

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ШЕВЧЕНКО ОЛЬГА ЮРІЇВНА

УДК 658: 512.011: 681.326: 519.713

ДИСЕРТАЦІЯ

МОДЕЛІ І МЕТОДИ КІБЕРСОЦІАЛЬНОГО КОМП'ЮТИНГУ УПРАВЛІННЯ
ПЕРСОНАЛОМ ДЛЯ КРИТИЧНИХ СИСТЕМ

05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

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

Науковий керівник:

Петров Едуард Георгійович, доктор технических наук, профессор

Цей примірник дисертації ідентичний за змістом
з іншими примірниками, що подані до спеціалізованої
вченої ради Д 64.052.01
Учений секретар спеціалізованої вченої ради Д 64.052.01



Є.І. Литвинова

Харків – 2021

АНОТАЦІЯ

Шевченко Ольга Юріївна. Моделі і методи кіберсоціального комп'ютингу управління персоналом для критичних систем. – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.13.05 «Комп'ютерні системи та компоненти». – Харківський національний університет радіоелектроніки, Міністерство освіти и науки України, Харків, 2021.

Мета дослідження – зменшення економічних, технологічних і соціальних втрат, пов'язаних з мінімізацією відмов у критичних системах шляхом підвищення компетенцій співробітників і послідовного виключення людини з процесів прийняття рішень на основі його заміни детермінованими механізмами комп'ютингу, що використовує цифрове інтелектуальне управління на основі метричного моніторингу кіберсоціальних процесів і явищ.

Задачі дослідження:

1) Розробити структурну модель комп'ютингу для інтерактивної онлайн взаємодії між людиною, критичною системою і механізмами точного цифрового моніторингу–управління.

2) Розробити метричний метод відбору співробітників за заданими еталонними компетенціями, що враховує передісторію, психофізіологію, досягнення, знання, вміння, навички.

3) Розробити метод метричного інтегрального оцінювання персоналу проекту (компанії) на основі пошуку квазіоптимального покриття посадових функціональностей;

4) Розробити комп'ютерний метод онлайн моніторингу та прийняття рішень для істотного зменшення помилок оператора в процесі функціонування критичної системи.

5) Удосконалити методи сегментного пошуку підмножини ефективних проектних рішень, що враховують параметри трудомісткості і якості для істотного зменшення часу аналізу даних.

6) Розробити теоретико–множинний метод пошуку даних на основі og–

метрики визначення подібності–відмінності для визначення подібності об'єктів та ідентифікації цифрової спільності або конфліктності.

7) Виконати тестування і верифікацію розроблених моделей і методів онлайн моніторингу та цифрового управління компонентами сучасної критичної системи.

Об'єкт дослідження – сучасні процеси cloud–edge комп'ютингу для онлайн управління персоналом проекту (компанії, організації) з метою безпечного функціонування критичних систем.

Предмет дослідження – моделі і методи точного метричного моніторингу та цифрового управління прийняття рішень при відборі кваліфікованих кадрів з урахуванням накопиченого досвіду і психофізіологічних факторів.

Науково-практична задача – розробка програмного додатку пошуку та оцінювання компетенцій співробітників шляхом їх вичерпного моніторингу і подальшого метричного аналізу подібності–відмінності для прийняття рішень з цифрового управління критичними процесами і явищами.

Сутність дослідження – розробка моделей і методів кіберуправління персоналом в критичних системах на основі цифрового моніторингу компетентностей з метою квазіоптимального вибору і призначення співробітників на функціональні позиції шляхом порівняння еталонних моделей необхідних фахівців з метриками реальних претендентів.

Наукова новизна результатів дослідження:

1) *Вперше запропоновано* структурну модель комп'ютингу, яка характеризується інтерактивною онлайн взаємодією між людиною, критичною системою і механізмами точного цифрового моніторингу–управління, що дає можливість виключати відмови, які призводять до техногенних катастроф і соціальних колізій.

2) *Вперше запропоновано* теоретико–множинний метод пошуку даних, який характеризується og–метрикою визначення подібності–відмінності текстових фрагментів–об'єктів, що дає можливість знаходити подібність об'єктів, стратегію трансформування одного об'єкта в інший, а також ідентифікувати

рівень цифрової спільності інтересів, конфліктності, плагіаризму, колізій.

3) *Удосконалено* метричний метод відбору співробітників за заданими еталонними компетенціями, який відрізняється від аналогів урахуванням передісторії, психофізіології, досягнень, знань, умінь, навичок, що дозволяє зменшити некоректні призначення на функціональні позиції.

4) *Удосконалено* метод метричного інтегрального оцінювання персоналу проекту (компанії), який відрізняється від аналогів застосуванням пошуку квазіоптимального покриття посадових функціональностей, що дозволяє істотно зменшити часові і матеріальні витрати на виконання проекту.

5) *Отримав подальший розвиток* комп'ютеринговий метод прийняття рішень шляхом введення вичерпного онлайн моніторингу і цифрового управління, що дозволяє істотно зменшити помилоки оператора в процесі функціонування критичної системи.

6) *Удосконалено* методи сегментного пошуку підмножини ефективних проектних рішень, що враховують параметри трудомісткості і якості, які відрізняються від існуючих структурною відмінністю множин опуклих і неопуклих допустимих варіантів. Це дозволяє істотно зменшити час аналізу вихідної інформації для прийняття рішень без зниження їх якості.

Практична значущість отриманих результатів.

Результати проведеного тестування та верифікації розроблених моделей і методів онлайн моніторингу та цифрового управління компонентами сучасної критичної системи показали істотне виключення помилкових дій операторів шляхом зменшення відмінностей між метриками еталонних компетенцій і реальних фахівців. Запропоновано програмну імплементацію теоретико-множинного методу пошуку даних що показала істотне підвищення продуктивності визначення подібності об'єктів.

Публікації. Результати наукових досліджень опубліковані у 18 друкованих працях: 5 статей у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у міжнародному науковому журналі за кордоном; 12 матеріалів міжнародних наукових

конференцій. Здобувач має 3 публікації у наукометричній базі Scopus.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Список публикаций соискателя, в которых отражены основные научные результаты диссертации:

1. Шевченко О.Ю. Оценка полноты и достоверности информационного обеспечения технологической подготовки производства [Текст] / О. Ю. Шевченко, А. С. Котов, Д. Э. Лысенко // Системы обработки інформації. – Харків, 2009. – Вип. 4 (78). – С. 199–202. (Входит до міжнародних наукометричних баз: Ulrich’s Periodicals Directory, CrossRef, Index Copernicus, General Impact Factor, Scientific Indexed Service, Citefactor, ResearchBib, Orcid, Academic Resource Index, Google Scholar).

