrow \mathbf{X}_3 \rightarrow \mathbf{X}_{\text{opt}}.$$

Доведемо, що порушення канонічного алгоритму симплексного методу може суттєво зменшити довжину ланцюгу розрахунку – кількість симплекс-таблиць. Порушення алгоритму виконуємо на першому кроку. Обираємо оцінку не найменшу як у звичайному симплекс-методу, а найбільшу. Відповідні розрахунки наведено у табл.5.11.

Табл. 5.11

Базис	C	B	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	$\{b_j/a_{ij}\}$	Вершина
			2	3	0	0	0	0		
a_3	0	6	3	-4	1	0	0	0		X_0
a_4	0	12	1	2	0	1	0	0	6	
a_5	0	3	-1	1	0	0	1	0	3	
a_6	0	4	0	1	0	0	0	1	4	
Δ_j	$W_I(X_0) = 0$		-2	-3	0	0	0	0		
a_3	0	-30	0	-10	1	-3	0	0		X_4
a_1	2	12	1	2	0	1	0	0		
a_5	0	15	0	3	0	1	1	0		
a_6	0	4	0	1	0	0	0	1		
Δ_j	$W_I(X_4) = 24$		0	1	0	2	0	0		
a_2	3	3	0	1	-1/10	3/10	0	0		X_{opt}
a_1	2	6	1	0	1/5	2/5	0	0		
a_5	0	6	0	0	3/10	1/10	1	0		
a_6	0	1	0	0	1/10	-3/10	0	1		
Δ_j	$W_I(X_{\text{opt}}) = 21$		0	0	1/10	17/10	0	0		

Ланцюг розрахунку скорочено майже вдвічі - $\mathbf{X}_0 \rightarrow \mathbf{X}_4 \rightarrow \mathbf{X}_{\text{opt}}$.

Розглянута задача двовимірна, тому можемо виконати графічний розв'язок, який дозволить геометрично проінтерпретувати ланцюги розрахунку задачі.

Складаємо рівняння граничних прямих $\omega_1: 3x_1 - 4x_2 = 6$, $\omega_2: x_1 + 2x_2 = 12$, $\omega_3: -x_1 + x_2 = 3$, $\omega_4: x_2 = 4$, $\omega_5: x_1 = 0$, $\omega_6: x_2 = 0$, та встановлюємо півплощини, які визначаються відповідними нерівностями системи обмежень. В результаті можемо зобразити поліедр Ω_1 (рис.5.1).

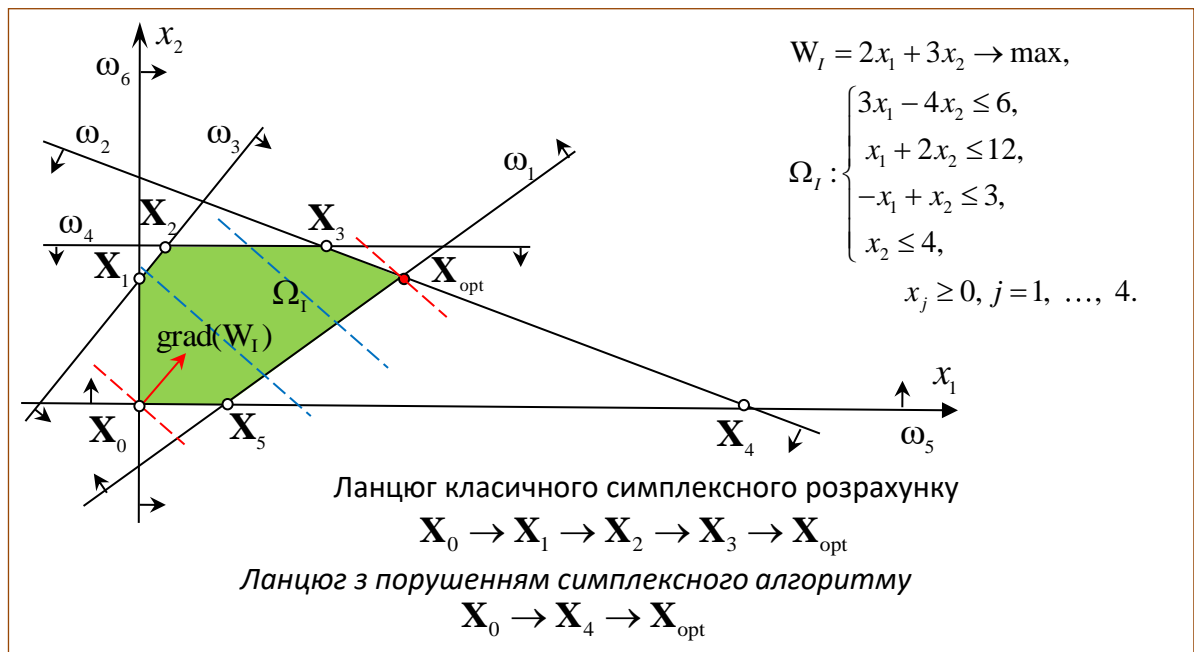


Рис. 5.1. Інтерпретація класичного та з порушенням алгоритму симплекс-методу.

В точці початку координат зображуємо вектор градієнту $\text{grad}(W_f) = [2, 3]$. Перпендикулярно до нього проводимо лінію рівня. Переміщуючи її паралельно собі по напрямку градієнта, встановлюємо точку максимуму \mathbf{X}_{opt} - вершина виходу ліній рівня (рис. 5.1).

Координати екстремальної вершини визначаються як координати точки перетину відповідних граничних прямих:

$$\mathbf{X}_{opt}: \omega_1 \times \omega_2 \Leftrightarrow \begin{cases} 3x_1 - 4x_2 = 6, \\ x_1 + 2x_2 = 12, \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_1 = 6, \\ x_2 = 3. \end{cases}$$

Таким чином, максимального значення цільова функція набуває в вершині $\mathbf{X}_{\text{opt}} = [6, 3]$ і воно рівно $W_1(\mathbf{X}_{\text{opt}}) = 21$.

Геометрична інтерпретація симплексного обчислення за класичною схемою полягає в тому, що перша симплекс-таблиця (табл. 5.6) відповідає вершині \mathbf{X}_0 . Обчислення до другої таблиці (табл. 5.7) відповідають переходу у сусідню вершину \mathbf{X}_1 , в напрямку найбільшого зростання цільової функції. Третя, четверта та п'ята симплекс-таблиці (табл. 5.8, табл. 5.9, табл. 5.10,) відповідають переходу $\mathbf{X}_1 \rightarrow \mathbf{X}_2 \rightarrow \mathbf{X}_3 \rightarrow \mathbf{X}_{\text{opt}}$. (рис. 5.2) Таким чином, для розв'язку задачі за класичним алгоритмом необхідно скласти п'ять симплекс-таблиць.

З метою скорочення кількості ітерацій порушимо цей алгоритм і в початковій симплекс-таблиці оберемо не найменшу, а найбільшу від'ємну оцінку $\Delta_1 = -2$. Подальші обчислення наведені в табл. 5.11. Як видно, кількість симплекс-таблиць скоротилася з п'яти до трьох.

Розглянутий приклад зменшення кількості числових розрахунків оптимізаційної задачі на основі прийому порушення стандартного алгоритму, наочно показує на доцільність аналізу оптимізаційних задач на варіацію відхилення від канонічних алгоритмів розв'язку задач лінійної оптимізації. З практичної точки зору запропонований підхід дозволяє спростити обчислювальну складність задач такого класу.

На базі порівняльних розв'язків модельної задачі показано суттєве скорочення кількості ітерацій: в класичному варіанті розрахунку їх п'ять, а у разі порушення алгоритму, тільки три.

Отриманий науковий результат дозволяє зробити висновок, що у загальному випадку є потреба виконувати пошук доцільності порушення алгоритму стандартної схеми симплексного розрахунку.

Прикладною цінністю запропонованого підходу є використання отриманого наукового результату для забезпечення можливості

вдосконалення канонічних прийомів розв'язку оптимізаційних задач. Вперше запропоновано альтернативність в обиранні «шляху» розв'язку оптимізаційної задачі.

1. Визначено, що існують класи задач лінійної оптимізації, для яких є раціональним порушення класичної схеми симплексного алгоритму для прискорення збіжності процесу отримання оптимізаційного розв'язку.

2. Доведено на прикладі розв'язання типової модельної задачі, що запропонований підхід дозволяє суттєво зменшити кількість симплекс-таблиць.

У більшості випадків, пошук розв'язку задач лінійної оптимізації, виконується симплексним методом. Але цей класичний алгоритм розв'язку лінійних задач оптимізації може давати додаткові ітерації в процедурі безпосереднього обчислення. Якщо порушити деякі складові стандартного алгоритму симплекс-методу, то можливо прискорити збіжність симплексного розрахунку – зменшити кількість симплекс-таблиць.

Пропонується для прискорення збіжності симплекс-методу відхилитися від канонічного алгоритму. В якості наступного плану задачі обирати не сусідню вершину, а уточнену, яка обирається на підставі оцінки найбільших та найменших значень цільової функції.

Розглянемо загальний підхід до розв'язку лінійної оптимізаційної задачі за класичним алгоритмом симплекс-методу.[5.1,5.2,5.3]

Головною ідеєю алгоритму симплекс-методу є послідовний перебір припустимих опорних планів. Виключення одного вектора з базису і залучення другого виконується методом Жордано-Гаусса [5.13]. У разі дотримання цих критеріїв складається ланцюг. Початок якого знаходиться в стартовій вершині x_0 поліедру Ω , і відповідає першій симплекс-таблиці розрахунків. Перехід до наступного опорного плану x_1 за класичним алгоритмом відповідає переходу до сусідньої вершини. Фактично кожна

таблиця є числовим описом вершин Ω . Процес продовжують до тих пір поки не буде знайдена оптимальна вершина x_{opt} або доведена її відсутність.

На довільному кроці розрахунків за звичайним алгоритмом симплекс-методу існує можливість переходу не в сусідню вершину, а в довільну, яка розташована в околі оптимальної вершини. Вибір такої вершини можливо виконувати на базі багатьох оціночних методів, наприклад, половинного ділення. Для такого обирання альтернативний ланцюг симплексного розрахунку може мати значно меншу кількість ітерацій.

Розглянемо другий модельний приклад розв'язку двовимірної задачі лінійної оптимізації для підтвердження такого випадку. Спочатку за стандартною методикою, а потім з порушенням правила обирання комбінації базисних векторів.

Розв'язати задачу ЛО

$$\begin{aligned}
 & W_1 = 4x_1 + 5x_2 \rightarrow \max, \\
 \Omega_1 : & \begin{cases} -2x_1 + 5x_2 \leq 35, \\ x_1 + 4x_2 \leq 41, \\ x_1 + 2x_2 \leq 25, \\ 3x_1 - 4x_2 \leq 15, \\ x_1 - 3x_2 \leq 0, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases} \quad (5.8)
 \end{aligned}$$

Первісний опорний план $X_0 = [0, 0, 35, 41, 25, 15, 0] \in \Omega_1$

Складаємо вихідну симплексну таблицю(табл. 5.12).

Табл.5.12

Basis	C	B	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	$\{b/a_{ij}\}$	x_i
			4	5	0	0	0	0	0		

a_3	0	35	-2	5	1	0	0	0	0	7	X ₀
a_4	0	41	1	4	0	1	0	0	0	10,25	
a_5	0	25	1	2	0	0	1	0	0	25/2	
a_6	0	15	3	-4	0	0	0	1	0		
a_7	0	0	1	-3	0	0	0	0	1		
Δ_j	$W_1(X_0) =$	0	-4	-5	0	0	0	0	0		

Після подальших відповідних обчислень на п'ятому кроці маємо симплексну таблицю (табл. 5.13).

Табл. 5.13

Basis	C	B	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	$\{b/a_{ij}\}$	X_i
			3	4	0	0	0	0	0		
a_2	5	6	0	1	0	0	3/10	-1/10	0		X _{max}
a_1	4	13	1	0	0	0	2/5	1/5	0		
a_3	0	31	0	0	1	0	-7/10	0	0		
a_4	0	4	0	0	0	1	-8/5	1/5	0		
a_7	0	5	0	0	0	0	1/2	-1/2	1		
Δ_j	$W_1(X_{\max}) =$	82	0	0	0	0	31/10	3/10	0		

Всі оцінки невід'ємні $\Delta_j \geq 0$. Це означає, що знайдено оптимальний розв'язок.

$$\mathbf{X}_{\max} = [13, 6], \quad W_1(\mathbf{X}_{\max}) = 82$$

Таким чином, розрахунок в межах класичного симплекс-методу містить наступний ланцюг $\mathbf{x}_0 \rightarrow \mathbf{x}_1 \rightarrow \mathbf{x}_2 \rightarrow \mathbf{x}_3 \rightarrow \mathbf{x}_{\max}$ послідовного перебору вершин поліедру Ω_1 .

Доведемо, що порушення алгоритму симплексного методу може суттєво зменшити довжину ланцюгу розрахунку. Обираємо серед від'ємних оцінок не найменшу як у звичайному симплекс-методу, а найбільшу. Відповідні розрахунки наведено у табл. 5.14.

Табл. 5.14

Basis	C	B	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	$\{b/a_{ij}\}$	X_i
			4	5	0	0	0	0	0		
a_3	0	35	-2	5	1	0	0	0	0		X ₀
a_4	0	41	1	4	0	1	0	0	0		
a_5	0	25	1	2	0	0	1	0	0		
a_6	0	15	3	-4	0	0	0	1	0		
a_7	0	0	1	-3	0	0	0	0	1		
Δ_j	$W_1(X_0) =$	0	-4	-5	0	0	0	0	0		

a_3	0	35	0	-1	1	0	0	0	2		X_0
a_4	0	41	0	7	0	1	0	0	-1	41/7	
a_5	0	25	0	5	0	0	1	0	-1	5/1	
a_6	0	15	0	5	0	0	0	1	-3	3	
a_1	4	0	1	-3	0	0	0	0	1		
Δ_j	$W_i(X_0) =$	0	0	-17	0	0	0	0	4		
a_3	0	38	0	0	1	0	0	1/5	7/5		X_5
a_4	0	20	0	0	0	1	0	-7/5	16/5	25/4	
a_5	0	10	0	0	0	0	1	-1/1	2/1	5	
a_2	5	3	0	1	0	0	0	1/5	-3/5		
a_1	4	9	1	0	0	0	0	3/5	-4/5		
Δ_j	$W_i(X_5) =$	51	0	0	0	0	0	17/5	-31/5		
a_3	0	31	0	0	1	0	-7/10	9/10	0		X_{\max}
a_4	0	4	0	0	0	1	-8/5	1/5	0		
a_7	0	5	0	0	0	0	1/2	-1/2	1		
a_2	5	6	0	1	0	0	3/10	-1/10	0		
a_1	4	13	1	0	0	0	2/5	1/5	0		
Δ_j	$W_i(X_{\max}) =$	82	0	0	0	0	31/10	3/10	0		

Ланцюг розрахунку суттєво скорочено - $X_0 \rightarrow X_4 \rightarrow X_{\max}$.

Таким чином, для розв'язку задачі за класичним алгоритмом необхідно скласти п'ять симплекс-таблиць. З метою скорочення кількості ітерацій порушено цей алгоритм і в початковій симплекс-таблиці обрано не найменшу, а найбільшу від'ємну оцінку. Кількість симплекс-таблиць скоротилася з п'яти до трьох $X_0 \rightarrow X_4 \rightarrow X_{\max}$.

Графічний розв'язок задач дозволить геометрично проінтерпретувати отримані результати(рис. 5.2).