2. Котов А.С. Концептуальное моделирование информационного обеспечения автоматизированного проектирования технологических процессов / А.С. Котов, О.Ю. Шевченко // Системы управління навігації та зв’язку. – 2009. – № 3 (11). – С. 211–215. (Входит до міжнародних наукометричних баз: Index Copernicus, Google Scholar).

3. Котов А.С. Иерархическая теоретико–множественная модель задачи выбора технологических решений / А.С. Котов, О.Ю. Шевченко // Радіоелектронні і комп’ютерні системи. – 2010. – № 1. – С. 149–153. (Входит до міжнародних наукометричних баз: наукової електронної бібліотеки eLIBRARY.RU, Index Copernicus; INSPEC IDEAS; Google Scholar).

4. Шевченко О.Ю. Модели и методы киберсоциального компьютеринга управления персоналом для критических систем / О.Ю. Шевченко, В.И. Хаханов, С.В. Чумаченко // Радиоэлектроника и информатика. – № 1. – 2020. – С. 42-46. (Входит до міжнародних наукометричних баз: Index Copernicus, Google Scholar, OECSP, OAJ, Scholar Steer, SIS, Cyberleninka, TIU Hannover, I2OR, Національною бібліотекою України ім. В.І. Вернадського).

5. *Shevchenko O.Y.* Specific subset effective option in technology design decisions / O. Y. Shevchenko, V. V. Beskorovainyi, L. B. Petryshyn // *Applied Aspects of Information Technology*, 2020. – Vol. 3. – No. 1. – С. 443–455. (Входить до міжнародних наукометричних баз: Academia.edu, ROAD, the National Library of Ukraine named after V.I. Vernadsky, Djerelo, RISC, Ukraine Naukova, Index Copernicus).

6. *Shevchenko O.Yu.* Search and Analysis of Data Based on Similarity-Difference Metric / O.Yu. Shevchenko, Hahanov I.V., Hahanov V.I. // *East European Scientific Journal*. – 2021. – № 65. – Р. 54-60. (Польський науковий журнал, входить до міжнародних наукометричних баз: Index Copernicus, Google Scholar, РИНЦ).

Результати, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

7. *Котов А.С.* Применение прецедентного подхода при разработке научно–технической продукции / А.С. Котов, О.Ю. Шевченко // VII Международная научно–практическая конференция «Современные информационные технологии в экономике и управлении предприятиями, программами и проектами», Алушта, 2009. – С. 119.

8. *Котов А.С.* Структурное моделирование информационного обеспечения проектирования технологических процессов / А.С. Котов, О.Ю. Шевченко // *Современные проблемы управления производством* // Сб. тезисов 4–й Международной науч.–практ. конф. – Донецк. – 2009. – С. 152.

9. *Бескорвайный В.В.* Оценка деятельности операторов сложного технологического оборудования / В.В. Бескорвайный, О.Ю. Шевченко // *Информационные системы и технологии: материалы 4–й Междунар. науч.-техн. конф. ИСТ–2015*. – Харьков, НТМТ. – 2015. – С. 34–35.

10. *Бескорвайный В.В.* Формирование компетентностного резерва операторов критических систем в рамках прецедентного подхода / В.В. Бескорвайный, О.Ю. Шевченко // *Міжнародна науково–практична конференція «Математичне моделювання процесів в економіці та управлінні проектами і програмами (ММП–2017)»*. – Коблево. – 2017. – С.25–26.

11. *Безкоровайний В.В.* Модель системної оптимізації технологічних об'єктів / В.В. Безкоровайний, *О.Ю. Шевченко* // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання». – Івано-Франківськ. – 14 - 19 травня 2018. – С. 327–330.

12. *Semenets V.* Technological Chain Modeling to Control the Quality of New Product Manufacturing / V. Semenets, V. Beskorovainyi, *O. Shevchenko* // Proceedings of the 7–th International Scientific and Technical Conference Information Systems and Technologies, IST–2018. – 2018. – Kobleve–Kharkiv. – P. 69–72.

13. *Abdullayev V.* Structure and Metrics of Emerging Computing / V. Abdullayev, H. Khakhanova, I. Hahanov, V. Hahanov, S. Chumachenko, E. Litvinova, *O. Shevchenko* // The XIII IEEE International Conference TCSET. – 2020. – Lviv–Slavsk, Ukraine. – P. 920-925. (Входить до міжнародних наукометричних баз: Scopus, IEEE Xplore).

14. *Семенець В.В.* Виділення підмножин ефективних рішень в задачах реінжинірингу технологічних систем / В.В. Семенець, В.В. Безкоровайний, *О.Ю. Шевченко*, О.М. Драз // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання". – Івано-Франківськ. – 2019. – С. 53–56.

15. *Бескоровайный В.В.* Стратегии генерации вариантов в технологиях оптимизации структур территориально распределенных объектов / В.В. Безкоровайний, *О. Шевченко*, О.М. Драз // Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційні системи та технології» ICT–2019. – Харків. – 2019. – С. 18–21.

16. *Бескоровайный В.В.* Моделирование задачи выбора технологических решений / В.В. Безкоровайний, *О.Ю. Шевченко*, О. М. Драз // Міжнародна науково-практична конференція «Інтелектуальні системи та інформаційні технології». – 2019. – Одеса, Україна. – 2019. – С. 31–35.

17. *Semenets V.* Parametric Synthesis of Multi-Criteria Evaluation Models for UAV Design Technologies / V. Semenets, V. Beskorovainyi, *O. Shevchenko* // 2019 IEEE 5th International Conference “Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles

Developments” (APUAVD). – Oct. 22–24, 2019. – Kyiv, Ukraine. – P. 83–86. (Входить до міжнародних наукометричних баз: Scopus, IEEE Xplore).

18. *Abdullayev V.H.* Big Data Critical Computing Based on the Similarity-Difference Metric / V.H. Abdullayev, L.N. Shapa, V. Hahanov, A. Mishchenko, O. Shevchenko, S. Chumachenko, E. Litvinova // 18-th IEEE East-West Design & Test Symposium, EWDTs 2020. – Varna, Bulgaria. – 2020. – P. 218-223. (Входить до міжнародних наукометричних баз: Scopus, IEEE Xplore).

Ключові слова: кіберфізична система, кіберфізичний комп'ютинг, кіберсоціальний комп'ютинг, хмарно-керований комп'ютинг, розумний кіберуніверситет, цифровий моніторинг, метрика простору, метрика компетенцій, проектування технологічних процесів, архів технологічних рішень, метод аналогій, концептуальне, інформаційне та семантичне моделювання, технологічна підготовка виробництва, архів технологічних рішень, прийняття рішень, теоретико-множинна модель, завдання вибору, оптимізація, багатокритеріальна оцінка, ідентифікація.

ABSTRACT

Shevchenko Olga Yuriyivna. Models and methods of cyber-social personnel management computing for critical systems. - Thesis for the degree of candidate of technical sciences (PhD) in specialty 05.13.05 "Computer systems and components". – Kharkov National University of Radio Electronics, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkov, 2021.

The goal of the research is to reduce economic, technological and social expenses associated with minimizing failures in critical systems through increasing employee competencies and consistent excluding human from decision-making processes and replacing it by deterministic computing mechanisms using digital intelligent management based on metric monitoring of cyber-social processes and phenomena.

Research objectives:

1) Develop a structural model of computing for interactive online interaction between a person, a critical system and mechanisms of accurate digital monitoring-management.

2) Develop a metric method for selecting employees based on the given reference competencies that taking into account the background, psychophysiology, achievements, knowledge, skills, abilities.

3) To develop a method for metric integrated evaluation of project (company) personnel based on defining quasi-optimal coverage of job functionalities;

4) Develop a computing method for online monitoring and decision-making to significantly reduce operator errors during the operation of a critical system.

5) Improve the methods for segment searching a subset of effective design solutions that take into account the parameters of complexity and quality to significantly reduce the time of data analysis.

6) Develop a set-theoretical method for data retrieval based on or-metrics for determining similarity-difference of objects and identify digital commonality or conflict.

7) Testing and verification of developed models and methods for online

monitoring and digital management of components of a modern critical system.

The object of research is modern cloud-edge computing processes for online personnel management of the project (companies, organizations) for the safe operation of critical systems.

The subject of research is models and methods for accurate metric monitoring and digital management of decision-making in the selection of qualified personnel, taking into account the experience and psychophysiological factors.

Scientific and practical problem is the development of a software application for searching and assessing the competencies of employees through their comprehensive monitoring and subsequent metric analysis of similarities-differences for decision-making on digital management of critical processes and phenomena.

The essence of the study is to develop models and methods of cyber personnel management in critical systems based on digital monitoring of competencies in order to quasi-optimal selection and appointment of employees to functional positions by comparing the reference models of required specialists with metrics of real applicants.

Scientific novelty of research results:

1) For the first time a structural model of computing is proposed, which is characterized by interactive online interaction between human, critical system and mechanisms of accurate digital monitoring-management, which makes it possible to exclude failures that lead to man-made disasters and social conflicts.

2) For the first time proposed a set-theoretical method of data retrieval, which is characterized by or-metrics for defining the similarities-differences of text fragments-objects, which allows determining the similarity of objects, the strategy of transforming one object into another, and identify the level of digital common interests, plagiarism, conflicts.

3) A metric method of selecting employees for the given reference competencies is improved; it differs from analogues taking into account the background, psychophysiology, achievements, knowledge, skills, abilities, which makes it possible to reduce incorrect appointments to functional positions.

4) Improved method for metric integrated evaluation of project (company) staff,

which differs from analogues by the search for quasi-optimal coverage of job functionalities and allows to significantly reduce the time and material costs of the project.

5) The computing method of decision-making has received the further development; it differs from analogues by exhaustive online monitoring and digital management, which allows essential reducing operator errors when functioning of critical system.

6) Methods for segmental searching a subset of effective design solutions are improved; they take into account the parameters of complexity and quality and differ from the existing analogs by structural differences between the sets of convex and nonconvex admissible variants, which significantly reduces the time of analysis of input information for decision-making without reducing their quality.

The practical significance of the results obtained.

The results of testing and verification of the developed models and methods for online monitoring and digital management of the modern critical system components show a significant elimination of erroneous actions of operators through reducing differences between the metrics of reference competencies and real employees. The software implementation of the set-theoretic method for data retrieval is offered, which shows a significant increase in the productivity of defining the objects similarity.

Publications. The results of scientific research have been published in 18 works: 6 articles in scientific journals of Ukraine, 12 papers of international scientific conferences. The applicant has 3 publications in the abstract and citation database Scopus.

LIST OF PUBLICATIONS

The list of publications, which reflect the main scientific results of the thesis:

1. *Шевченко О. Ю.* Оценка полноты и достоверности информационного обеспечения технологической подготовки производства / О. Ю. Шевченко, А. С. Котов, Д. Э. Лысенко // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. ХУПС. – Харків, 2009. – Вип. 4 (78). – С. 199–202. (Included in international scientometric databases: Ulrich’s Periodicals Directory, CrossRef, Index Copernicus, General Impact Factor, Scientific Indexed Service, Cite-factor, ResearchBib, Orcid, Academic Resource Index, Google Scholar).
2. *Котов А.С.* Концептуальное моделирование информационного обеспечения автоматизированного проектирования технологических процессов / А.С. Котов, О.Ю. Шевченко // Системи управління навігації та зв’язку. – 2009. – № 3 (11) . – С. 211–215. (Included in international scientometric databases: Index Copernicus, Google Scholar).
3. *Котов А. С.* Иерархическая теоретико–множественная модель задачи выбора технологических решений / А.С. Котов, О.Ю. Шевченко // Радіоелектронні і комп’ютерні системи. – 2010. – № 1. – С. 149–153. (Included in international scientometric databases: scientific electronic library eLIBRARY.RU, Index Copernicus; INSPEC IDEAS; Google Scholar).
4. *Шевченко О.Ю.* Модели и методы киберсоциального компьютеринга управления персоналом для критических систем / О.Ю. Шевченко, В.И. Хаханов, С.В. Чумаченко // Радиоэлектроника и информатика. – № 1 (88). – 2020. – С. 42–46. (Included in the international scientometric databases: Index Copernicus, Google Scholar, OECSP, OAJI, Scholar Steer, SIS, Cyberleninka, TIU Hannover, I2OR, the National Library of Ukraine. VI Vernadsky).
5. *Shevchenko O.Y.* Specific subset effective option in technology design decisions / O. Y. Shevchenko, V. V. Beskorovainyi, L. B. Petryshyn // Applied Aspects of Information Technology, 2020. – Vol. 3. – No. 1. – С. 443–455. (Included in international scientometric databases: Academia.edu, ROAD, the National Library of

Ukraine named after VI Vernadsky, Djerelo, RISC, Ukraine Naukova, Index Copernicus).