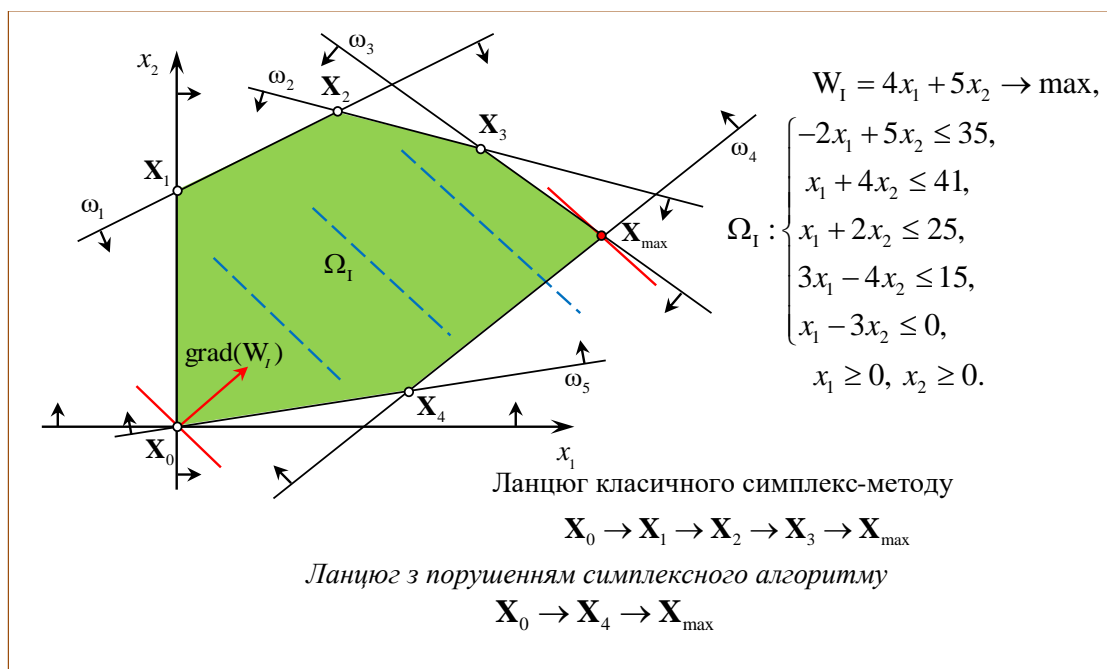


Рис. 5.2. Геометрична інтерпретація порушення алгоритму

Розглянуті приклади вирішення завдань проектного менеджменту шляхом підвищення ефективності алгоритмів підготовки до комп'ютерних розрахунків оптимізаційної задачі на основі редукції задачі та прийому порушення стандартного симплексного алгоритму, доводять доцільність таких прийомів у розв'язку задач лінійної оптимізації. З практичної точки зору такий підхід дозволяє спростити складність вихідних задач такого класу.

На базі порівняльних розв'язків модельних задач показано спрощення розв'язків вихідних задач.

Отриманий науковий результат дозволяє зробити висновок, що у загальному випадку доцільно виконувати пошук підходів до порушення алгоритму стандартних алгоритмічних схем, які склалися на цей час.

Прикладною цінністю запропонованого підходу є використання отриманого наукового результату для забезпечення можливості вдосконалення канонічних прийомів розв'язку оптимізаційних задач та, відповідно, спрощення комп'ютерного розрахунку з використанням бібліотек стандартних підпрограм відомих математичних пакетів.

Таким чином доведено, що у процедурах когнітивного управління доцільно використовувати задачі лінійної оптимізації, для яких раціональним є пошук більш ефективних алгоритмів, з метою підготовки задач ЛО до комп'ютерного розрахунку. На прикладі розв'язання модельних задач проілюстровано, що запропонований підхід може дозволити суттєво спростити розв'язок низки задач ЛО.

5.2.2 Лінійна модель логістичної схеми доставки ресурсів

Порти півдня України мають велике значення в загальному експорті зернових та масляничних культур. Загальна логістична схема такого експорту має такий опис. В Україні є розвинута система терміналів, на яких виконується прийом, зберігання та відвантаження цих ресурсів. За поточною судовою партією (кількість, номенклатура, якість тощо) необхідно забезпечити доставку цих ресурсів в порт. Існує декілька способів доставки ресурсів – залізничним, автомобільним та річковим транспортом. Доцільно сформулювати оптимізаційну задачу – мінімізація доставки ресурсів від терміналів до порту. Складемо математичну модель такої оптимізації.

Нехай маємо множину терміналів $B = [B_1, B_2, B_3, \dots, B_{j_B}]$. На кожному терміналі $B_j, j = 1, 2, \dots, j_B$ накопичено для відвантаження ресурси $S = [S_1, S_2, S_3, \dots, S_{i_s}]$. Граничні запаси ресурсів $S_i, i = 1, 2, \dots, i_s$ подано матрицею $\|b_{ij}\|_{i_s \times j_B}$, де b_{ij} - запаси ресурсу S_i на терміналі B_j . Відома також матриця відстаней від терміналу до кінцевого пункту(порту) $\|l_{jk}\|_{j_B \times k_l}$, де l_{jk} - відстань від терміналу B_j до порту, за умови існування можливості доставки ресурсів k - способом ($k = 1$ - залізницею, $k = 2$ - автомобільним транспортом, $k = 3$ - річковим транспортом). Судова партія подана планом доставки $[s_1^p, s_2^p, s_3^p, \dots, s_{i_s}^p]$, де s_i^p - кількість ресурсу S_i . Відомі також питомі норми

витрат c_{ijk} на доставку одиниці ресурсу S_i від B_j - го терміналу k - способом доставки. Необхідно знайти такий план доставки ресурсів в порт, який виконає судову партію та забезпечить найменші витрати.

Для складання математичної моделі введемо тривимірні змінні величини x_{ijk} - кількість одиниць ресурсу S_i , який відправлено з терміналу B_j , k - способом доставки. В такому разі сумарні витрати на виконання плану доставки ресурсів мають вигляд:

$$W_1 = \sum_{i=1}^{i_s} \sum_{j=1}^{j_B} \sum_{k=1}^3 c_{ijk} l_{jk} x_{ijk} \rightarrow \min$$

Це є цільова функція оптимізаційної задачі. Система обмежень задачі містить два блоки. Перший - вказує на неможливість відвантажити ресурсів більше ніж є в терміналі. Другий – показує, що треба доставити точно замовлену за планом кількість ресурсів.

$$\sum_{k=1}^3 x_{ijk} \leq b_{ij}, \quad i=1, 2, \dots, i_s; \quad j=1, 2, \dots, j_B,$$

$$\sum_{j=1}^{j_B} \sum_{k=1}^3 x_{ijk} = s_i^p, \quad i=1, 2, \dots, i_s.$$

Отже, оптимізаційна модель поставленої логістичної задачі по доставці зернових та масляничних культур має такий вигляд:

$$W_1 = \sum_{i=1}^{i_s} \sum_{j=1}^{j_B} \sum_{k=1}^3 c_{ijk} l_{jk} x_{ijk} \rightarrow \min,$$

$$\Omega_1: \begin{cases} \sum_{k=1}^3 x_{ijk} \leq b_{ij}, \quad i=1, 2, \dots, i_s; \quad j=1, 2, \dots, j_B, \\ \sum_{j=1}^{j_B} \sum_{k=1}^3 x_{ijk} = s_i^p, \quad i=1, 2, \dots, i_s, \\ x_{ijk} \geq 0. \end{cases}$$

Модельний приклад

В межах запропонованої оптимізаційної моделі розв'яжемо модельну задачу. Нехай замовлено три типи ресурсів $S = [S_1, S_2, S_3]$ за планом доставки

$[s_1^p, s_2^p, s_3^p] = [175, 135, 130]$. Ресурси зберігаються на чотирьох терміналах $B = [B_1, B_2, B_3, B_4]$. Реальні запаси ресурсів задано матрицею

$$\|b_{ij}\|_{4 \times 3} = \begin{bmatrix} 65 & 25 & 30 \\ 30 & 40 & 50 \\ 70 & 80 & 60 \\ 45 & 55 & 35 \end{bmatrix}.$$

Відома матриця відстаней $\|l_{ij}\|_{4 \times 3}$ від терміналів до пункту призначення, трьома можливими шляхами (залізниця, авто, річковий транспорт)

$$\|l_{ij}\|_{4 \times 3} = \begin{bmatrix} 165 & 125 & 130 \\ 130 & 140 & 150 \\ 170 & 180 & 160 \\ 145 & 155 & 135 \end{bmatrix}.$$

Подано також питому матрицю витрат $\|c_{ijk}\|_{3 \times 4 \times 3}$ на транспортування одиниці ресурсу від терміналу до пункту призначення. Оскільки вона тривимірна, то будемо задавати її по кожному терміналу двовимірними матрицями

$$C_1 = \begin{bmatrix} 30 & 50 & 200 \\ 40 & 60 & 300 \\ 20 & 40 & 100 \end{bmatrix}, C_2 = \begin{bmatrix} 25 & 55 & 15 \\ 35 & 65 & 25 \\ 25 & 45 & 15 \end{bmatrix},$$

$$C_3 = \begin{bmatrix} 37 & 61 & 18 \\ 34 & 55 & 28 \\ 47 & 70 & 30 \end{bmatrix}, C_4 = \begin{bmatrix} 26 & 56 & 19 \\ 25 & 56 & 19 \\ 20 & 30 & 15 \end{bmatrix}.$$

Оптимізаційна модель для наведених вихідних даних має вигляд

$$\begin{aligned}
W_I = & 4950x_{111} + 6250x_{112} + 26000x_{113} + 3250x_{121} + 7700x_{122} + 2250x_{123} + \\
& + 6290x_{131} + 10980x_{132} + 2880x_{133} + 3770x_{141} + 8680x_{142} + 2565x_{143} + \\
& + 6600x_{211} + 7500x_{212} + 39000x_{213} + 4550x_{221} + 9100x_{222} + 3750x_{223} + \\
& + 5780x_{231} + 9900x_{232} + 4480x_{233} + 3625x_{241} + 8680x_{242} + 2565x_{243} + \\
& + 3300x_{311} + 5000x_{312} + 13000x_{313} + 3250x_{321} + 6300x_{322} + 2250x_{323} + \\
& + 6800x_{331} + 12600x_{332} + 4800x_{332} + 2900x_{341} + 4650x_{342} + 2025x_{343} \rightarrow \min
\end{aligned}$$

$$\Omega_I : \left\{ \begin{array}{l}
x_{111} + x_{112} + x_{113} \leq 65, \\
x_{121} + x_{122} + x_{123} \leq 30, \\
x_{131} + x_{132} + x_{133} \leq 70, \\
x_{141} + x_{142} + x_{143} \leq 45, \\
x_{211} + x_{212} + x_{213} \leq 25, \\
x_{221} + x_{222} + x_{223} \leq 40, \\
x_{231} + x_{232} + x_{233} \leq 80, \\
x_{241} + x_{242} + x_{243} \leq 55, \\
x_{311} + x_{312} + x_{313} \leq 30, \\
x_{321} + x_{322} + x_{323} \leq 50, \\
x_{331} + x_{332} + x_{333} \leq 60, \\
x_{341} + x_{342} + x_{343} \leq 355, \\
x_{111} + x_{112} + x_{113} + x_{121} + x_{122} + x_{123} + x_{131} + x_{132} + x_{133} + x_{141} + x_{142} + x_{143} = 175, \\
x_{211} + x_{212} + x_{213} + x_{221} + x_{222} + x_{223} + x_{231} + x_{232} + x_{233} + x_{241} + x_{242} + x_{243} = 135, \\
x_{311} + x_{312} + x_{313} + x_{321} + x_{322} + x_{323} + x_{331} + x_{332} + x_{333} + x_{341} + x_{342} + x_{343} = 130, \\
x_{ijk} \geq 0, \quad i = 1, 2, 3; \quad j = 1, 2, 3, 4; \quad k = 1, 2, 3.
\end{array} \right.$$

Враховуючи велику розмірність задачі була розроблена програма оптимізаційного розрахунку в середовищі комп'ютерного пакету символної математики Maple®. Вихідний код програми наведено Додатку В.

В результаті такого розрахунку визначається оптимальний план доставки x_{ijk} , який зручно представити у вигляді чотирьох матриць $[X_1, X_2, X_3, X_4]$ доставки ресурсів з терміналів $[B_1, B_2, B_3, B_4]$. Остаточню маємо:

$$X_1 = \begin{bmatrix} 30 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 30 & 0 & 0 \end{bmatrix}, X_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 30 \\ 0 & 0 & 40 \\ 0 & 0 & 50 \end{bmatrix}, X_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 70 \\ 0 & 0 & 40 \\ 0 & 0 & 15 \end{bmatrix}, X_4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 45 \\ 0 & 0 & 55 \\ 0 & 0 & 35 \end{bmatrix}.$$

Наведений план забезпечує мінімізацію витрат на доставку ресурсів з терміналів до порту за судовою партією.

Зауважимо, за наведеними вище методиками спрощення оптимізаційних задач можна суттєво зменшити кількість змінних з 36 до 12. Таке спрощення забезпечить методика переходу до двоїстої задачі ЛО.

5.3. Практичні аспекти використання редуції в методології управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності

Розглянемо модельний приклад розв'язку п'ятивимірної задачі лінійної оптимізації, яка ґрунтується на такому проектуванні багатовимірного простору на двовимірний простір.

Модельний приклад

Задачу лінійної оптимізації розв'язати методом проектування на двовимірні координатні площини

$$\begin{aligned} W_1 &= 4x_1 + 14x_2 + 2x_3 - 100 \rightarrow \max, \\ \Omega_1 : \begin{cases} 5x_1 + 11x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 118, \\ x_1 - 5x_2 - x_3 + 2x_5 = -28, \\ 7x_1 + 6x_2 + x_4 + 5x_5 = 101, \\ x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, 4, 5. \end{cases} \end{aligned} \quad (5.9)$$

Розв'язок. Метод проектування або спрощення задачі лінійної оптимізації(ЛО) полягає у переході від канонічної форми представлення задачі ЛО до стандартної. Такий перехід виконують розв'язком системи методом Жордана-Гаусса. В якості базисних змінних обираємо довільні змінні, на початку візьмемо таку трійку - x_3, x_4, x_5 .

Проекція на Ox_1x_5

Табл. 5.15

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	b	Σ
	5	11	1	1	-1	118	135
	1	-5	-1	0	2	-28	-31
	7	6	0	1	2	101	117
W_I	4	14	2	0	0	100	
	-5	-11	-1	-1	1	-118	-135
	11	17	1	2	0	208	239
	17	28	2	3	0	337	387
W_I	4	14	2	0	0	100	
	6	6	0	1	1	90	104
	11	17	1	2	0	208	239
	-5	-6	0	-1	0	-79	-91
W_I	-18	-20	0	-4	0	-316	
	1	0	0	0	1	11	13
	1	5	1	0	0	50	57
	5	6	0	1	0	79	91
W_I	2	4	0	0	0	0	

В результаті виключення маємо розв'язану систему

$$\begin{cases} x_1 + x_5 = 11, \\ x_1 + 5x_2 + x_3 = 50, \\ 5x_1 + 6x_2 + x_4 = 79. \end{cases} \quad (5.10)$$

Відкидаючи невід'ємні базисні змінні, забезпечуємо проектування вихідної багатовимірної задачі на двовимірну координатну площину Ox_1x_2 :

$$\begin{aligned} W_I &= 2x_1 + 4x_2 \rightarrow \max, \\ \Omega_I^{Ox_1x_2} &: \begin{cases} x_1 \leq 11, \\ x_1 + 5x_2 \leq 50, \\ 5x_1 + 6x_2 \leq 79, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases} \end{aligned} \quad (5.11)$$

Графічний розв'язок наведено на рис.5.3.