6. Shevchenko O.Yu., Hahanov I.V., Hahanov V.I. Search and Analysis of Data Based on Similarity-Difference Metric // Восточно Европейский научный журнал. 2020. № 64. (Polish scientific journal, part of the international scientometric databases: Index Copernicus, Google Scholar, RSCI).

Results that confirm the approbation of the thesis:

7. Котов А.С. Применение прецедентного подхода при разработке научно–технической продукции / А.С. Котов, О.Ю. Шевченко // VII Международная научно–практическая конференция «Современные информационные технологии в экономике и управлении предприятиями, программами и проектами», Алушта, 2009. – С. 119.

8. Котов А.С. Структурное моделирование информационного обеспечения проектирования технологических процессов / А.С. Котов, О.Ю. Шевченко // Современные проблемы управления производством // Сб. тезисов 4–й Международной науч.–практ. конф. – Донецк. – 2009.

9. Бескорвайный В.В. Оценка деятельности операторов сложного технологического оборудования / В.В. Бескорвайный, О.Ю. Шевченко // Информационные системы и технологии: материалы 4–й Междунар. науч.–техн. конф. ИСТ–2015. – Харьков, НТМТ.– 2015. – С. 34–35.

10. Бескорвайный В.В. Формирование компетентностного резерва операторов критических систем в рамках прецедентного подхода / В.В. Бескорвайный, О.Ю. Шевченко // Міжнародна науково–практична конференція «Математичне моделювання процесів в економіці та управлінні проектами і програмами (ММП–2017)». – Коблево. – 2017. – С.25–26.

11. Бескорвайный В.В. Модель системної оптимізації технологічних об'єктів / В.В. Бескорвайный, О.Ю. Шевченко // "Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання". – Івано–Франківськ. – 2018. – С. 327–330.

12. Semenets V. Technological Chain Modeling to Control the Quality of New Product Manufacturing / V. Semenets, V. Beskorovainyi, O. Shevchenko //

Proceedings of the 7–th International Scientific and Technical Conference Information Systems and Technologies, IST–2018. – 2018.– Kobleve–Kharkiv.– P. 69–72.

13. Abdullayev V. Structure and Metrics of Emerging Computing / V. Abdullayev, H. Khakhanova, I. Hahanov, V. Hahanov, S. Chumachenko, E. Litvinova, O. Shevchenko // The XIII IEEE International Conference TCSET. – 2020. – Lviv–Slavsk, Ukraine. – P. 920-925. (Included in the international scientometric databases Scopus, IEEE Xplore).

14. Семенець В.В. Виділення підмножин ефективних рішень в задачах реінжинірингу технологічних систем / В. В. Семенець, В. В. Безкоровайний, О. Шевченко, О. М. Драз // Матеріали статей Міжн. наук.–практ. конф. "Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання". – Івано–Франківськ. – 2019. – С. 53–56.

15. Безкоровайний В.В. Стратегії генерації варіантів в технологіях оптимізації структур територіально розподілених об'єктів / В.В. Безкоровайний, О. Шевченко, О.М. Драз // Міжнародна науково–технічна конференція «Інформаційні системи та технології» ICT–2019. – Харків. – 2019. – С. 18–21.

16. Моделирование задачи выбора технологических решений / В.В. Безкоровайний, О. Шевченко, О. М. Драз // Міжнародна науково–практична конференція «Інтелектуальні системи та інформаційні технології». –2019. – Одеса, Україна. – 2019. – С. 31–35.

17. Semenets V. Parametric Synthesis of Multi–Criteria Evaluation Models for UAV Design Technologies / V. Semenets, V. Beskorovainyi, O. Shevchenko // 2019 IEEE 5th International Conference “Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments” (APUAVD). – Oct. 22–24, 2019. – Kyiv, Ukraine. – P. 83–86. (Included in the international scientometric databases Scopus, IEEE Xplore)

18. Abdullayev V.H. Big Data Critical Computing Based on the Similarity-Difference Metric / V.H. Abdullayev, L.N. Shapa, V. Hahanov, A. Mishchenko, O. Shevchenko, S. Chumachenko, E. Litvinova // 18-th IEEE East-West Design & Test

Symposium, EWDTTS 2020. – Varna, Bulgaria. –2020. – P. 218-223. (Included in the international scientometric databases Scopus, IEEE Xplore)

Keywords: cyber-physical system, cyber-physical computing, cyber-social computing, cloud-controlled computing, smart cyber university, digital monitoring, metrics of space, metrics of competencies, design of technological processes, archive of technological solutions, method of analogies, conceptual, informational and semantic modeling, technological preparation of production, archive of technological decisions, decision-making, set-theoretic model, choice task, optimization, multicriteria evaluation, identification.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

- КСУК – комп'ютингова система управління кадрами
КСМУ – комп'ютингова система моніторингу та управління.
БЗ – база знань
КТ – комп'ютерна техніка
ДЕ – діагностичний експеримент
ІС – інтелектуальні системи
КСПР – комп'ютингова система прийняття рішень
КЗ – кваліфікаційні завдання
КК – ключові компетенції
ККС – критична комп'ютингова система
НС – нештатна ситуація
СД – сеанс діагностування
СПК – соціально–психологічний клімат
СПС – система прийняття рішень
МПВК – метрика подібності–відмінності компетентностей
ХК – хмарний комп'ютинг
ТОК – термінальний онлайн комп'ютинг
МК – мережевий комп'ютинг
БЧК – блокчейн комп'ютинг
КСС – кіберсоціальна система
КФС – кіберфізична система
КФП – кіберфізичний простір
ВД – великі дані
ML – машинне навчання (прецедентне навчання)
PR – розпізнавання патернів
QDS – кубітні структури даних
D & T – проектування і тестування додатків
UUT – об'єкт, що підлягає тестуванню

ЗМІСТ

ВСТУП	19
Розділ 1.	32
ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ КІБЕРСОЦІАЛЬНОГО КОМП'ЮТИНГУ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ ДЛЯ КРИТИЧНИХ СИСТЕМ.....	32
1.1 Аналіз особливостей критичних систем як об'єктів проектування	32
1.2 Прогнозування потреби в трудових ресурсах	37
1.3 Джерела отримання трудових ресурсів	43
1.4 Аналіз діяльності і оцінка працездатності оператора	44
1.5 Метричний підбор персоналу проекту	52
1.6 Узагальнена модель технологічного виробництва	55
1.7 Постановка мети і завдань дослідження.....	59
1.8 Список використаних джерел до розділу 1	60
РОЗДІЛ 2	62
МОДЕЛІ ВІДБОРУ ПЕРСОНАЛУ ДЛЯ КРИТИЧНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ПРЕЦЕДЕНТІВ.....	62
2.1 Формалізація оцінки професійних якостей співробітників	62
2.2 Особливості прецедентного підходу для прийняття рішень	63
2.3 Побудова і аналіз комплексної моделі методу прецедентів	67
2.4 Модель бази прецедентів СПР	74
2.5 Висновки	81
2.6 Список використаних джерел до розділу 2.....	81
РОЗДІЛ 3	83
ОЦІНКА ПЕРСОНАЛУ ЗА МЕТРИКОЮ КРИТИЧНИХ РОБІТ	83
3.1 Модель нештатної ситуації в критичній системі	83
3.2 Ідентифікація ризиків нештатної ситуації	87
3.3 Компетентнісний підхід до оцінки персоналу	92
3.4 Модель багатокритеріальної оцінки персоналу	96
3.5 Висновки	103

	18
3.6 Список використаних джерел до розділу 3	104
РОЗДІЛ 4	106
ВИЗНАЧЕННЯ ПІДМНОЖІНІ ЕФЕКТИВНОГО ВАРІАНТІВ У ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ ПРИЙНЯТТЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ..	106
4.1 Вступ	106
4.2 Стан досліджень	108
4.3 Методи віділення підмножин ефективних проектних рішень.....	113
4.4 Висновки	125
4.5 Список використаної літератури до розділу 4	126
РОЗДІЛ 5	130
МОДЕЛІ ЦИФРОВІЗАЦІЇ КРИТИЧНИХ СИСТЕМ	130
5.1 Цифровізація – безальтернативний технологічний уклад	130
5.2 Метрика управління персоналом	132
5.3 Теоретико–множинна ієрархічна модель вибору рішень	136
5.4 Комп'ютинг вибору технологічних рішень	143
5.5. Додаток для визначення подібності	152
5.6. Висновки	162
5.7 Список використаних джерел до розділу 5	163
ВИСНОВОК	166
ДОДАТОК А СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	168
ДОДАТОК Б АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	170
ДОДАТОК В ДОКУМЕНТИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ.....	172

ВСТУП

Критична система являє собою сукупність взаємопов'язаних в кіберфізичному просторі та часі відносин (цілісності та єдності) між компонентами для досягнення поставленої мети, відмови яких призводять до значних економічних, політичних, соціальних, екологічних і гуманітарних (матеріально–енергетичних і просторово–часових) втрат. Прикладами критичних систем виступають технологічні та технічні об'єкти в галузях: енергетика, транспорт, промисловість, озброєння, кіберсоціальна сфера, банкінг, інтернет, державність, юриспруденція. Однозначно вчені та фахівці прийшли до висновку, що близько 80 відсотків усіх відмов в критичних системах пов'язані з нездатністю людини керувати будь–якими системами або об'єктами, у тому числі самим собою. Людина є завжди лише поганим виконавцем. Отже, необхідно вилучати його з циклу моніторингу–управління, щонайменше, критичними процесами і явищами, шляхом передачі повноважень з прийняття рішень детермінованому і практично безпомилковому комп'ютингу: мережевому, хмарному, термінальному. Виграє той, хто вчасно перетворює фізичний і соціальний простір в оцифровані процеси і явища для точного моніторингу та управління бажано без участі людини. Найбільш ненадійною критичною системою є авторитарна державність некомпетентного аморального керівника, яка здатна принести в жертву життя й благополуччя мільйонів громадян, економіку і екологію країни. Тому управління кадрами в критичних системах будь–якої природи поки залишається найголовнішою проблемою людства, вирішення якої пов'язане зі збереженням планети, придатної для життя людей.

Комп'ютинг – це теорія і практика надійного метричного управління віртуальними, фізичними і соціальними процесами та явищами на основі використання інтелектуальних хмарних сервісів шляхом цифрового моніторингу кіберфізичного простору за допомогою персональних гаджетів і вбудованих розумних датчиків. Комп'ютинг системно може бути представлений (рис. 1)

процесом моніторингу (5) та актуації (6) метричних відносин (2) в інфраструктурі управління (3) і виконання (4) для досягнення і візуалізації (8) поставленої мети – продукції і/або сервісів (1) при заданих ресурсах (7).

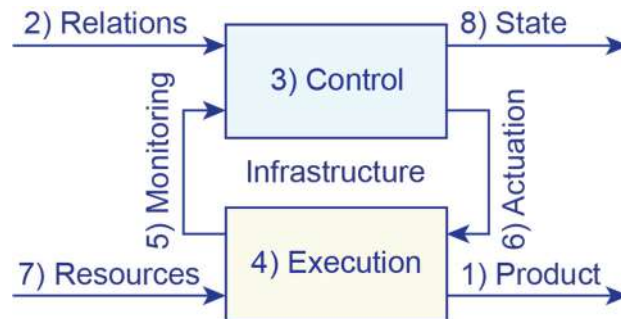


Рисунок 1 – Комп'ютинг критичної системи управління персоналом

Метричне і структурне визначення комп'ютингу за допомогою восьми взаємопов'язаних компонентів надає теоретичну фундаментальну основу для формального і фактичного створення системи цифрового управління будь-яким процесом в заданій сфері людської або природної діяльності. Види комп'ютингу згідно до введеної метрики охоплюють всі сфери людської діяльності: космологічний, біологічний, флористичний, фізичний, віртуальний, квантовий, соціальний, державний, медичний, транспортний, інфраструктурний, науковий, освітній, виробничий, спортивний, відпочинку, подорожей, розваг. Природно, що в першу чергу комп'ютинг орієнтований на моніторинг і управління критичними об'єктами, процесами і явищами без або з мінімальною участю людини.