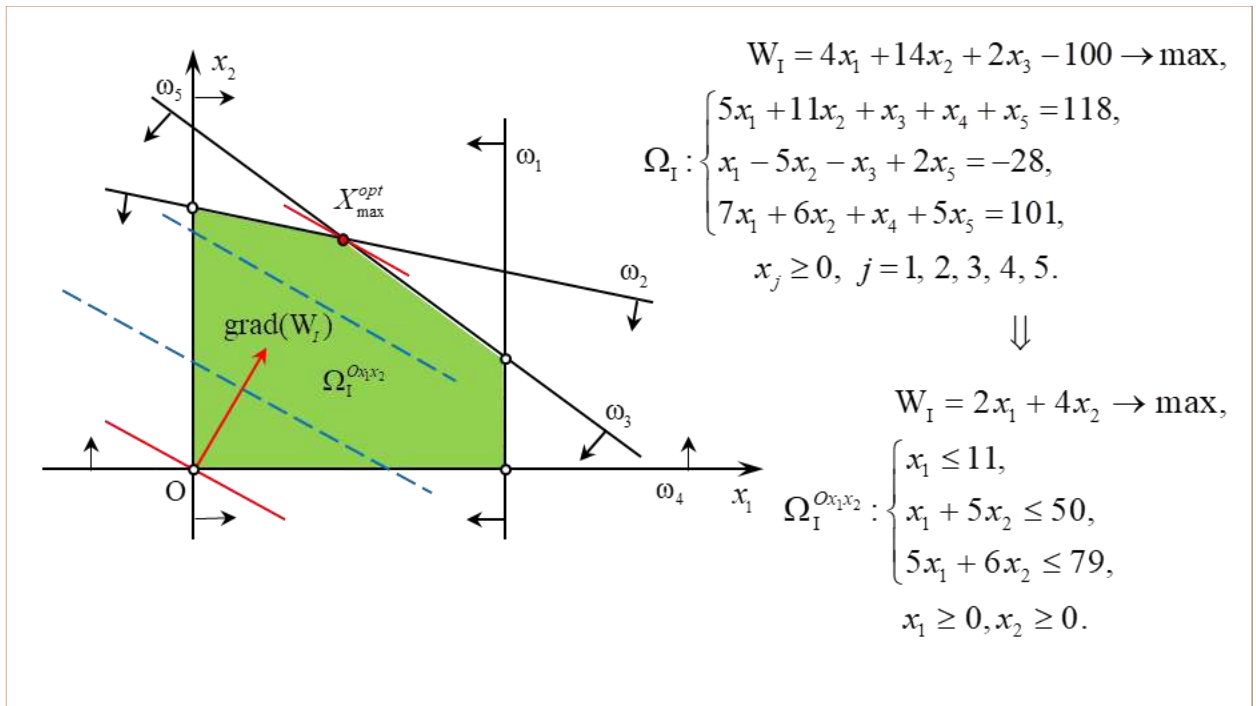


Рис. 5.3. Графічний метод розв'язку. Проекція на Ox_1x_2

Координати оптимальної вершини знаходимо з розв'язку системи

$$X_{\max}^{\text{opt}} : \omega_2 \times \omega_3 \Leftrightarrow \begin{cases} x_1 + 5x_2 = 50, \\ 5x_1 + 6x_2 = 79, \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_1 = 5, \\ x_2 = 9. \end{cases}$$

Оптимальний розв'язок вихідної задачі обчислюємо з (5.10):

$$X_{\max}^{\text{opt}} = [5, 9, 0, 0, 6].$$

Максимальне значення цільової функції буде $W_I^{\max} = 46$.

Проекція на Ox_2x_5

Обираємо базисними змінними x_1, x_3, x_4 . Розв'язуємо вихідну систему обмежень відносно змінних x_1, x_3, x_4 методом Жордано-Гаусса (табл.5.16), але використовуємо еквівалентну до (1) систему (2).

Табл.5.16

	1	0	0	0	1	11	13
	1	5	1	0	0	50	57
	5	6	0	1	0	79	91
W_I	2	4	0	0	0	0	
	1	0	0	0	1	11	13
	0	5	1	0	-1	39	44
	0	6	0	1	-5	24	26
W_I	0	4	0	0	-2	-22	

Таблиці 3 надає розв'язану систему з базисними змінними x_1, x_3, x_4

$$\begin{cases} x_1 + x_5 = 11, \\ 5x_2 + x_3 - x_5 = 39, \\ 6x_2 + x_4 - 5x_5 = 24. \end{cases} \quad (5.12)$$

Нехтуючи невід'ємними базисними змінними x_3, x_4, x_5 виконуємо перехід до обмежень-нерівностей. Проекція п'ятивимірного поліедру вихідної задачі (5.9) на координатну площину Ox_2x_5 , має вигляд:

$$\begin{aligned} W_I &= 4x_2 - 2x_5 + 22 \rightarrow \max \\ \Omega_I^{Ox_2x_5} &: \begin{cases} x_5 \leq 11, \\ 5x_2 - x_5 \leq 39, \\ 6x_2 - 5x_5 \leq 24, \\ x_2 \geq 0, x_5 \geq 0. \end{cases} \end{aligned} \quad (5.13)$$

Графічний розв'язок задачі наведено на рис.5.4, де $\omega_1 : x_5 = 11$, $\omega_2 : 5x_2 - x_5 = 39$, $\omega_3 : 6x_2 - 5x_5 = 24$, $\omega_4 : x_2 = 0$, $\omega_5 : x_5 = 0$.

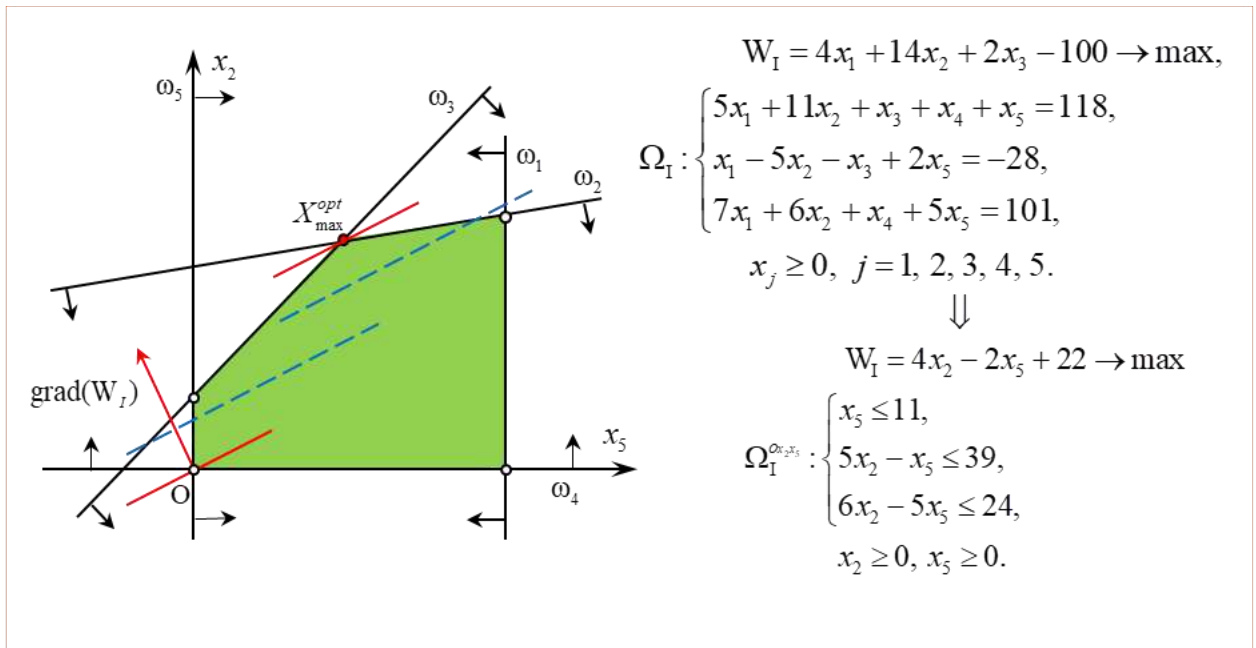


Рис. 5.4. Графічний метод розв'язку. Проекція на Ox_2x_5

Оптимальна вершина має координати $x_2 = 9$, $x_5 = 6$. Координати x_3 , x_4 , x_5 обчислюємо з системи (5.11). Остаточно $X_{\max}^{\text{opt}} = [5, 9, 0, 0, 6]$ і збігається з попереднім розрахунком, що підтверджує правильність виконаних розрахунків.

5.4. Практичні аспекти бінарної інтерпретації в методології управління програмами підготовки фахівців.

Дискретна бінарна інтерпретація дозволяє розв'язувати поставлену проблему призначення фахівців на посади або здійснювати розподіл їх зусиль в управлінських процесах.

Класична задача про призначення відіграє важливу роль в моделях та методах комбінаторної (дискретної) оптимізації. Задача належить до так званих задач булевої оптимізації, де невідомі приймають значення 0 або 1.

Модельний приклад

Розв'язати класичну задачу про призначення подану матрицею розподілу

$$C = \begin{bmatrix} 4 & 3 & 9 & 4 & 9 \\ 7 & 8 & 9 & 1 & 2 \\ 4 & 7 & 8 & 1 & 6 \\ 4 & 1 & 7 & 2 & 9 \\ 5 & 9 & 9 & 4 & 3 \end{bmatrix}.$$

Маємо класичну задачу про призначення у вигляді:

$$W_I = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min,$$

$$\Omega_I : \begin{cases} \sum_{i=1}^4 x_{ij} = 1, & j = 1, 2, 3, 4, \\ \sum_{j=1}^4 x_{ij} = 1, & i = 1, 2, 3, 4, \\ x_{ij} = 0 \vee 1, & i, j = 1, 2, 3, 4. \end{cases} \quad (5.14)$$

Для розв'язку задачі угорським методом виконуємо перший крок модифікації матриці C

$$C = \begin{bmatrix} 4 & 3 & 9 & 4 & 9 \\ 7 & 8 & 9 & 1 & 2 \\ 4 & 7 & 8 & 1 & 6 \\ 4 & 1 & 7 & 2 & 9 \\ 5 & 9 & 9 & 4 & 3 \end{bmatrix} \begin{matrix} \min \\ 3 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 3 \end{matrix} \xrightarrow{\text{Перший крок}} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 6 & 1 & 6 \\ 6 & 7 & 8 & 0 & 1 \\ 3 & 6 & 7 & 0 & 5 \\ 3 & 0 & 6 & 1 & 8 \\ 2 & 6 & 6 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} \min \\ 1 \\ 0 \\ 6 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} \xrightarrow{\text{Перший крок}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 6 \\ 5 & 7 & 2 & 0 & 1 \\ 2 & 6 & 1 & 0 & 5 \\ 2 & 0 & 0 & 1 & 8 \\ 1 & 6 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Згідно з вимогами другого кроку пересвідчуємось, що у модифікованій матриці C неможливо обрати по одному нулю у кожному рядку та стовпчику. Необхідно перейти до третього кроку алгоритму угорського методу.

Найменшою кількістю взаємно перпендикулярних прямих ліній викреслюємо всі нулі поточної матриці C та виконуємо алгоритм третього

кроку. Після цього аналізуємо можливість обирання по одному нулю у рядках та стовпчиках.

$$\begin{array}{c}
 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 6 \\ 5 & 7 & 2 & 0 & 1 \\ 2 & 6 & 1 & 0 & 5 \\ 2 & 0 & 0 & 1 & 8 \\ 1 & 6 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{Третій крок}} \begin{bmatrix} \cancel{0} & \cancel{0} & \cancel{0} & \cancel{1} & \cancel{6} \\ 5 & 7 & 2 & 0 & 1 \\ 2 & 6 & 1 & 0 & 5 \\ \cancel{2} & \cancel{0} & \cancel{0} & \cancel{1} & \cancel{8} \\ \cancel{1} & \cancel{6} & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{Третій крок}} \\
 \\
 \xrightarrow{\text{Третій крок}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 2 & 6 \\ 4 & 6 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 5 & 0 & 0 & 4 \\ 1 & 0 & 0 & 2 & 8 \\ 1 & 6 & 0 & 2 & 0 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{Третій крок}} \begin{bmatrix} \textcircled{0} & 0 & 0 & 2 & 6 \\ 4 & 6 & 1 & 0 & \textcircled{0} \\ 1 & 5 & 0 & \textcircled{0} & 4 \\ 1 & \textcircled{0} & 0 & 2 & 8 \\ 1 & 6 & \textcircled{0} & 2 & 0 \end{bmatrix} .
 \end{array}$$

Один з двох можливих варіантів обирання по одному нулю в кожному рядку та стовпчику наведено червоними колами. Таким чином задача розв'язана. Знайдено оптимальний розподіл в класичній задачі про призначення, який забезпечує мінімальне значення цільової функції.

Оптимальний розподіл

$$X_{\min}^{\text{opt}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

і відповідне значення цільової функції

$$W_{\min}^{\text{opt}} = 4 + 2 + 1 + 1 + 9 = 17.$$

Зауваження:

Ідея викреслювання рядків та стовпчиків, в алгоритмі угорського методу, підкорюється не випадковому закону, а детермінованому тлумаченню, яке базується на теоремі про число максимально незалежних елементів бінарних матриць.

Назвемо два елемента матриці незалежними, якщо вони не лежать на одній лінії. Лінією матриці називають її рядок або стовпчик. На підставі введених понять виконується теорема.

Теорема. Максимальне число незалежних одиниць довільної бінарної матриці дорівнює мінімальному числу ліній, які містять всі одиниці матриці.

Наведемо приклад, який інтерпретує теорему. Розглядаємо матрицю

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Одиничні елементи матриці A містяться у другому та четвертому стовпчиках та у четвертому та п'ятому рядках. Варіант викреслювання найменшою кількістю ліній всіх одиниць матриці має такий вигляд

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ \hline 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

З огляду на це, максимальна кількість незалежних одиниць матриці рівна чотирьом.

Задача про призначення пов'язана з комбінаторними конфігураціями, оскільки оперує бінарними матрицями. Розглянемо приклад, який проінтерпретує такий взаємозв'язок.

Нехай маємо семиелементну множину $U = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]$. Необхідно записати триелементні підмножини множини U , за умови, що довільні два, але різні елементи цих підмножин, містяться тільки в одній з них. Неважко перевірити, що такими підмножинами буде наступна конфігурація

$$\{1, 2, 4\}, \{1, 3, 7\}, \{1, 5, 6\}, \{2, 3, 5\}, \{2, 6, 7\}, \{3, 4, 6\}, \{4, 5, 7\}.$$

Наведеній комбінаторній конфігурації поставимо у відповідність матрицю інцидентності

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Звернемо увагу на той факт, що кількість одиниць у кожному рядку та стовпчику однакова і рівна трьом. Це дозволяє розглядати таку матрицю інцидентності як узагальнену матрицю призначення X .

Наявність матриці інцидентності, яка відповідає матриці розподілу задачі про призначення, дозволила перейти до використання математичного апарату теорії графів.[5.3,5.4,5.5] Так і сталось, що історично алгоритм угорського методу було розроблено як задачу знаходження мінімального потоку(паросполучень) на дводольному графі.

Модельний приклад

Знайти мінімальний розв'язок задачі про призначення

$$C = \begin{bmatrix} 8 & 9 & 1 & 6 \\ 7 & 7 & 3 & 3 \\ 5 & 3 & 8 & 3 \\ 1 & 1 & 3 & 5 \end{bmatrix}$$

з глибиною узагальнення $k = 3$.

Розв'язок:

Маємо наступну математичну модель

$$W_I = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min ,$$

$$\Omega_I : \begin{cases} \sum_{i=1}^n x_{ij} = 3, & j=1,2,3,4, \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = 3, & i=1,2,3,4, \end{cases} \quad (5.15)$$

$$x_{ij} = 0 \vee 1, \quad i, j = 1,2,3,4.$$

Розбиваємо задачу на три кроки. На першому кроці розв'язуємо задачу за умови

$$\Omega_I : \begin{cases} \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, & j=1,2,3,4, \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, & i=1,2,3,4, \end{cases} \quad (5.16)$$

$$x_{ij} = 0 \vee 1, \quad i, j = 1,2,3,4.$$

Маємо

$$C = \begin{bmatrix} 8 & 9 & 1 & 6 \\ 7 & 7 & 3 & 3 \\ 5 & 3 & 8 & 3 \\ 1 & 1 & 3 & 5 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{Угорський метод}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

На другому кроці фіксуємо знайдений оптимальний план попереднього становища системи підстановкою великих значень на місця оптимального розв'язку у матрицю C (позначені червоним кольором). Для нової матриці $C^{(1)}$ виконуємо оптимальний розв'язок. В результаті отримаємо:

$$C^{(1)} = \begin{bmatrix} 8 & 9 & 9 & 6 \\ 7 & 7 & 3 & 9 \\ 5 & 9 & 8 & 3 \\ 9 & 1 & 3 & 5 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{Угорський метод}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

На третьому кроці виконуємо аналогічні підстановки і в результаті маємо такий оптимальний розрахунок

$$C^{(2)} = \begin{bmatrix} 8 & 9 & 9 & 9 \\ 7 & 7 & 9 & 9 \\ 9 & 9 & 8 & 3 \\ 9 & 9 & 3 & 5 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{Угорський метод}} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Об'єднуючи попередньо виконані три кроки отримаємо остаточний розрахунок у вигляді наступного плану

$$X_{\min}^{opt} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Оптимальне значення цільової функції буде рівно $W_I(X_{\min}^{opt}) = 44$.

Комп'ютерні розрахунки та порівняння з розрахунками за запропонованим алгоритмом.