Оскільки сьогодні не можна поки що обійтися без людини, як одного з компонентів управління, то необхідно мінімізувати його можливі помилки при прийнятті оперативних і стратегічних рішень у критичній системі. Виконання завдання пов'язане з цифровізацією історії, знань, умінь і навичок кожного співробітника на основі детермінованої метрики, попередньо сформованої експертами. Далі стратегія вибору рішення щодо призначення співробітника на функціональну позицію визначається ML-грою еталонних компетентностей і CV реальних претендентів, які ми перевірили на типових модельних ситуаціях.

Таким чином, в компактному вигляді реляційна сутність дисертації є створення відносин між критичною системою, комп'ютигом і людиною (рис. 2), який усвідомлено мінімізує свій вплив за рахунок передачі повноважень з прийняття рішень механізмам розумного моніторингу і хмарного (прецедентного) ML–управління. Дане формулювання придатне для вирішення соціальних проблем, пов'язаних з колізіями в суспільстві, де кібер–державність дозволить усунути хвилювання, бунти, революції та війни.

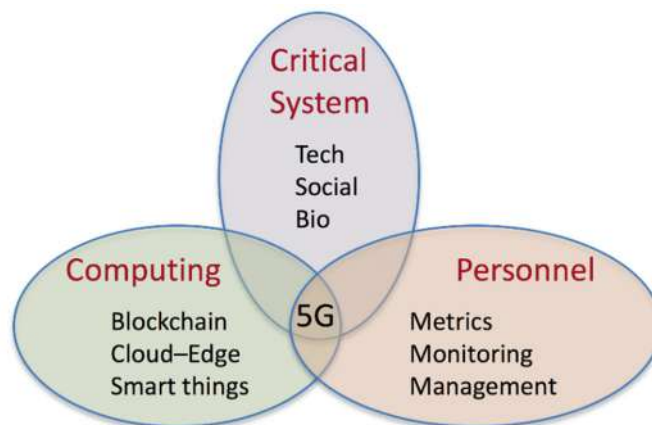


Рисунок 2 – Emerging critical computing

Відношення розглядається як структура взаємопов'язаних компонентів, що визначає матеріально–енергетичні властивості процесу або явища в часі і просторі. Структура взаємозв'язків елементів визначає властивості надійності і продуктивності системи, процесу або явища, але ніяк не навпаки. Інакше, заміщення одних елементів на інші в заданій структурі не змінює сутності системи. Прикладом тому може служити комп'ютинг державності (рис. 3), де періодична заміна керівників і чиновників не змінює головної суті – соціальних відносин, від яких залежить ефективність суспільної системи. Висновок – структура відносин між людьми, яка формується конституцією, законами, історією, культурою і традиціями є основою і причиною процвітання або деградації.

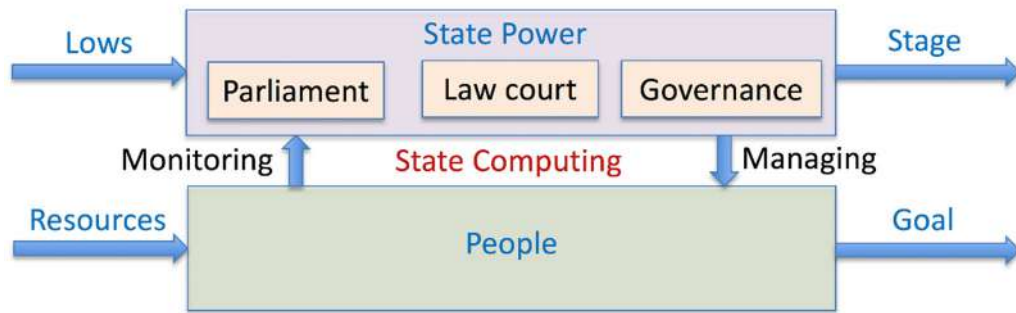


Рисунок 3 – Комп'ютинг державності, як критичної системи

Таким чином, щоб змінити метричні параметри (матеріально–енергетичні та просторово–часові) будь–якої системи, необхідно створити нову структуру відносин між її компонентами. Це особливо важливо в критичних соціальних системах, коли необхідно створювати найнадійнішу і найефективнішу структуру державного соціального комп'ютингу з найненадійніших елементів–громадян. Відомим прототипом тут виступає blockchain & smart contract computing, який реалізує онлайн моніторинг і управління всіма процесами в оцифрованому суспільстві на основі 5G–технологій, хмарних сервісів і edge computing.

Мобільність громадян породжує цікаві альтернативні пропозиції з боку існуючих державностей, які все більше борються за кадрові ресурси планети за метрикою: найрозумніші і найдешевші. Тут кожна людина також набуває право альтернативного вибору «даху» (рис. 4), яка формує якість життя для працівника за метрикою відносин: рівень зарплати, мовна культура, традиції, історія, харчування, інфраструктура, транспорт, клімат, політична стабільність, соціальні пільги, охорону здоров'я, податкове законодавство. Очевидно, що фінансові потоки від громадян в альтернативні державності прямо пропорційні згаданій метриці відносин до людини з боку влади. Сьогодні в змаганні за працівника беруть участь, як мінімум, дві і більше державностей. Виграє та, яка пропонує кращі умови для життя і творчості. Інша поступово самознищується.