Нехай задача про призначення подана матрицею розподілу

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 7 & 8 & 1 & 6 \\ 4 & 1 & 7 & 2 & 9 & 5 & 9 \\ 9 & 4 & 3 & 4 & 6 & 4 & 4 \\ 8 & 2 & 7 & 2 & 5 & 3 & 5 \\ 7 & 5 & 4 & 6 & 8 & 2 & 6 \\ 8 & 4 & 8 & 7 & 9 & 4 & 3 \\ 2 & 9 & 1 & 1 & 5 & 2 & 4 \end{bmatrix}.$$

Знайти оптимальний розв'язок узагальненої задачі з глибиною $k=3$.

Розв'язок:

Маємо наступну математичну модель

$$W_I = \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^7 c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min,$$

$$\Omega_I : \begin{cases} \sum_{i=1}^n x_{ij} = 3, & j=1,2,\dots,7, \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = 3, & i=1,2,\dots,7, \end{cases} \quad (5.17)$$

$$x_{ij} = 0 \vee 1, \quad i, j=1,2,\dots,7.$$

На початку наведемо розв'язок задачі за запропонованою методикою. Розбиваємо задачу на три кроки. На першому кроці розв'язуємо задачу за умови

$$\Omega_I : \begin{cases} \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, & j=1,2,\dots,7, \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, & i=1,2,\dots,7, \end{cases}$$

$$x_{ij} = 0 \vee 1, \quad i, j=1,2,\dots,7.$$

Виконуємо перший крок модифікації матриці C

$$C = \begin{array}{cccccccc} & & & & & & & \min \\ \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 7 & 8 & 1 & 6 \\ 4 & 1 & 7 & 2 & 9 & 5 & 9 \\ 9 & 4 & 3 & 4 & 6 & 4 & 4 \\ 8 & 2 & 7 & 2 & 5 & 3 & 5 \\ 7 & 5 & 4 & 6 & 8 & 2 & 6 \\ 8 & 4 & 8 & 7 & 9 & 4 & 3 \\ 2 & 9 & 1 & 1 & 5 & 2 & 4 \end{bmatrix} & \begin{matrix} 1 \\ 1 \\ 3 \\ 2 \\ 2 \\ 3 \\ 1 \end{matrix} & \xrightarrow{\text{Перший крок}} & C^{(1)} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 3 & 6 & 7 & 0 & 5 \\ 3 & 0 & 6 & 1 & 8 & 4 & 8 \\ 6 & 1 & 0 & 1 & 3 & 1 & 1 \\ 6 & 0 & 5 & 0 & 3 & 1 & 3 \\ 5 & 3 & 2 & 4 & 6 & 0 & 4 \\ 5 & 1 & 5 & 4 & 6 & 1 & 0 \\ 1 & 8 & 0 & 0 & 4 & 1 & 3 \end{bmatrix} \\ & & & \min & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \end{array}$$

$$\xrightarrow{\text{Перший крок}} C^{(2)} = \begin{bmatrix} \textcircled{0} & 1 & 3 & 6 & 4 & 0 & 5 \\ 3 & \textcircled{0} & 6 & 1 & 5 & 4 & 8 \\ 6 & 1 & 0 & 1 & \textcircled{0} & 1 & 1 \\ 6 & 0 & 5 & \textcircled{0} & 0 & 1 & 3 \\ 5 & 3 & 2 & 4 & 3 & \textcircled{0} & 4 \\ 5 & 1 & 5 & 4 & 3 & 1 & \textcircled{0} \\ 1 & 8 & \textcircled{0} & 0 & 1 & 1 & 3 \end{bmatrix}.$$

Згідно з вимогами другого кроку угорської методики у модифікованій матриці $C^{(2)}$ перевіряємо можливість обрати по одному нулю у кожному рядку та стовпчику. Така можливість існує. Відповідні елементи обведено червоними колами, тому третій крок угорської методики виконувати немає потреби. Отримано розв'язок першої ітерації загальної задачі.

$$X_{opt}^{(1)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, W_I^{(1)}(X_{opt}^{(1)}) = 16.$$

Для початку другого етапу розв'язку задачі позиції матриці призначення, які відповідають оптимального розв'язку першого етапу, замінюємо на гранично великі значення (для прикладу достатньо значення 9). В результаті маємо початкову матрицю другого етапу розрахунків у вигляді штучно введені значення виділено червоним кольором)

$$C^{(3)} = \begin{bmatrix} 9 & 2 & 4 & 7 & 8 & 1 & 6 \\ 4 & 9 & 7 & 2 & 9 & 5 & 9 \\ 9 & 4 & 3 & 4 & 9 & 4 & 4 \\ 8 & 2 & 7 & 9 & 5 & 3 & 5 \\ 7 & 5 & 4 & 6 & 8 & 9 & 6 \\ 8 & 4 & 8 & 7 & 9 & 4 & 9 \\ 2 & 9 & 9 & 1 & 5 & 2 & 4 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{Перший крок}} \begin{bmatrix} 8 & 1 & 3 & 6 & 7 & 0 & 5 \\ 2 & 7 & 5 & 0 & 7 & 3 & 7 \\ 6 & 1 & 0 & 1 & 6 & 1 & 1 \\ 6 & 0 & 5 & 7 & 3 & 1 & 3 \\ 3 & 1 & 0 & 2 & 4 & 5 & 2 \\ 4 & 0 & 4 & 3 & 5 & 0 & 5 \\ 1 & 8 & 8 & 0 & 4 & 1 & 3 \end{bmatrix}$$

$$\xrightarrow{\text{Перший крок}} C^{(4)} = \begin{bmatrix} 7 & 1 & 3 & 6 & 4 & 0 & 4 \\ 1 & 7 & 5 & 0 & 4 & 3 & 6 \\ 5 & 1 & 0 & 1 & 3 & 1 & 0 \\ 5 & 0 & 5 & 7 & 0 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 0 & 2 & 1 & 5 & 1 \\ 3 & 0 & 4 & 3 & 2 & 0 & 4 \\ 0 & 8 & 8 & 0 & 1 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

Маємо розв'язок другого етапу

$$X_{opt}^{(2)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, W_I^{(2)}(X_{opt}^{(2)}) = 22.$$

Виконуємо аналогічні перетворення на третьому етапі розрахунків.

$$C^{(5)} = \begin{bmatrix} 7 & 1 & 3 & 6 & 4 & 9 & 4 \\ 1 & 7 & 5 & 9 & 4 & 3 & 6 \\ 5 & 1 & 0 & 1 & 3 & 1 & 9 \\ 5 & 0 & 5 & 7 & 9 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 9 & 2 & 1 & 5 & 1 \\ 3 & 9 & 4 & 3 & 2 & 0 & 4 \\ 9 & 8 & 8 & 0 & 1 & 1 & 2 \end{bmatrix}.$$

Оптимальний розв'язок третього етапу розрахунків представляється у вигляді:

$$X_{opt}^{(3)} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, W_I^{(3)}(X_{opt}^{(3)}) = 27.$$

Об'єднуючи всі три ітерації можемо отримати розв'язок поставленої задачі, як суму

$$X_{opt}^{\min} = X_{opt}^{(1)} + X_{opt}^{(2)} + X_{opt}^{(3)} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Відповідне значення цільової функції

$$W_1(X_{opt}^{\min}) = 16 + 22 + 27 = 65$$

Для перевірки достовірності розв'язку виконаємо порівняння отриманого ручного розрахунку з комп'ютерним розв'язком за розробленою програмою в середовищі пакету символної математики Maple. Фрагмент вихідного коду програми наведений нижче:

Результати розрахунків за цією програмою

@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 7 & 8 & 1 & 6 \\ 4 & 1 & 7 & 2 & 9 & 5 & 9 \\ 9 & 4 & 3 & 4 & 6 & 4 & 4 \\ 8 & 2 & 7 & 2 & 5 & 3 & 5 \\ 7 & 5 & 4 & 6 & 8 & 2 & 6 \\ 8 & 4 & 8 & 7 & 9 & 4 & 3 \\ 2 & 9 & 1 & 1 & 5 & 2 & 4 \end{bmatrix}$$

@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@

Binary

$$X_{optmin} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$W_{\min} = 65$$

@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@

Як видно вони повністю збігаються з розрахунками за запропонованою методикою.

Альтернативним комп'ютерним розрахунком був розрахунок в середовищі пакету символної математики Mathematica.

Результати розрахунків модельної задачі за цією програмою мають вигляд:

Матриця C

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 & 7 & 8 & 1 & 6 \\ 4 & 1 & 7 & 2 & 9 & 5 & 9 \\ 9 & 4 & 3 & 4 & 6 & 4 & 4 \\ 8 & 2 & 7 & 2 & 5 & 3 & 5 \\ 7 & 5 & 4 & 6 & 8 & 2 & 6 \\ 8 & 4 & 8 & 7 & 9 & 4 & 3 \\ 2 & 9 & 1 & 1 & 5 & 2 & 4 \end{pmatrix}$$

Оптимальний розподіл X_{\min}^{opt}

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Графічна інтерпретація оптимального розподілу X_{\min}^{opt} представлена на рис.5.5.

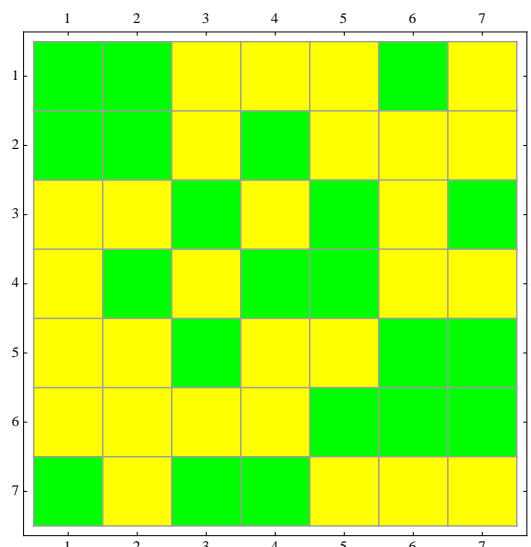


Рис. 5.5. Графічна інтерпретація оптимального розподілу X_{\min}^{opt}

Як видно з розрахунків - результати збігаються.

Отже, виконано формалізований підхід до складання класичної задачі про призначення. Наведено розв'язок модельної задачі Угорським методом. Вихідний код комп'ютерних програм наведено в додатку D

5.5. Висновки до розділу 5

У розділі 5 було виконано:

1. Комп'ютерні розрахунки (програмний вихідний код Додаток А) математичної моделі теоретико-ігрового підходу в задачах когнітивного управління дозволяють здійснювати оптимальний вибір стратегії в управлінні підготовкою фахівців.
2. Практичне моделювання концепції дискретизації в методах аналізу когнітивного управління з подальшою комп'ютерною реалізацією (програмний вихідний код Додаток В) дозволило прискорити збіжність відомих алгоритмів управління.
3. Комп'ютерне моделювання (програмний вихідний код Додаток В) лінійної моделі логістичної схеми дозволило оптимізувати стандартні шляхи доставки ресурсів.

4. Реалізація комп'ютерного експерименту (програмний вихідний код Додаток С) редуційних підходів в методології програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності дозволила порівняти результати розрахунків в умовах проектування багатовимірного простору на двовимірну площину.

5. Комп'ютерний аналіз моделей дискретної бінарної інтерпретації в методології управління програмами підготовки фахівців оптимізує розподіл зусиль в управлінських процесах. Розроблені комп'ютерні програми для альтернативних розрахунків на базі двох платформ Maple та Wolfram Mathematica (програмні вихідні коди Додаток D) дозволяють виконувати порівняльні розрахунки та приймати ефективні рішення поставлених задач у формалізованих задачах про призначення.

5.6. Список використаних джерел до розділу 5

5.1. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій. – Київ: ЗАТ “ВІПОЛ”, 2000. – 688 с. 2.

5.2 M. Deza, P. Frankl, Erdős–Ko–Rado Theorem—22 years later, SIAM J. Algebra Discrete Math. 4 (1983) 419–431.

5.3. Kuhn H. V. The Hungarian method for the assignment problems. Naval. Res. Logist. Quart. 2 (1955), 83-97.

5.4. Kuhn H. V. Variants of the Hungarian method for the assignment problems. Naval. Res. Logist. Quart. 3 (1956), 253-258.

5.5. Konig D. Theory of finite and infinite graphs. Boston: Birkhauser, 1990. 426 p. doi: 10.1007/978-1-4684-8971-2

5.6. Бондаренко М.Ф., Білоус Н.В., Руткас А.Г. Комп'ютерна дискретна математика: - Харків, 2004. - 480 с.

5.7. Kenneth H. Rosen Discrete Mathematics and Its Applications 2002 by McGrawHill Science, 928 p.

5.8. І.М. Кузьменко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. — 71 с.

- 5.9. Нікольський Ю. В., Пасічник В. В., Щербина Ю. М. Дискретна математика. — К.: Видавнича група ВНУ, 2007. — 368 с.
- 5.10. Burkard, Rainer; M. Dell'Amico, S. Martello (2012). Assignment Problems (Revised reprint). SIAM. ISBN 978-1-61197-222-1.
- 5.11. Бех О. В. Математичне програмування : навч. посіб. / О. В. Бех, Т. А. Городня, А. Ф. Щербак. — Львів : Магнолія-2006, 2014. — 200 с.
- 5.12. Дзюбан І. Ю. Методи дослідження операцій / І. Ю. Дзюбан, О. Л. Жиров, О. Г. Охріменко. — Київ : ІВЦ «Видавництво «Політехніка », 2005. — 108 с.
- 5.13. Дослідження операцій в економіці : підручник / за ред. І. К. Федоренко, О. І. Черняка. — Київ : Знання, 2007. — 558 с. — (Вища освіта XXI століття).
- 5.14. Крушевський А. В. Математичне програмування в економіці та управлінні : навч.-метод. посіб. / А. В. Крушевський, М. Ф. Тимчук. — Київ : ІММБ, 2001. — 107с.
- 5.15. Толбатов Ю. А. Математичне програмування : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Ю. А. Толбатов, Є. Ю. Толбатов. — Тернопіль : Підручники і посібники, 2008. — 432 с.
- 5.16. Чернова, Лд., Титов, С., Чернова, Лб. Виродженість ров'язку біматричної некооперативної гри. Зб. матеріалів XV міжнар. наук.-практ. конф.: Управління проєктами: Стан та перспективи. Миколаїв, 2019. С.73-74.
- 5.17. Ford GW, Uhlenbeck GE. COMBINATORIAL PROBLEMS IN THE THEORY OF GRAPHS. I. Proc Natl Acad Sci U S A. 1956 Mar; 42(3):122–12.
- 5.18. Chernov, S., Titov, S., Chernova, L., Kunanets, N., The maple® symbolic mathematics system the method of projections for discrete optimization problems. Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications (ICTERI 2019). Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019. P.231-249.
- 5.19. Чернов, С., Титов, С., Чернова, Лб. З досвіду використання пакету символічної математики Maple® у вивченні дисципліни “Математичні моделі

та методи в управлінні проєктами”. Зб. матеріалів XVI Міжнародної наук.-
практ. конф.: Управління проєктами: стан та перспективи. Миколаїв, 2020.
С.130-143.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

В дисертаційній роботі вирішена важлива науково-прикладна проблема— розробка нових механізмів когнітивного підходу для розв’язання завдань управління стратегією змін в організаційно-технічних системах через програми, які дозволять підвищити ефективність управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності.

1. Проведено аналіз сучасних методологій управління складними організаційно-технічними системами, визначено їхні особливості; розглянуті основні підходи та стандарти до управління проектами та програмами і виконаний огляд сучасних рішень щодо застосування когнітивних механізмів управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності.

В межах цих досліджень оглянуто сценарний підхід до процесів підготовки та прийняття рішень в управлінні проектами підготовки фахівців, що веде до відсікання неможливих ситуацій для генерування альтернативних варіантів управлінських рішень. Проаналізовані моделі та методи планування в управлінні проектами та програмами в умовах невизначеності. Розглянуто різні типи календарних планів з структуруванням цілей щодо досягнення цих планів з ви-користанням методу критичного шляху. Розглянуто методіку когнітивного аналізу складних ситуацій з побудовою когнітивної (графової) моделі проблемної ситуації і сценарним підходом до моделювання та поділенням на етапи реалізації когнітивної моделі. Це все підтверджує, що для отримання обґрунтованих управлінських рішень щодо стабілізації стану потрібен сучасний математичний інструментарій.

2. Розроблені теоретичні основи застосування когнітивних механізмів управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності, а саме:

— визначені етапи управління слабоструктурованими системами та ситуаціями з напрямків сучасної теорії підтримки та прийняття рішень та за допомогою когнітивного моделювання;

- розроблена когнітивна карта у функціональній структурі поля знань, запропонований метод пошуку структурних рішень, заснований на цій моделі;
- запропоновано інформаційний підхід у контексті управління програмами підготовки фахівців, що дозволило подати неструктуровану інформацію освітньої системи у вигляді інформаційного поля; виділити та структурувати інформаційні потоки системи; здійснити проектування інформаційної системи управління програмами підготовки фахівців та обробити кількісну інформацію про хід освітньої діяльності як структурований набір даних про стан системи або перебіг освітніх процесів для прийняття управлінських рішень у поточний час;
- розроблений функціональний граф елементів навчального процесу фахівця;
- доведено, що верифікація та застосування когнітивних моделей підвищують обґрунтованість прийняття управлінських рішень у складному, багатофакторному та варіабельному середовищі;
- розвинуто термінологічний базис управління проектами та програмами за рахунок подальшого розвитку поняття ключової компетенції. Ключовою названо компетенцію вищого порядку, що бере участь в створенні найбільшої споживчої цінності, яка є колективним знанням, що дозволяє організувати і управляти використанням інших компетенцій і здібностей, і тим самим створювати додаткову споживчу цінність.

3. Автором вперше розроблена концептуальна модель когнітивного управління проектами та програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності, яка ґрунтується на автоматизації управління, алгоритмізації та системному підході до прийняття рішень. Впровадження концептуальної моделі із застосуванням когнітивних механізмів перетворення інформації сприяє досягненню певної мети в удосконаленні трансформації поточних знань та прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності або ризиків.

Модель когнітивної технології базується на генетичній платформі проєктів підготовки фахівців. Генетична платформа знаходиться в «центрі компетенції» і є «енергетичним центром», містить генетичні алгоритми навігації програми підготовки. Генетична платформа містить базові терміни, регламенти правила визначення цінності та структури програм підготовки, що забезпечують навігацію проєктів програми та її розвитку.

4. Розроблені принципи формування стратегії вирішення слабоструктурованих проблем на основі когнітивних моделей, як необхідний структурний елемент сучасного управління програмами підготовки фахівців, що має свою стратегію, тактику, оперативну реалізацію.

5. Побудовані моделі когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності, а саме:

- модель зрілості 4К (компетентнісна, когнітивна, форсайтна та біадаптив-на) за рахунок інтеграції чотирьох підходів до зростання технологічної зрілості організацій в галузі управління проєктами та програмами, при цьому було проведено експериментальне дослідження впливу моделі 4К на розвиток компетентності на основі методу експертних оцінок;

- проаналізовано застосування компетентної, когнітивної, форсайтної та біадаптивної в моделей в контексті рівнів зрілості для моделі Гарольда Керцнера;

- проведено експериментальне дослідження впливу моделі 4К на розвиток компетентності на основі методу експертних оцінок. Розробка 4К-моделі зрілості управління проєктами та моделювання її експериментального впровадження підтвердило доцільність використання усіх 4-х типів моделей;

- моделі оптимальної поведінки гравців на базі поглибленого аналізу можливості умовного розбиття біматричної гри на дві матричні антагоністичні гри з нульовою сумою;

- запропоновано модель ключової компетенції програми біадаптивного розвитку проєктно-орієнтованої організації.

6. Розроблені методи підвищення ефективності аналізу когнітивного управління підготовкою фахівців, а саме:

– метод редукції в задачах лінійної оптимізації, який ґрунтується на проєктуванні багатовимірної оптимізаційної задачі на двовимірну координатну площину, за рахунок нової концепції дискретизації в методах аналізу когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності;

– метод підготовки до розрахунків оптимізаційної задачі на основі використання поняття двоїстості, редукції задачі та прийому порушення стандартного симплексного розрахунку;

– метод повільної збіжності в методі Гоморі для повністю цілочислових задач лінійної цілочислової оптимізації;

– метод узагальнення математичної моделі задачі про призначення та її розв'язку для оптимізації процедур відбору претендентів в умовах підготовки фахівців.

7. Розроблені інструментальні засоби когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності та виконано аналіз варіантів раціонального впровадження результатів роботи, а саме:

– комп'ютерні розрахунки (програмний вихідний код Додаток А) математичної моделі теоретико-ігрового підходу в задачах когнітивного управління дозволяють здійснювати оптимальний вибір стратегії в управлінні підготовкою фахівців;

– практичне моделювання концепції дискретизації в методах аналізу когнітивного управління з подальшою комп'ютерною реалізацією (програмний вихідний код Додаток В) дозволило прискорити збіжність відомих алгоритмів управління;

– комп'ютерне моделювання (програмний вихідний код Додаток В) лінійної моделі логістичної схеми дозволило оптимізувати стандартні шляхи доставки ресурсів;

– реалізація комп'ютерного експерименту (програмний вихідний код Додаток С) редуційних підходів в методології програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності дозволила порівняти результати розрахунків в умовах проектування багатовимірного простору на двовимірну площину;

– комп'ютерний аналіз моделей дискретної бінарної інтерпретації в методології управління програмами підготовки фахівців оптимізує розподіл зусиль в управлінських процесах. Розроблені комп'ютерні програми для альтернативних розрахунків на базі двох платформ Maple та Wolfram Mathematica (програмні вихідні коди Додаток D) дозволяють виконувати порівняльні розрахунки та приймати ефективні рішення поставлених задач у формалізованих задачах про призначення.

8. Показана універсальність і прикладна цінність отриманих результатів щодо застосування когнітивних механізмів управління проектами та програмами в умовах невизначеності на прикладах впровадження розроблених наукових механізмів в практику управління проектами та програмами в наступних проектно-орієнтованих організаціях:

– на Державному Підприємстві «Миколаївський суднобудівний завод» (м. Миколаїв) в 2023р., (акт впровадження від 09.02.2023);

– на ТДВ «Первомайськдизельмаш»,(м. Первомайськ)в 2022 р., (акт впровадження від 12.09.2022р.);

– на ДП НВКГ «Зоря»-«Машпроект» (м. Миколаїв) в 2023 р., (акт впровадження від 27.02.2023р.)

– на ПрАТ «Дніпроспецсталь» (м. Запоріжжя) в 2022 р., (акт впровадження від 07.11.2022р.).

– на ДП «ДП «Кривбаспроект» (м. Кривий Ріг) в 2023 р., (акт впровадження від 04.04.2023р.);

– у Миколаївській обласній державній адміністрації (м. Миколаїв) в 2022 р., (акт впровадження від 15.11.2022);

– у Миколаївській міській раді (м. Миколаїв) в 2022 р., (акт впровадження від 14.11.22 р.);

- на ТОВ «АМІКО Комплект (м. Миколаїв) в 2023р., (акт впровадження від 23.03.2023 р.);
- в Національному університеті кораблебудування ім. адм. Макарова (м. Миколаїв) в 2023 р., (акт використання від 12.04.2023 р.).

ДОДАТОК А

Біматрична гра 3 на 3 Пошук мішаних та чистих рівноваг за Нешом

```

># Біматрична гра 3 на 3 Пошук мішаних та чистих рівноваг за Нешом
#####
###
#####
###
# Біматрична гра 3 на 3 Пошук мішаних рівноваг за Нешом
#####
# Платіжні матриці гравця А та В
ca:=Matrix(3,3,[[2,5,6],[6,7,1],[6,3,6]]):
cb:=Matrix(3,3,[[3,7,8],[7,8,1],[8,4,4]]):
`Платіжні матриці гравців А та В`;
`~~~~~`;
C[A]=ca, C[B]=cb;
`~~~~~`;
#####
# Ймовірності використання стратегій гравцями (Мішані стратегії)
`Ймовірності застосування стратегій гравцями`;
xa:=Matrix(1,3,[[p[1],p[2],p[3]]]):
yb:=Matrix(1,3,[[q[1],q[2],q[3]]]):
X[A]=xa, Y[B]=yb;
#~~~~~
#####
# Математичні сподівання (Середні виграші)
`Математичні сподівання (Середні виграші)`;
# Гравець А
mx:=0:
for i to 3 do
for j to 3 do
mx:=mx+ca[i,j]*xa[1,i]*yb[1,j]
od:
od:
mx: mx:=expand(mx): Mx[A](p[1],p[2],q[1],q[2])=mx:

```

```

# Гравець В
my:=0:
for i to 3 do
for j to 3 do
my:=my+cb[i,j]*xa[1,i]*yb[1,j]
od:
od:
my: mye:=expand(my): My[B](p[1],p[2],q[1],q[2])=mye:
nu[A]=mxe; nu[B]=mye;
#####
#~~~~~
#####

# Блок формувань рівнянь ситуації рівноваги за Нешом
eq1:=-mxe+subs( {p[1]=1,p[2]=0,p[3]=0}, mxe )=0:
#####
eq2:=-mxe+subs( {p[1]=0,p[2]=1,p[3]=0}, mxe )=0:
#####
eq3:=-mxe+subs( {p[1]=0,p[2]=0,p[3]=1}, mxe )=0:
#####
eq4:=-mye+subs( {q[1]=1,q[2]=0,q[3]=0}, mye )=0:
#####
eq5:=-mye+subs( {q[1]=0,q[2]=1,q[3]=0}, mye )=0:
#####
eq6:=-mye+subs( {q[1]=0,q[2]=0,q[3]=1}, mye )=0:

eq7:=p[1]>=0: eq8:=p[1]<=1:
eq9:=p[2]>=0: eq10:=p[2]<=1:
eq11:=q[1]>=0: eq12:=q[1]<=1:
eq13:=q[2]>=0: eq14:=q[2]<=1:
eq15:=p[1]+p[2]+p[3]=1:
eq16:=q[1]+q[2]+q[3]=1:
`Система рівнянь рівноваги за Нешом`;
eq1; eq2; eq3; eq4; eq5; eq6; eq15; eq16;
`~~~~~`;

```

```

zqq:=solve(
{eq1,eq2,eq3,eq4,eq5,eq6,eq7,eq8,eq9,eq10,eq11,eq12,eq13,eq14,eq15,eq16},
{p[1],p[2],p[3], q[1],q[2],q[3]} ):
assign(zqq); unassign('p[1]', 'p[2]', 'p[3]', 'q[1]', 'q[2]', 'q[3]'):

nupx:=subs({p[1]=rhs(zqq[1]),p[2]=rhs(zqq[2]),p[3]=rhs(zqq[3]),
q[1]=rhs(zqq[4]),q[2]=rhs(zqq[5]),q[3]=rhs(zqq[6])},mxe):

nupy:=subs({p[1]=rhs(zqq[1]),p[2]=rhs(zqq[2]),p[3]=rhs(zqq[3]),
q[1]=rhs(zqq[4]),q[2]=rhs(zqq[5]),q[3]=rhs(zqq[6])},mye):

X[A]=[rhs(zqq[1]),rhs(zqq[2]),rhs(zqq[3])], nu[A]=nupx;
Y[B]=[rhs(zqq[4]),rhs(zqq[5]),rhs(zqq[6])], nu[B]=nupy;
#####
###
#####
###

# Теорія ігор Вилучення чистих стратегій за Нешом Кінець лютого 2017
# Генерація вимірностей платіжних матриць гравців А та В (Ca, Cв)
ir:=rand(3..3): jr:=rand(3..3):
im:=ir(): jn:=jr():
#####
# Генерація платіжної матриці Ca
#ca:=RandomMatrix(im,jn,generator=1..9):
ww1:=C[A]=ca:
# Генерація платіжної матриці Cb
#cb:=RandomMatrix(im,jn,generator=1..9):
ww2:=C[B]=cb:
ww1,ww2;
#####
# Блок знаходження нижньої ціни гри Ca(im,jn)
for i to im do
al[i]:=ca[i,1]:
for j to jn do
if ca[i,j]<al[i] then al[i]:=ca[i,j] end if:

```



```

end do:
end do:
alphap:=al[1]:
for i to im do
if alphap < al[i] then alphap:=al[i] end if:
end do:
#####
#   Блок знаходження верхньої ціни гри Ca(im,jn)
for j to jn do
be[j]:=ca[1,j]:
for i to im do
if ca[i,j]>be[j] then be[j]:=ca[i,j] end if:
end do:
end do:
bettap:=be[1]:
for j to jn do
if bettap > be[j] then bettap:=be[j] end if:
end do:
# ~~~~~
abA:=alpha[A]=alphap, beta[A]=bettap:
#####
#####
#   Блок знаходження нижньої ціни гри Cb(im,jn)
for i to im do
al[i]:=cb[i,1]:
for j to jn do
if cb[i,j]<al[i] then al[i]:=cb[i,j] end if:
end do:
end do:
alphap:=al[1]:
for i to im do
if alphap < al[i] then alphap:=al[i] end if:
end do:
# alpha=alphap;
#####

```

```

# Блок знаходження верхньої ціни гри Cb(im,jn)
for j to jn do
be[j]:=cb[1,j]:
for i to im do
if cb[i,j]>be[j] then be[j]:=cb[i,j] end if:
end do:
end do:
bettap:=be[1]:
for j to jn do
if bettap > be[j] then bettap:=be[j] end if:
end do:
# beta=bettap;
# ~~~~~
abB:=alpha[B]=alphap, beta[B]=bettap:
#####
(abA) , (abB) ;
# 1-ий блок Аналіз та відпрацювання платіжної матриці Ca
# Аналізуємо стовпчики та знаходимо найбільші за значенням
# елементи в кожному з них!
La:={}:
for i to im do
for j to jn do
if ca[i,j]-max({seq(ca[i,j],i=1..im)})=0 then La:={op(La) , [i,j]} else
fi:
end do:
end do:
La:
#####
# 2-ий блок Аналіз та відпрацювання платіжної матриці Cb
# Аналізуємо рядочки та знаходимо найбільші за значенням
# елементи в кожному з них!
Lb:={}:
for i to im do
for j to jn do
if cb[i,j]-max({seq(cb[i,j],j=1..jn)})=0 then Lb:={op(Lb) , [i,j]} else
fi:

```

```
end do:
end do:
Lb:
# Вилучення спільних точок- рівноваги за Нешом
Lu:=La intersect Lb: Lu;
#####
mm:=min(im,jn):
for k to nops(Lu) do
for m to mm do
if Lu[k,1]=m then p1p[m]:=1 else p1p[m]:=0 fi:
if Lu[k,2]=m then q1q[m]:=1 else q1q[m]:=0 fi:
end do:
X=[seq(p1p[mp],mp=1..mm)];
Y=[seq(q1q[mp],mp=1..mm)];
end do;
```

ДОДАТОК В

Багатоіндексна логістична задача

Вихідний код

Багатоіндексна логістична задача

```

> with(linalg): with(LinearAlgebra):with(simplex):
#
# Вихідні дані
#####
#
# isp - Кількість типу ресурсів Si (i=1,2,...,isp)
      isp:=4:
# jб - Кількість терміналів Bj (j=1,2,...,jб)
      jб:=7:
# k1 - Кількість типів доставки ресурсів (залізнодорожний,
авто та річковий транспорт) k=1,2,...,k1
      k1:=3:
#####
# План замовлення
# Блок random~~~~~
      Srand:=rand(7..20):
      for i to isp do
        Spr[i]:=10*Srand()
      od:
# Блок random~~~~~
`План замовлення`;
Sp:=Matrix([[seq(Spr[i],i=1..isp)]]);
#Sp:=Matrix([[175,135,130]]);
`~~~~~`;
#####
# Запаси ресурсів на терміналах Bj
`Запаси ресурсів на терміналах Bj`;
# Блок random~~~~~
      Brand:=rand(4..9):
for j to jб do
b[j]:=Matrix([[seq(Brand()*10,i=1..isp)]])
od;
# Блок random~~~~~

#b[1]:=Matrix([[65,25,30]]);
#b[2]:=Matrix([[30,40,50]]);
#b[3]:=Matrix([[70,80,60]]);
#b[4]:=Matrix([[45,55,35]]);

# Перевод у двовимірний масив b[i,j]
for j to jб do
for i to isp do
b[i,j]:=(b[j][1,i])
od od:
`~~~~~`;
#####