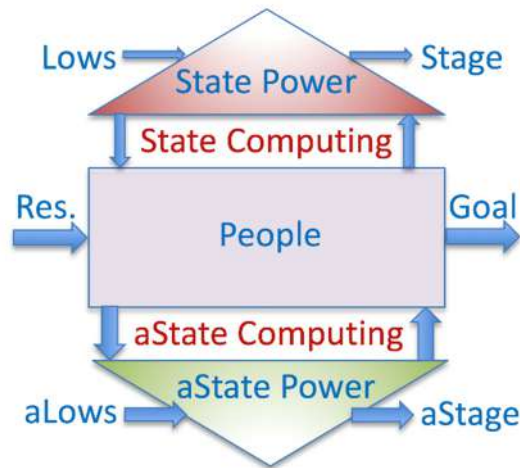


Рисунок 4 – Альтернатива слабкої державності

Виникає конкурентоспроможний строго метричний інтерактивний комп'ютинг ринку талановитих працівників та державностей, де кожен громадянин планети вибирає дах, найбільш сприятливий для творчості і відпочинку, а соціальна система – кращих, креативних і здорових виконавців. Якість продукції (сервісу, процесу або явища) – сукупність властивостей, що обумовлюють її придатність задовольняти певні потреби відповідно до призначення. Метрика якості критичної системи визначається параметрами: надійність, безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збереженість, тестопридатність, керованість, спостережуваність, діагностованість, обслуговуваність, контролепридатність, безпека та живучість. Відмова – подія, що полягає в порушенні працездатного стану об'єкта [ГОСТ 20911–89. Технічна діагностика. Терміни та визначення. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення.]. Критичність відмови – сукупність ознак, що характеризують наслідки відмови, визначається прямими і непрямими втратами, витратами праці і часу на усунення наслідків відмови, можливістю і доцільністю ремонту, тривалістю простоїв, ступенем зниження продуктивності [ГОСТ 27.002–89. Надійність в техніці. Основні поняття. Терміни та визначення. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення.]. Що стосується критичних ситуацій і відмов, то в даний час в кіберфізичному просторі є вичерпна інформація про

будь-який негативний процес або явище, якому можна запобігти засобами інтелектуального хмарного і edge computing моніторингу–управління, що становить сутність critical system computing (рис. 5). Тут два обчислювача (хмарний і термінальний) обслуговують критичну систему за допомогою сенсорних датчиків і актуаторів. Природно, що хмарний комп'ютинг є інваріантним по відношенню до часу і геопозиції критичного об'єкта, наприклад, автомобіля (Synopsys, GMC, Tesla). Якість і надійність тут забезпечуються стандартами: JTAG IEEE 11.49, SECT IEEE 1500, IJTAG IEEE 1687, ISO 9001. Технології граничного сканування згаданих стандартів створюють додаткові лінії і spare–компоненти, що дозволяють досягти високих рівнів якості і надійності за рахунок online тестування і відновлення працездатності критичних систем з використанням вбудованих засобів BIST і хмарних сервісів тестування (test services).

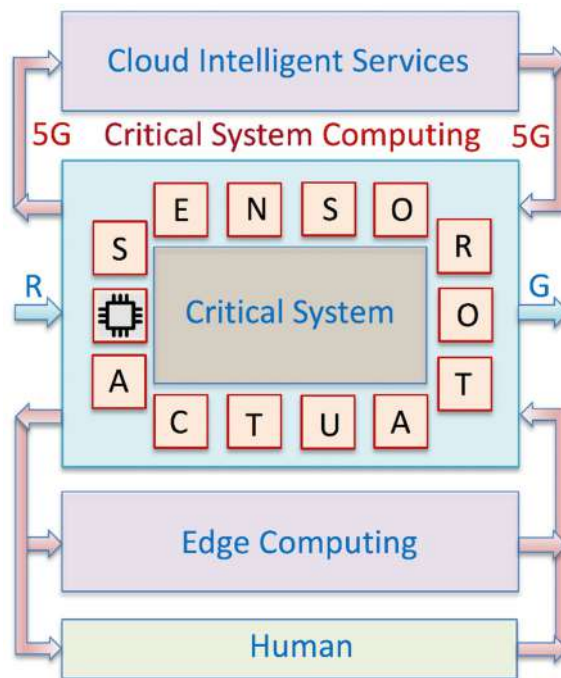


Рисунок 5 – Комп'ютинг критичної системи

Природно, тільки компетентний оператор має можливість втручатися в роботу критичної системи за допомогою термінального комп'ютера. Для цього досить просто здійснити вичерпний моніторинг компетенцій кожної людини за

допомогою пошукових та спеціальних додатків з метою подальшого прийняття актуаторних рішень про призначення працівника на функціональну позицію, що становить сутність *personnel computing* або *HR–Management*. Для вимірювання компетенцій працівників, представлених векторами змінних, використовується метрика Левенштайна, яка дає можливість визначити схожість–відмінність між претендентами і зразковим патерном, а також квазі–оптимальні маршрути трансформування однієї метрики–моделі в іншу.

Мета дисертації – зменшення економічних, технологічних і соціальних втрат, пов'язаних з мінімізацією відмов в критичних системах за рахунок підвищення компетенцій співробітників і послідовного виключення людини з процесів прийняття рішень на основі його заміни детермінованими механізмами комп'ютингу, що використовує цифрове інтелектуальне управління на основі метричного моніторингу кіберсоціальних процесів і явищ.

Сутність дослідження – розробка моделей і методів кіберуправління персоналом в критичних системах на основі цифрового моніторингу компетентностей з метою квазіоптимального вибору і призначення співробітників на функціональні позиції шляхом порівняння еталонних моделей необхідних фахівців з метриками реальних претендентів.

Науково–практична задача – розробка програмного додатку пошуку та оцінювання компетенцій співробітників шляхом їх вичерпного моніторингу і подальшого метричного аналізу подібності–відмінності для прийняття рішень з цифрового управління критичними процесами і явищами.

Функція мети L – мінімізація прямих D і непрямих втрат S , пов'язаних з п–відмовами і відновленням працездатності R критичних систем за рахунок витрат на розробку та обслуговування комп'ютерних структур метричного онлайн прийняття рішень з цифрового управління критичними процесами і явищами на основі вичерпного точного моніторингу M , використання розумної інфраструктури I і кваліфікованих співробітників E , які відповідають еталонним компетенціям за освітою, досвідом і навичками:

$$L = \min \sum_{i=1}^n (D_i + k_i \times S_i + R_i) \leftarrow (A + M + I + E) \leq G_{min}.$$

Задачі, що виникають, для досягнення поставленої мети:

1) Розробити структурну модель комп'ютингу для інтерактивної онлайн взаємодії між людиною, критичної системою і механізмами точного цифрового моніторингу–управління.

2) Розробити метричний метод відбору співробітників за заданими еталонними компетенціями, що враховує передісторію, психофізіологію, досягнення, знання, вміння, навички.

3) Розробити метод метричного інтегрального оцінювання персоналу проекту (компанії) на основі пошуку квазіоптимального покриття посадових функціональностей;

4) Розробити комп'ютинговий метод онлайн моніторингу та прийняття рішень для істотного зменшення помилок оператора в процесі функціонування критичної системи.