```

```

# Матриця відстанів(залізн дор, шосе, річкою) від терміналів
до пункту перевантаження
`Матриця відстанів(залізн дор, шосе, річкою) від терміналів `;
# Блок random~~~~~
Lrand:=rand(14..29):
for j to jb do
l[j]:=Matrix([[seq(Lrand()*10,i=1..kl)])]
od;
# Блок random~~~~~
#l[1]:=Matrix([[165,125,130]]);
#l[2]:=Matrix([[130,140,150]]);
#l[3]:=Matrix([[170,180,160]]);
#l[4]:=Matrix([[145,155,135]]);
# Перевод у двовимірний масив l[j,k]
for k to kl do
for j to jb do
l[j,k]:=(l[j][1,k])
od od:
#####
# Питома матриця Cijк витрат на доставку(розподіл)
`Питома матриця Cijк витрат на доставку(розподіл)`;
#####
# Термінал В1
# C[1,1,1]:=30: C[1,1,2]:=50: C[1,1,3]:=200:
# C[2,1,1]:=40: C[2,1,2]:=60: C[2,1,3]:=300:
# C[3,1,1]:=20: C[3,1,2]:=40: C[3,1,3]:=100:

# Термінал В2
# C[1,2,1]:=25: C[1,2,2]:=55: C[1,2,3]:=15:
# C[2,2,1]:=35: C[2,2,2]:=65: C[2,2,3]:=25:
# C[3,2,1]:=25: C[3,2,2]:=45: C[3,2,3]:=15:

# Термінал В3
# C[1,3,1]:=37: C[1,3,2]:=61: C[1,3,3]:=18:
# C[2,3,1]:=34: C[2,3,2]:=55: C[2,3,3]:=28:
# C[3,3,1]:=40: C[3,3,2]:=70: C[3,3,3]:=30:

# Термінал В4
# C[1,4,1]:=26: C[1,4,2]:=56: C[1,4,3]:=19:
# C[2,4,1]:=25: C[2,4,2]:=56: C[2,4,3]:=19:
# C[3,4,1]:=20: C[3,4,2]:=30: C[3,4,3]:=15:
#####
`~~~~~`;
#for j to jb do
#C[j]:=Matrix([[seq(C[1,j,k],k=1..kl)],
# [seq(C[2,j,k],k=1..kl)],
# [seq(C[3,j,k],k=1..kl)])]
#end do;

# Блок random~~~~~
Crand:=rand(15..50):
for i to isp do

```

```

for j to jb do
for k to kl do
C[i,j,k]:=Crand()
od od od:
for j to jb do
C[j]:=Matrix([seq([seq(C[i,j,k],k=1..kl)],i=1..isp)])
end do;
# Блок random~~~~~
`#####`;
#####
# Плани Xj вивозу за терміналами
for j to jb do
X[j]:=Matrix([[seq(x[1,j,k],k=1..kl)],
               [seq(x[2,j,k],k=1..kl)],
               [seq(x[3,j,k],k=1..kl)])]
end do:

# Цільова функція
zf:=add(add(add(C[i,j,k]*l[j,k]*x[i,j,k],i=1..isp),j=1..jb),k=1..kl):
W[I]=sort(zf):
#####
# Перша група обмежень
# Розгорнутий запис для isp=3 jб=4 kl=3
#eq1:=x[1,1,1]+x[1,1,2]+x[1,1,3]<=b[1][1,1];
#eq2:=x[1,2,1]+x[1,2,2]+x[1,2,3]<=b[2][1,1];
#eq3:=x[1,3,1]+x[1,3,2]+x[1,3,3]<=b[3][1,1];
#eq4:=x[1,4,1]+x[1,4,2]+x[1,4,3]<=b[4][1,1];

#eq5:=x[2,1,1]+x[2,1,2]+x[2,1,3]<=b[1][1,2];
#eq6:=x[2,2,1]+x[2,2,2]+x[2,2,3]<=b[2][1,2];
#eq7:=x[2,3,1]+x[2,3,2]+x[2,3,3]<=b[3][1,2];
#eq8:=x[2,4,1]+x[2,4,2]+x[2,4,3]<=b[4][1,2];

#eq9:=x[3,1,1]+x[3,1,2]+x[3,1,3]<=b[1][1,3];
#eq10:=x[3,2,1]+x[3,2,2]+x[3,2,3]<=b[2][1,3];
#eq11:=x[3,3,1]+x[3,3,2]+x[3,3,3]<=b[3][1,3];
#eq12:=x[3,4,1]+x[3,4,2]+x[3,4,3]<=b[4][1,3];
# Заміна на скорочений запис (Масив нерівностей
eq[1])...eq[isp*jb])
iq:=0:
for j to jb do
for i to isp do
iq:=iq+1:
eq[iq]:=(add(x[i,j,k],k=1..kl)<=b[i,j]);
#print(eq[iq]);
od od:
#####
# Друга група обмежень
# Розгорнутий запис для isp=3 jб=4 kl=3
#eq13:=x[1,1,1]+x[1,1,2]+x[1,1,3]+
# x[1,2,1]+x[1,2,2]+x[1,2,3]+

```

```

#      x[1,3,1]+x[1,3,2]+x[1,3,3]+
#      x[1,4,1]+x[1,4,2]+x[1,4,3]=Sp[1][1]:

#eq14:=x[2,1,1]+x[2,1,2]+x[2,1,3]+
#      x[2,2,1]+x[2,2,2]+x[2,2,3]+
#      x[2,3,1]+x[2,3,2]+x[2,3,3]+
#      x[2,4,1]+x[2,4,2]+x[2,4,3]=Sp[1][2]:

#eq15:=x[3,1,1]+x[3,1,2]+x[3,1,3]+
#      x[3,2,1]+x[3,2,2]+x[3,2,3]+
#      x[3,3,1]+x[3,3,2]+x[3,3,3]+
#      x[3,4,1]+x[3,4,2]+x[3,4,3]=Sp[1][3]:
#####
#  Заміна на скорочений запис (Масив нерівностей
eq[isp*jb+1)..eq[isp*jb+isp])
for i to isp do
  eqpr[i]:=0
od:
#####
for i to isp do
  for j to jb do
    for k to kl do
      eqpr[i]:=(eqpr[i]+x[i,j,k])
    od od od:
#####
for i to isp do
  eqpr[i]:=eqpr[i]=Sp[1,i]:
od:
#####
for i to isp do
  eq[isp*jb+i]:=eqpr[i]
od:
#####
#  Розгорнутий запис за частинним випадком isp:=3:  jb:=4:
kl:=3:
#minimize(zf,{eq1,eq2,eq3,eq4,eq5,eq6,eq7,eq8,eq9,eq10,eq11,eq12
,eq13,eq14,eq15},NONNEGATIVE):
#  Скорочений запис
zm:=minimize(zf,{seq(eq[n],n=1..isp*jb+isp)},NONNEGATIVE):
assign(zm);
#####
#  Розгорнутий запис за частинним випадком isp:=3:  jb:=4:
kl:=3:
#  Плани Xj вивозу за терміналами
#for j to jb do
#X[j]:=Matrix([[seq(x[1,j,k],k=1..kl)],
#             [seq(x[2,j,k],k=1..kl)],
#             [seq(x[3,j,k],k=1..kl)]]))
#end do:
#####
#  Скорочений запис планів
` Оптимальні плани Xj за терміналами Bj`;

```

```
for j to jb do
X[j]:=Matrix(isp,kl,[seq(seq(x[i,j,k],k=1..kl),i=1..isp)])
end do;
#####
for i to isp do
for j to jb do
for k to kl do
unassign ('x[i,j,k]')
od od od;
#####
```


ДОДАТОК С

Вихідний код в середовищі Maple

Вихідний код в середовищі Maple

```

># Багатовимірна (5-3) що зводиться до двовимірної (проекція на x1 та
x2
#####

# Виклик g(x11,x12,x21,x22);
# наприклад: g(2,2,3,-1);
# Буде видано -3*x[1]-x[2] <= -8
#####
g := proc( x1,y1,x2,y2 )
local a11,a12,b1,dom1;
a11:=(y2-y1);
a12:=(x2-x1);
b1:=x1*a11-y1*a12;
# Спільний найбільший дільник коеф нерівності
dom1:=igcd(a11,a12,b1);
a11:=a11/dom1;a12:=a12/dom1;b1:=b1/dom1:

    x[1]*a11-x[2]*a12<=b1:
end proc:
#####
g1 := proc( x1,y1,x2,y2 )
local a11,a12,b1,dom1;
a11:=(y2-y1);
a12:=(x2-x1);
b1:=x1*a11-y1*a12;
# Спільний найбільший дільник коеф нерівності
dom1:=igcd(a11,a12,b1);
a11:=a11/dom1;a12:=a12/dom1;b1:=b1/dom1:

    -(x[1]*a11-x[2]*a12)<=-b1:
end proc:
with(plots):
# Генерація випадкових значень
c[1]:=rand(1..5):c[2]:=rand(1..5):
zn:=rand(2..2):
znd:=zn():
c1d:=(-1)^znd*c[1]():c2d:=(-1)^znd*c[2]():
# A
xa1:=rand(0..0):xa2:=rand(10..13):
# B
xb1:=rand(5..6):xb2:=rand(8..9):
# C
xc1:=rand(9..11):xc2:=rand(4..5):
# E
xe1:=rand(10..13):xe2:=rand(0..0):
# G
xg1:=rand(16..20):xg2:=rand(0..0):
# ~~~~~
`@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@` ;
iw:=8:

```

```

Nummer, iw;
# Полієдр
Omega:
x11a:=xa1():x12a:=xa2():
x21b:=xb1():x22b:=xb2():
x31c:=xc1():x32c:=xc2():
x41e:=xe1():x42e:=xe2():
x51g:=xg1():x52g:=xg2():
eq1:=g1(x11a,x12a,x21b,x22b):
eq2:=g1(x21b,x22b,x31c,x32c):
eq3:=g(x41e,x42e,x31c,x32c):

zf:=c1d*x[1]+c2d*x[2]:
W[I]=zf-max:
eq1:eq2:eq3:
sort(x[1]>=0), sort(x[2]>=0):
p1:=inequal([eq1,eq2,eq3,x[1]>=0,x[2]>=0], x[1]=-1..15, x[2]=-1..15, optionsexcluded=(colour=white), optionsfeasible=(colour=green, thickness=1)):
# Графічне зображення вершин
oa := pointplot({[x11a,x12a]}, symbolsize=12, colour=black, symbol=circle):
ob := pointplot({[x21b,x22b]}, symbolsize=12, colour=black, symbol=circle):
oc := pointplot({[x31c,x32c]}, symbolsize=12, colour=black, symbol=circle):
oe := pointplot({[x41e,x42e]}, symbolsize=12, colour=black, symbol=circle):
# Позначення вершин
ota:=PLOT(POINTS([x11a,x12a]),TEXT([x11a,x12a],`A`, ALIGNBELOW, ALIGNRIGHT, FONT(TIMES,BOLDITALIC,12))):
otb:=PLOT(POINTS([x21b,x22b]),TEXT([x21b,x22b],`B`, ALIGNBELOW, ALIGNRIGHT, FONT(TIMES,BOLDITALIC,12))):
otc:=PLOT(POINTS([x31c,x32c]),TEXT([x31c,x32c],`C`, ALIGNBELOW, ALIGNRIGHT, FONT(TIMES,BOLDITALIC,12))):
ote:=PLOT(POINTS([x41e,x42e]),TEXT([x41e,x42e],`E`, ALIGNBELOW, ALIGNRIGHT, FONT(TIMES,BOLDITALIC,12))):
# Зображення вектора градієнта
pg:=PLOT(CURVES([[0,0],[c1d,c2d]], THICKNESS(3), LIFESTYLE(8), COLOR(RGB,1,0,0))):
pgg:=PLOT(POINTS([c1d,c2d]),TEXT([c1d,c2d],`gradW`, ALIGNBELOW, ALIGNRIGHT, FONT(TIMES,ROMAN,12))):
#
#####

WI:=(x,y)->c1d*x+c2d*y:
pr1:=max(WI(x11a,x12a),WI(x21b,x22b),WI(x31c,x32c),WI(x41e,x42e)):
if pr1=WI(x11a,x12a) then im:=1 else end if:
if pr1=WI(x21b,x22b) then im:=2 else end if:
if pr1=WI(x31c,x32c) then im:=3 else end if:
if pr1=WI(x41e,x42e) then im:=4 else end if:

#####
if im=1 then t0:=PLOT(CURVES([[x11a-3,-(c1d/c2d)*(-3)+x12a],[x11a+3,-(c1d/c2d)*(3)+x12a]], THICKNESS(3), LIFESTYLE(8), COLOR(RGB,1,0,0))):
else end if:

```

```

if im=2 then t0:=PLOT(CURVES([[x21b-3,-(c1d/c2d)*(-3)+x22b],[x21b+3,-
(c1d/c2d)*(3)+x22b]], THICKNESS(3), LINESYLE(8)),COLOR(RGB,1,0,0)):
else end if:
if im=3 then t0:=PLOT(CURVES([[x31c-3,-(c1d/c2d)*(-3)+x32c],[x31c+3,-
(c1d/c2d)*(3)+x32c]], THICKNESS(3), LINESYLE(8)),COLOR(RGB,1,0,0)):
else end if:
if im=4 then t0:=PLOT(CURVES([[x41e-3,-(c1d/c2d)*(-3)+x42e],[x41e+3,-
(c1d/c2d)*(3)+x42e]], THICKNESS(3), LINESYLE(8)),COLOR(RGB,1,0,0)):
else end if:

t2:=PLOT(CURVES([[-2,-(c1d/c2d)*(-2)],[2,-(c1d/c2d)*2]], THICKNESS(3),
LINESYLE(8)),COLOR(RGB,1,0,0)):
p2:= contourplot(zf, x[1]=-0.5..17, x[2]=-
0.5..17,contours=3,coloring=[blue,blue]):
#####

answ8:=display( p1,oa,ob,oc,oe,ote,ota,otb,otc,pg,pgg,t0,t2,p2 ):

A(x11a,x12a),B(x21b,x22b),C(x31c,x32c),E(x41e,x42e):
W[I](A)=WI(x11a,x12a),W[I](B)=WI(x21b,x22b),W[I](C)=WI(x31c,x32c),W[I]
(E)=WI(x41e,x42e):

# ~~~~~~
# Перехід до канонічної форми(рівнянь)

om1:=lhs(eq1)+x[3]=rhs(eq1):
om2:=lhs(eq2)+x[4]=rhs(eq2):
om3:=lhs(eq3)+x[5]=rhs(eq3):

# Випадкові числа для нової нерозв'язаної системи
mur:=rand(1..1):muz:=rand(1..1):
##
mu1:=(-1)^muz()*mur():mu2:=(-1)^muz()*mur():mu3:=(-1)^muz()*mur():
om1:=- (mu1*lhs(om1)+mu2*lhs(om2)+mu3*lhs(om3))=-
(mu1*rhs(om1)+mu2*rhs(om2)+mu3*rhs(om3)):
##
mu1:=(-1)^muz()*mur():mu2:=(-1)^muz()*mur():mu3:=(-1)^muz()*mur():
om2:=mu1*lhs(om1)+mu2*lhs(om2)+mu3*lhs(om3)=mu1*rhs(om1)+mu2*rhs(om2)+
mu3*rhs(om3):
##
mu1:=(-1)^muz()*mur():mu2:=(-1)^muz()*mur():mu3:=(-1)^muz()*mur():
om3:=mu1*lhs(om1)+mu2*lhs(om2)+mu3*lhs(om3)=mu1*rhs(om1)+mu2*rhs(om2)+
mu3*rhs(om3):

# Блок скорочення рівнянь системи на можливий спільний множник
#####
a11p:=coeff(lhs(om1),x[1]):a12p:=coeff(lhs(om1),x[2]):a13p:=coeff(lhs(
om1),x[3]):
a14p:=coeff(lhs(om1),x[4]):a15p:=coeff(lhs(om1),x[5]):b1p:=rhs(om1):

a21p:=coeff(lhs(om2),x[1]):a22p:=coeff(lhs(om2),x[2]):a23p:=coeff(lhs(
om2),x[3]):
a24p:=coeff(lhs(om2),x[4]):a25p:=coeff(lhs(om2),x[5]):b2p:=rhs(om2):

a31p:=coeff(lhs(om3),x[1]):a32p:=coeff(lhs(om3),x[2]):a33p:=coeff(lhs(
om3),x[3]):

```

```

a34p:=coeff(lhs(om3),x[4]):a35p:=coeff(lhs(om3),x[5]):b3p:=rhs(om3):

# Спільний найбільший дільник рівнянь системи
dom1:=igcd(a11p,a12p,a13p,a14p,a15p,b1p):
a11p:=a11p/dom1:a12p:=a12p/dom1:a13p:=a13p/dom1:a14p:=a14p/dom1:a15p:=
a15p/dom1:b1p:=b1p/dom1:

dom2:=igcd(a21p,a22p,a23p,a24p,a25p,b2p):
a21p:=a21p/dom2:a22p:=a22p/dom2:a23p:=a23p/dom2:a24p:=a24p/dom2:a25p:=
a25p/dom2:b2p:=b2p/dom2:

dom3:=igcd(a31p,a32p,a33p,a34p,a35p,b3p):
a31p:=a31p/dom3:a32p:=a32p/dom3:a33p:=a33p/dom3:a34p:=a34p/dom3:a35p:=
a35p/dom3:b3p:=b3p/dom3:
#####
# Матриця коеф системи
Ap:=Matrix([[a11p,a12p,a13p,a14p,a15p],
[a21p,a22p,a23p,a24p,a25p],
[a31p,a32p,a33p,a34p,a35p]]):

om1:=a11p*x[1]+a12p*x[2]+a13p*x[3]+a14p*x[4]+a15p*x[5]=b1p:
om2:=- (a21p*x[1]+a22p*x[2]+a23p*x[3]+a24p*x[4]+a25p*x[5])=-b2p:
om3:=a31p*x[1]+a32p*x[2]+a33p*x[3]+a34p*x[4]+a35p*x[5]=b3p:

mss:=solve({om1,om2,om3},{x[4],x[5],x[3]}):
x3:=rhs(mss[1]):x4:=rhs(mss[2]):x5:=rhs(mss[3]):

#####
# Симплекс-розв'язок прямої задачі
with(simplex):
zpp:=rand(-1..2):c3d:=zpp():c4d:=zpp():c5d:=zpp():

zf:=c1d*x[1]+c2d*x[2]:
zfp:=sort(zf+c3d*x[3]+c4d*x[4]+c5d*x[5]-c3d*x3-c4d*x4-c5d*x5):
W[I]=zfp-max;
sort(om1);
sort(om2);
sort(om3);
x[1]>=0,x[2]>=0,x[3]>=0,x[4]>=0,x[5]>=0;

`~~~~~`;
`Answer`;
Wm:=maximize(zfp,{om1,om2,om3,x[1]>=0,x[2]>=0,x[3]>=0,x[4]>=0,x[5]>=0}
):
assign(Wm);x1[max]:=x[1]:x2[max]:=x[2]:x3[max]:=x[3]:x4[max]:=x[4]:x5[
max]:=x[5]:
X[max]=[x1[max],x2[max],x3[max],x4[max],x5[max]];
Wip:=(x,y,z,u,v)->c1d*x+c2d*y+c3d*z+c4d*u+c5d*v-c3d*z-c4d*u-c5d*v:
W[max]=Wip(x1[max],x2[max],x3[max],x4[max],x5[max]);
unassign('x[1]','x[2]','x[3]','x[4]','x[5]'):
`~~~~~`;
W[I]=zfp-max;eq1;eq2;eq3;
sort(x[1]>=0),sort(x[2]>=0);

answ8;
A(x11a,x12a),B(x21b,x22b),C(x31c,x32c),E(x41e,x42e);

```

```

W[I] (A)=WI (x11a,x12a) ,W[I] (B)=WI (x21b,x22b) ,W[I] (C)=WI (x31c,x32c) ,W[I]
(E)=WI (x41e,x42e) ;

if im=1 then X[max]=A(x11a,x12a) ,W[max]=pr1 end if;
if im=2 then X[max]=B(x21b,x22b) ,W[max]=pr1 end if;
if im=3 then X[max]=C(x31c,x32c) ,W[max]=pr1 end if;
if im=4 then X[max]=E(x41e,x42e) ,W[max]=pr1 end if;

wmax:= maximize(zf,{eq1,eq2,eq3,x[1]>=0,x[2]>=0}):
assign(wmax);x1[sup]:=x[1]:x2[sup]:=x[2]:
X[max]=[x1[sup],x2[sup]],W[max]=max(WI(x11a,x12a),WI(x21b,x22b),WI(x31
c,x32c),WI(x41e,x42e));
unassign('x[1]','x[2]'):
`@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@` ;

```

Вихідний код в середовищі Maple

```
#####
with(simplex):
# Виклик g(x1,x2,x21,x22);
# наприклад: g(2,2,3,-1);
# Буде видано -3*x[1]-x[2] <= -8
#####
g := proc( x1,y1,x2,y2 )
local a11,a12,b1,dom1;
a11:=(y2-y1):
a12:=(x2-x1):
b1:=x1*a11-y1*a12:
# Спільний найбільший дільник коеф нерівності
dom1:=igcd(a11,a12,b1):
a11:=a11/dom1:a12:=a12/dom1:b1:=b1/dom1:

    x[1]*a11-x[2]*a12<=b1:
end proc:
#####
g1 := proc( x1,y1,x2,y2 )
local a11,a12,b1,dom1;
a11:=(y2-y1):
a12:=(x2-x1):
b1:=x1*a11-y1*a12:
# Спільний найбільший дільник коеф нерівності
dom1:=igcd(a11,a12,b1):
a11:=a11/dom1:a12:=a12/dom1:b1:=b1/dom1:

    -(x[1]*a11-x[2]*a12)<=-b1:
end proc:
with(plots):
# Генерація випадкових значень
# А
xa1:=0:xa2:=5:
# В
xb1:=4:xb2:=7:
# С
xc1:=8:xc2:=6:
# Е
xe1:=11:xe2:=4:
# Ф
xf1:=7:xf2:=1:
# Г
xg1:=0:xg2:=0:
# ~~~~~~
`@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@` ;
# Поліедр
Omega:
eq1:=g1(xa1,xa2,xb1,xb2):
eq2:=g1(xb1,xb2,xc1,xc2):
eq3:=g1(xc1,xc2,xe1,xe2):
eq4:=g1(xe1,xe2,xf1,xf2):
eq5:=g1(xf1,xf2,xg1,xg2):
zf:=2*x[1]+3*x[2]:
W[I]=zf-max:
eq1:eq2:eq3:eq4:eq5:
```

```

sort(x[1]>=0),sort(x[2]>=0):
p1:=inequal([eq1,eq2,eq3,eq4,eq5,x[1]>=0,x[2]>=0],x[1]=-1..15,
x[2]=-1..15,optionsexcluded=(colour=white),
optionsfeasible=(colour=green,thickness=1)):
display(p1);
wmax:=maximize(zf,{eq1,eq2,eq3,eq4,eq5,x[1]>=0,x[2]>=0});
assign(wmax);x1[sup]:=x[1]:x2[sup]:=x[2]:
unassign('x[1]','x[2]','x[3]','x[4]','x[5]'):
`~~~~~`;
W[I]=zf-max;eq1;eq2;eq3;eq4;eq5;
sort(x[1]>=0),sort(x[2]>=0);

```

ДОДАТОК D

Вихідний код в середовищі Wolfram Mathematica

Вихідний код в середовищі Wolfram Mathematica

(* Узагальнена задача про призначення.

l - кількість робітників

n - кількість робіт(вакантних місць)

k - можлива кількість місць, на які претендує робітник. *)

(* Вихідні дані*)

l = 7; n = 7; k = 3;

(* Матриця витрат по призначенню робітників*)

C1 = {{1, 2, 4, 7, 8, 1, 6}, {4, 1, 7, 2, 9, 5, 9}, {9, 4, 3, 4, 6,
4, 4}, {8, 2, 7, 2, 5, 3, 5}, {7, 5, 4, 6, 8, 2, 6}, {8,
4, 8, 7, 9, 4, 3}, {2, 9, 1, 1, 5, 2, 4}}

MatrixForm[%]

(* Задання двовимірних змінних x[i,j] - генерація матриці призначення*)

X = Table[x[i, j], {i, l}, {j, n}];

MatrixForm[%];

(* Задання одновимірних змінних k - генерація правих частин системи \ обмежень*)

K = Table[k, {l + n}];

(* Одновимірний робочий масив - xi[i](Розміщення матриці призначення*)

Xi = xi /@ Range[(l*n)];

(* Розміщення x[i,j] в одновимірному xi[i] *)

m = 0;

Do[Do[xi[m + 1] = x[i, j]; m = m + 1, {j, 1, n}], {i, 1, l}]

(* Початок опису оптимізаційної задачі*)

(* Цільова функція - мінімізація витрат за призначенням*)

WI = \!\{


```

\*UnderoverscriptBox[\(\[Sum]\), \(\{i = 1\}\), \(\{l\}\)]\{
\*UnderoverscriptBox[\(\[Sum]\), \(\{j =
1\}\), \(\{n\}\)]\{(C1[\(\{i, j\}\)] X[\(\{i, j\}\)]\)\)\}
(* Масиви сум за рядками та стовпчиками*)
Om1 = Table[\!\{
\*UnderoverscriptBox[\(\[Sum]\), \(\{j = 1\}\), \(\{n\}\)]X[\(\{i,
j\}\)]\)\}, {i, l}];
Om2 = Table[\!\{
\*UnderoverscriptBox[\(\[Sum]\), \(\{i = 1\}\), \(\{l\}\)]X[\(\{i,
j\}\)]\)\}, {j, n}];
(* Рівняння системи обмежень задачі оптимізації*)
eq1 = And @@ Thread[Om1 == k];
eq2 = And @@ Thread[Om2 == k];
eq3 = And @@ Thread[Thread[0 <= Xi <= 1]];
(*Розрахунок за бібліотечною програмою*)
mm2 = Minimize[{Wl, eq1 && eq2 && eq3 && Xi \[Element] Integers}, Xi]
(* Перехід до зручного двовимірного та бінарного представлення \
оптимального розв'язку*)
X1 = Table[x1[i, j], {i, l}, {j, n}];
m = 0;
Do[Do[x1[i, j] = mm2[[2, m + 1, 2]]; m = m + 1, {i, l}], {j, n}]
MatrixForm[Table[x1[j, i], {i, l}, {j, n}]]
(* Графічне представлення оптимальної матриці призначень *)
X2 = Table[x1[j, i], {i, l}, {j, n}];
MatrixPlot[X2, ColorRules -> {1 -> Green, 0 -> Yellow}, Mesh -> All,
PlotRange -> {2, 30}]
(* Zu end *)

```

Вихідний код в середовищі Maple

```

# Генерація випадкових значен матриці призначення A
a11:=rand(1..9):nrr:=rand(7..7):
# Порядок Матриці розподілу A
nr:=nrr():
# Випадкова матриця
f:=(i,j)-> a11():
A:=Matrix([[1,2,4,7,8,1,6],[4,1,7,2,9,5,9],[9,4,3,4,6,4,4],[8,2,
7,2,5,3,5],
[7,5,4,6,8,2,6],[8,4,8,7,9,4,3],[2,9,1,1,5,2,4]]):
C=A;
# Визначення масиву перестановок
if nr=3 then mas1:=[1,2,3]:
elif nr=4 then mas1:=[1,2,3,4]:
elif nr=5 then mas1:=[1,2,3,4,5]:
elif nr=6 then mas1:=[1,2,3,4,5,6]:
elif nr=7 then mas1:=[1,2,3,4,5,6,7]:
elif nr=8 then mas1:=[1,2,3,4,5,6,7,8]:
elif nr=9 then mas1:=[1,2,3,4,5,6,7,8,9]:
elif nr=10 then mas1:=[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]:
else
end if:

# Массив перестановок n! (Вводить вручну!!!!)
c:=(allstructs(Permutation(mas1),size=nr)):
# Массив проміжних сум
for i to nr! do
s1[i]:=0:
for jp to nr do
s1[i]:=s1[i]+A[jp,c[i,jp]]
end do:
end do:

# Вилучення найменшої суми s1[i]
slmin:=s1[1]:
for i to nr! do
if (slmin-s1[i] > 0) then slmin:=s1[i] else end if
end do:

# Вилучення найбільшої суми s1[i]
slmax:=s1[1]:
for i to nr! do
if (slmax-s1[i] < 0) then slmax:=s1[i] else end if
end do:
slmax:

# Вилучення оптимальної перестановки на min
for k to nr! do
if slmin-s1[k] = 0 then i[min]:=k else end if
end do:

# Вилучення оптимальної перестановки на max

```

```

for k to nr! do
if s1max-s1[k] = 0 then i[max]:=k else end if
end do:
# Відповідь
`~~~~~`;
`Answer`,iw;
`ART Combinatio`;

# Оптимальна матриця на minimum
fo:=(i,j)-> 0:
Aoptm1:=Matrix(nr,fo):
for ip1 to nr do
ip:=c[i[min],ip1]:Aoptm1[ip1,ip]:=1:end do:

# Оптимальна матриця на maximum
fo:=(i,j)-> 0:
Aoptm2:=Matrix(nr,fo):
for ip2 to nr do
ip:=c[i[max],ip2]:Aoptm2[ip2,ip]:=1:end do:
####

X[optmin]=Aoptm1,X[optmax]=Aoptm2;
W[min]=s1[i[min]],W[max]=s1[i[max]];

zf:=add( add(A[i,j]*x[i,j],j=1..nr), i=1..nr ):
eq1:=seq(add(x[i,j],j=1..nr)=1,i=1..nr):
eq2:=seq(add(x[i,j],i=1..nr)=1,j=1..nr):

`Binary`;
with(Optimization):
ss1:=LPSolve(zf, {eq1,eq2}, assume = {binary}):
Aoptb:=Matrix(nr):
for i to nr do
for j to nr do
Aoptb[i,j]:=rhs(ss1[2,nr*(i-1)+j])
end do:
end do:

ss1m:=LPSolve(zf, {eq1,eq2}, assume = {binary},maximize):
Aoptb1:=Matrix(nr):
for i to nr do
for j to nr do
Aoptb1[i,j]:=rhs(ss1m[2,nr*(i-1)+j])
end do:
end do:
###
X[optmin]=Aoptb, X[optmax]=Aoptb1;
W[min]=ss1[1],W[max]=ss1m[1];

#####
`@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@`;

```

ДОДАТОК Е

Акти впровадження результатів дисертації



ДЕРЖАВНИЙ КОНЦЕРН “УКРОБОРОНПРОМ”
 ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
 “МИКОЛАЇВСЬКИЙ СУДНОБУДІВНИЙ ЗАВОД”

Вул. Адміральська, 38, м. Миколаїв, 54001;

Ідентифікаційний код за ЄДРПОУ 14313240

URL: www.shipyard61.com.ua

E-mail: msz@ukroboronprom.com



ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор

Калашніков В. М.

» 09. 02. 2023

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи

Чернової Любави Сергіївни

«Когнітивні механізми управління програмами підготовки фахівців в умовах
 невизначеності»

Метою досліджень дисертаційної роботи Чернової Л.С. «Когнітивні механізми управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності» є розробка моделей, методів і процедур управління проектами підготовки фахівців, що на нашу думку актуально, тому що сучасне успішне управління підприємством повинно враховувати вплив зовнішнього оточення, яке має тенденцію до швидких змін. Керівництво підприємства реального сектору економіки повинно вміти обирати правильний вектор розвитку організації, при формуванні якого має значення підготовка фахівців.

Наведені в роботі моделі управління знаннями та прийняття рішень можуть бути використані в роботі ДП «Миколаївський суднобудівний завод», тому що чинні концепції проектно-орієнтованого управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності орієнтовані на застосуванні відомих підходів найкращої практики на основі проактивних методів управління проектами/програмами/ портфелями (ППП). Лише застосування когнітивних механізмів управління, побудованих за механізмами передбачення, дозволить перейти до нового стану систем на основі когнітивних проектно-орієнтованих моделей і методів відображення ходу проектів. При цьому формуються нові умови ефективного стратегічного управління навчанням, як діяльністю, за рахунок використання всіх видів аналітичної діяльності, підтримується та розвивається системне мислення, забезпечується систематизація і удосконалення досягнень найкращої практики.

Як відомо, концепції розробки нових ідей полягали в розширенні меж відомих технологій, у покращенні, як продукції так і процесів її виготовлення. В сучасній передовій, культурній і технологічній парадигмі модель розвитку орієнтована на інше. Вона спрямована на розуміння майбутнього за рахунок трансформації поточних знань, а також розширення можливостей людей і їх навколишнього середовища. Тобто це не тільки технічна проблема, а стратегічний виклик можливостям наукової спільноти, яка в проектній діяльності буде майбутнє через трансформацію своїх бажань в можливість. Тому сучасна парадигма розвитку може бути окреслена як проблема бачення, розвитку творчості на основі застосування когнітивних механізмів перетворення інформації.

Ми засвідчуємо, що успішна реалізація подібних досліджень сприятиме поверненню українського суднобудування на позицію багатопрофільного, високотехнологічного, наукомісткого виробництва, що

забезпечить додаткову зайнятість населення і в повній мірі потреби в транспортних, рибпромислових, науково-дослідних судах, а також в плавбазах і кораблях ВМСУ.

Готові до подальшої співпраці і висловлюємо підтримку даного напрямку досліджень.

В.о. Головного інженера



В.О.Суліма



ТДВ «ПЕРВОМАЙСЬКДИЗЕЛЬМАШ»

Код ЄДРПОУ 00210996
55213, Україна, Миколаївська обл., м. Первомайськ,
вул. Гагаріна, 17, тел. (05161) 7-54-63,
E-mail: dieselmash@i.ua
dieselmash.pdm@gmail.com
[Http://www.dieselmash.com.ua](http://www.dieselmash.com.ua)

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



№ _____ від 12.09 2022р.
На № _____ від _____ 20 _____ р.

Ремонт тепловозних, суднових та стаціонарних двигунів внутрішнього згорання.
Ремонт повітряних компресорів.
Ремонт колінчастих валів.
Виробництво машинобудівної продукції.
Зварні металоконструкції та зварні вироби.

Газо-поршневі двигун-генератори потужністю 315-800 кВт та на їх базі когенераційні установки на різноманітних видах палива: природний та побижний нафтовий газ, шахтний метан, біопаливо, пропановий газ та інші.
Запасні частини, монтаж та інші сервісні послуги.

Стаціонарні дизель-генератори потужністю 315-800кВт для автономного та резервного живлення електричною енергією об'єктів різних галузей господарювання.
Суднові дизелі та дизель-генератори потужністю 320-800 кВт для морських і річкових суден необмеженого району плавання.

АКТ

Впровадження результатів дисертаційної роботи

Чернової Любави Сергіївни

«Когнітивні механізми управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності»

Дисертаційна робота Чернової Л.С., в якій розглянуті чинні концепції проектно-орієнтованого управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності на підприємствах реального сектора економіки має практичне значення для підприємства.

В роботі зазначено, що лише застосування когнітивних механізмів управління, побудованих на основі механізмів передбачення, дозволить перейти до нового стану систем на основі когнітивних проектно-орієнтованих моделей і методів відображення ходу проектів. При цьому формуються нові умови ефективного стратегічного управління навчання діяльності за

рахунок використання всіх видів аналітичної діяльності, підтримується та розвивається система мислення, забезпечується систематизація і удосконалення досягнень найкращої практики.

Розв'язання протиріч між постійно зростаючими вимогами, щодо програм розвитку організаційно-технічних систем і відсутністю підходів для розв'язання завдань стратегічного управління проектами, програмами та портфелями, є вкрай актуальними за рахунок наукового обґрунтування і вирішення науково-практичної проблеми розробки нових механізмів когнітивного підходу для розв'язання завдань управління стратегією змін в організаційно-технічних системах через програми.

Виконавчий директор



 А.А.Чебаненко



ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ КОМПЛЕКС ГАЗОТУРБОБУДУВАННЯ
«ЗОРЯ»-«МАШПРОЕКТ»

Просп. Богоявленський, 42а, м. Миколаїв, 54018, Україна
Тел.: +(38 0512) 49-46-34, 49-30-13, 49-93-68
Факс: +(38 0512) 49-90-57
e-mail: office@zorya.com.ua; web: www.zmturbines.com

№ _____
На № _____ від _____
┌ _____ ┐
└ _____ ┘

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор з управління персоналом

ДП НВКП «Зоря»-«Машпроект»

Інеса МОВЧАН



02.2023

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи

Чернової Любови Сергіївни

«Когнітивні механізми управління програмами підготовки фахівців в умовах
невизначеності»

Результати дисертаційної роботи Чернової Л.С. мають практичну цінність для наукомістких підприємств та організацій, які займаються підготовкою персоналу.

Особливу увагу викликають розглянуті в роботі питання підвищення індивідуальних компетенцій членів команди, організаційної компетентності та ключової компетентності проектно-орієнтованої організації, яке базується на когнітивних моделях. Розглянуто формування методичного підходу до впровадження в проектно-орієнтованих організаціях програм біадаптивного розвитку на основі когнітивного вдосконалення їх ключових компетенцій. Отримала подальший розвиток концепція ключової компетентності, а також

150316

П.14-18

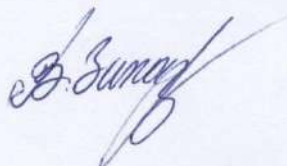
шляхи розвитку ключових компетентностей проєктно-орієнтованих організацій, як основи когнітивного механізму забезпечення успішності, які сформульовані у біадаптивних програмах розвитку. Запропоновано модель ключової компетентності програми біадаптивного розвитку проєктно-орієнтованої організації. Зроблено висновок, що використання стандартних методів лінійної оптимізації недостатньо для вирішення складних задач біадаптивних програм розвитку, оскільки класична задача лінійної оптимізації не враховує додаткових умов, які виникають під час переходу від одного стану до іншого при біадаптивному розвитку. Для таких завдань пропонується використовувати алгоритм складання подвійної задачі. Запропонована формалізація допоможе вирішити проблему синхронного розвитку компетенцій персоналу з метою отримання когнітивної синергії та покращення когнітивного потенціалу проєктно-орієнтованої організації в біадаптивних програмах розвитку. Запропоновано холакратію як підхід біадаптивного когнітивного вдосконалення проєктних команд, а також у біадаптивних програмах розвитку проєктно-орієнтованих організацій. Представлено перспективи подальших досліджень в обраному напрямку.

Також для підприємства має значення розроблена в роботі модель зростання зрілості в управлінні проєктами. Досліджено вплив на рівень зрілості чотирьох типів моделей (компетентнісної, когнітивної, форсайтної та біадаптивної). Запропоновано класифікацію етапів зрілості у складі підготовчого, опорного та розширеного етапів. Запропоновано 4К модель зростання зрілості управління організаційними проєктами. Розглянуто вплив ключових елементів моделі 4К на кожен рівень зрілості. Визначено, що для досягнення підготовчого та опорного етапу зрілості більш важливими є компетентнісні та когнітивні моделі, для просунутого – форсайт та біадаптивні моделі. Визначено принципи реалізації моделі 4К. Наведено результати експериментального дослідження впливу моделі 4К на розвиток зрілості.

3

Проведено SWOT аналіз запропонованого підходу. Обґрунтовано доцільність використання моделі 4К для підвищення зрілості проектно-орієнтованих компаній. Визначено напрями подальших досліджень в обраному напрямку.

Начальник ВПП



Вікторія ЗАХАРОВА



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова правління

ПрАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»

доктор технічних наук

Дніпропетровська

область

С. Г. Кийко

7 листопада 2022 р.

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи

Чернової Любави Сергіївни

«Когнітивні механізми управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності»

Сучасне успішне управління підприємством повинно враховувати вплив зовнішнього оточення, яке має тенденцію до швидких змін, особливо, в умовах невизначеності і базується на вмінні керівництва обирати правильний вектор розвитку організації, тому результати дисертаційної роботи Чернової Л.С. «Когнітивні механізми управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності» мають практичну цінність для підприємства та організацій реального сектору економіки.

Запропоновані в дисертаційній роботі моделі прийняття рішень та модель управління знаннями можуть бути використані в роботі ПрАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ» і дають можливість систематизувати виконання проєктів на підприємстві й створити абсолютну прозорість, що дасть можливість підприємству скоротити витрати на додаткові ресурси, зменшити вартість навчання, знизити ризики пов'язані з проєктами та одночасно збільшити

показник корисного використання ресурсів, вдосконалити управління проектами, відтворити процеси і підвищити ефективність розгортання програм.

Використовуючи основні можливості запропонованих когнітивних механізмів управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності підприємство може отримати можливість вдосконалити процеси прийняття рішень, підвищити гнучкість, узгодженість та створити єдину спрямованість дій, що, в цілому, значно покращує конкурентоспроможність підприємства та його місце на ринку.

Висловлюємо підтримку даного напрямку досліджень і готові до подальшої співпраці.

Заступник Голови Правління –

Директор з персоналу



М.В. Зіновкін



ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО «ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ ПО
ПРОЕКТУВАННЮ ПІДПРИЄМСТВ ГІРНИЧОРУДНОЇ
ПРОМИСЛОВОСТІ «КРИВБАСПРОЕКТ»
(ДП «ДПІ «КРИВБАСПРОЕКТ»)

пр. Поштовий, 40, м. Кривий Ріг, 50000, ЄДРПОУ 04689369
телефон моб. +38 (067) 543-64-72
Web: www.new.krivbasproect.com.ua E-mail: krivbasproect@krivbasproect.com.ua

ДСТУ EN ISO 9001:2018
Сертифікат
№UA.KBS.1.052-21

ЗАТВЕРДЖУЮ



big 04.04.2023 №215/013

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи

Чернової Любові Сергіївни

«Когнітивні механізми управління програмами підготовки фахівців в умовах
невизначеності»

В дисертаційній роботі Чернової Л.С. розглянуто науково-прикладну проблему нових механізмів когнітивного підходу для розв'язання завдань управління стратегією змін в організаційно-технічних системах через проекти. Тому дослідження, створення та впровадження когнітивного підходу в рамках проектно-орієнтованого середовища для стратегічного напрямку управління програмами підготовки фахівців є актуальним і має практичне значення для підприємств, які займаються підготовкою персоналу із застосуванням даних механізмів.

Розроблена дисертантом і наведена в роботі концептуальна модель управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності може бути використана на підприємстві. За допомогою цієї моделі у турбулентному середовищі, яке зараз існує, з'являється можливість досягнення цілей організації в питаннях підготовки фахівців, які матимуть необхідну кваліфікацію для досягнення підприємством бізнес-цілей, а також підвищення ефективності системи управління та забезпечення сталого розвитку у довгостроковій перспективі.

Заступник головного інженера

ДП «ДПІ «Кривбаспроект»

доц., к.техн.н.

ГРИГОР'ЄВ І. Є.



МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСНА ВІЙСЬКОВА АДМІНІСТРАЦІЯ

вул. Адміральська, 22, м. Миколаїв, 54001, тел. 53-32-68, 53-32-50
E-mail: cancelar@mk.gov.ua, www.mk.gov.ua Код ЄДРПОУ 00022579

№ 15.11.2022 На № _____ від _____

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи Чернової Любави Сергіївни
«Когнітивні механізми управління програмами підготовки
фахівців в умовах невизначеності»

В розрізі розгляду матеріалів дисертаційної роботи було розглянуто роботу Чернової Л.С., в якій наведено огляд сучасних підходів до управління програми підготовки фахівців, а також аналіз моделей та методів управління соціальними проєктами в умовах невизначеності, а також компетентний підхід в цих проєктах.

Розроблені моделі управління знаннями в сучасних умовах, а також методології прийняття рішень можуть мати практичну цінність в питаннях відбору креативних фахівців для роботи в органах обласної військової адміністрації, а також подальшої їх підготовки.

Магістр державного управління,
кандидат економічних наук,
заступник начальника
Миколаївської обласної
військової адміністрації

Юрій ГРАНАТУРОВ

МИКОЛАЇВСЬКА МІСЬКА РАДА

ВИКОНАВЧИЙ КОМІТЕТ

вул. Адміральська, 20, м. Миколаїв, 54001, тел./факс: (0512) 37-10-99,
тел.: (0512) 37-45-23, e-mail: kancel@mkrada.gov.ua, сайт: www.mkrada.gov.ua,
код згідно з ЄДРПОУ 04056612

від 14.11 2022 р. № 4300/02.02.01- На № _____ від _____ 20__ р.
22/02/14/22

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи

Чернової Любави Сергіївни

«Когнітивні механізми управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності»

Результати дисертаційної роботи Чернової Л.С. мають практичну цінність при розробці соціальних програм.

Наведений в роботі аналіз сучасних концепцій управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності та теоретико-методологічні основи когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності можливо використовувати як когнітивні технології в управлінні проектами підготовки та відбору креативних фахівців для роботи в органах міської ради.

Розроблені моделі управління змінами та моделювання оргструктур дають змогу оцінювати потенціал прийняття рішень з позиції актуальності в умовах невизначеності.

Форсайт - методологія дозволяє прогнозувати розвиток соціальних проєктів.

Заступник міського голови



Ю. АНДРІЄНКО

ТОВ «АМІКО Комплект»

Україна, 54001, м. Миколаїв, вул. Спаська, 1
Тел./Факс: +38 (0512) 37 78 11; 37 78 39
WEB: www.amico.ua E-mail: info@amico.ua

**«AMIKO Komplekt» LLC**

No. 1, Spasska Street, 54001, Nikolaev, Ukraine
Tel./Fax.: +38 (0512) 37 78 11; 37 78 39
WEB: www.amico.ua E-mail: info@amico.ua

Затверджую
Головний конструктор

Доктор технічних наук

Професор Б.М. Гордєєв

23.03.2023



АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи Чернової Любові Сергіївни
“Когнітивні механізми управління програмами підготовки фахівців в умовах
невизначеності”

Розглянувши матеріали дисертаційної роботи Чернової Л.С. “Когнітивні механізми управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності”, засвідчуємо, що концепції розробки нових ідей полягали в розширенні меж відомих технологій, у покращенні як продукції так і процесів її виготовлення. В сучасній передовій, культурній і технологічній парадигмі модель розвитку орієнтована на інше. Вона спрямована на розуміння майбутнього за рахунок трансформації поточних знань, а також розширення можливостей людей і їх навколишнього середовища. Тобто, це не тільки технічна проблема, а стратегічний виклик можливостям наукової спільноти, яка в проєктній діяльності будує майбутнє через трансформацію своїх бажань в можливість. Тому сучасна парадигма розвитку може бути окреслена як проблема бачення, розвитку творчості на основі застосування когнітивних механізмів перетворення інформації.

Особливу увагу у нас викликали дослідження використання алгоритму матричної гри при проєктуванні інформаційної системи оцінювання знань фахівців, де в основу функціоналу інформаційної системи покладено теорію матричних ігор, що ґрунтуються на аналізі результату конфлікту двох гравців, інтереси яких були певною мірою протилежні. Порівняння отриманих результатів розв'язків матричних ігор з розв'язками біматричної гри підтверджує можливість обґрунтування не тільки кількісних результатів про середні виграші гравців, але і їх якісної поведінки.

Висловлюємо підтримку наведеним у роботі дослідженням і готові до подальшої співпраці.

Провідний фахівець

А.В. Безруков



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
 ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА**



54007, м. Миколаїв, пр. Героїв України 9, тел./факс +38(0512) 42-42-80, e-mail: university@nuos.edu.ua



АКТ ВИКОРИСТАННЯ

у навчальному процесі результатів дисертаційної роботи
 на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
 Чернової Любави Сергіївни

«Когнітивні механізми управління програмами підготовки фахівців в умовах
 невизначеності»

Даний акт підтверджує, що розроблені Черновою Л.С. інструментальні методи підвищення ефективності аналізу когнітивного управління підготовки фахівців, бінарні методи аналізу в методології когнітивного управління підготовки фахівців, моделі цифровізації підприємства за рахунок використання системи управління додатковими факторами при прийнятті рішень, запропонована модель ключової компетенції програми біадаптивного розвитку проектно-орієнтованої організації, концепція дискретизації в методах аналізу когнітивного управління підготовки фахівців, компетенції управляючих команд запропонованим підходом холакратії, як засобом біадаптивного когнітивного вдосконалення компетенцій команди управління програмою біадаптивного розвитку проектно-орієнтованих організацій, використання біадаптивних та форсайт моделей в ІТ-системі, дослідження впливу на рівні зрілості чотирьох типів моделей та теоретико-ігрова компетенція в методології когнітивного управління програмами підготовки фахівців в умовах невизначеності впроваджені в навчальний процес НУК і використовуються при викладанні навчальних дисциплін: «Інструментальні засоби в управлінні проектами», «Методи та моделі прийняття рішень в управлінні проектами», «Комунікації, конфліктологія та управління командою проекту» для студентів освітнього рівня «магістр» спеціальності 122 Комп'ютерні науки освітньо-професійної програми «Управління проектами».

Завідувач кафедри
 інформаційних управляючих систем
 та технологій
 к.т.н., доцент

І. Л. Михелєв