5) Удосконалити методи сегментного пошуку підмножини ефективних проектних рішень, що враховують параметри трудомісткості і якості для істотного зменшення часу аналізу даних.

6) Розробити теоретико–множинний метод пошуку даних на основі ог–метрики визначення подібності–відмінності для визначення подібності об'єктів та ідентифікації цифрової спільності або конфліктності.

7) Виконати тестування і верифікацію розроблених моделей і методів онлайн моніторингу та цифрового управління компонентами сучасної критичної системи.

Об'єкт дослідження – сучасні процеси cloud–edge комп'ютингу для онлайн управління персоналом проекту (компанії, організації) з метою безпечного функціонування критичних систем.

Предмет дослідження – моделі і методи точного метричного моніторингу та цифрового управління прийняття рішень при відборі кваліфікованих кадрів з урахуванням накопиченого досвіду і психофізіологічних факторів.

Методи дослідження – теорія сучасного cloud–edge комп'ютингу, прийняття рішень, машинні методи навчання, метричні моделі і методи

оцінювання процесів і явищ.

Наукова новизна:

1) Вперше запропоновано структурну модель комп'ютингу, яка характеризується інтерактивною онлайн взаємодією між людиною, критичною системою і механізмами точного цифрового моніторингу–управління, що дає можливість виключати відмови, що призводять до техногенних катастроф і соціальних колізій.

2) Вперше запропоновано теоретико–множинний метод пошуку даних, який характеризується og –метрикою визначення подібності–відмінності текстових фрагментів–об'єктів, що дає можливість визначати подібність об'єктів, стратегію трансформування одного об'єкта в інший, а також ідентифікувати рівень цифрової спільності інтересів, конфліктності, плагіаризму, колізій.

3) Удосконалено метричний метод відбору співробітників за заданими еталонними компетенціями, який відрізняється від аналогів урахуванням передісторії, психофізіології, досягнень, знань, умінь, навичок, що дає можливість зменшити некоректні призначення на функціональні позиції.

4) Удосконалено метод метричного інтегрального оцінювання персоналу проекту (компанії), який відрізняється від аналогів застосуванням пошуку квазіоптимального покриття посадових функціональностей, що дає можливість істотно зменшити часові і матеріальні витрати на виконання проекту.

5) Отримав подальший розвиток комп'ютинговий метод прийняття рішень, який відрізняється від аналогів вичерпним онлайн моніторингом і цифровим управлінням, що дає можливість істотного зменшення помилок оператора в процесі функціонування критичної системи.

6) Удосконалено методи сегментного пошуку підмножини ефективних проектних рішень, що враховують параметри трудомісткості і якості, які відрізняються від існуючих структурною відмінністю множин опуклих і неопуклих допустимих варіантів, що дає можливість істотно зменшити час аналізу вихідної інформації для прийняття рішень без зниження їх якості.

Практична значущість. Результати проведеного тестування та

верифікації розроблених моделей і методів онлайн моніторингу та цифрового управління компонентами сучасної критичної системи показали істотне виключення помилкових дій операторів за рахунок зменшення відмінностей між метриками еталонних компетенцій і реальних фахівців. Запропоновано програмну імплементацію теоретико–множинного методу пошуку даних, що показала істотне підвищення продуктивності визначення подібності об'єктів.

Проблеми моніторингу професійної придатності працівника і управління кадрами розглянуто в роботах відомих вчених: Thomas Shea, Christian Imdorf, Silvia Moscoso, Jesús F. Salgado, Mitchell H. Peterson, Pamela Gallahue, Crystal T. Laura, Susanna W. Pflaum, Gabriel Steinhardt, Шмідт Ф.Л., Хантер Дж. І., Уррі В.В., Хооп Ф., Вінк П., Конінгсвелд І., Блейхер В.М., Бурлачук Л.Ф., Морозова С.М., Петров Е.Г., Безкоровайний В.В., Міщенко О.С., Хаханов В.І., Тихомірова Н., Кухаренко В., Білоусова Л., Зимова І., Матросова А., Харченко В., Євтушенко Н., Філатов В., Аванесов В., Раков С..

Отримано фундаментальні результати, однак вирішення окремих науково–технічних завдань підвищення ефективності та безпеки функціонування кіберфізичних і кіберсоціальних систем є актуальним в теоретичному і прикладному аспектах.

Зв'язок дисертації з науковими проектами, держбюджетними темами. Розробка теми дисертації здійснювалася відповідно до планів держбюджетних НДР Харківського національного університету радіоелектроніки в період з 2015 року, в тому числі: 1) НДР № 196 "Розробка методів і інструментальних засобів структурно-параметричної ідентифікації моделей багатофакторного оцінювання і багатокритеріальної оптимізації" (№ ДР 0106U003175). 2) НДР № 236 "Розробка математичних моделей і програмних засобів прийняття багатокритеріальних рішень в умовах невизначеності" (№ ДР 0109U002571). Здобувач брала участь у виконанні робіт за вказаними темами в якості виконавця. В рамках виконуваних робіт здобувачем розроблено математичні моделі, методи, алгоритми та програмне забезпечення для розв'язання задач кіберсоціального комп'ютингу управління персоналом в критичних системах.

Особистий внесок здобувача. Всі наукові и практичні результати отримані автором самостійно. У роботах, опублікованих зі співавторами, здобувачеві належать: [1] – оцінка повноти та достовірності інформаційного забезпечення технологічної підготовки виробництва; [2] – ієрархічна теоретико-множинна модель задачі вибору технологічних рішень, метод прийняття рішень на основі моніторингу та цифрового управління; [3] – ієрархічна теоретико-множинна модель задачі вибору технологічних рішень; [4] – теоретико-множинний метод для істотного підвищення продуктивності пошуку даних шляхом визначення подібності-відмінності текстових фрагментів-об'єктів, що дає можливість визначати подібність об'єктів, стратегію трансформування одного об'єкта в інший, а також ідентифікувати рівень спільності інтересів, конфліктності, плагіаризму, колізій; [5] – методи сегментного пошуку підмножини ефективних проектних рішень, що враховують параметри трудомісткості і якості; [6] – частотний теоретико-множинний метод пошуку даних шляхом обчислення подібності-відмінності текстових фрагментів-об'єктів, що дає можливість визначати подібність об'єктів, стратегію трансформування одного об'єкта в інший, а також ідентифікувати рівень спільності інтересів, конфліктності, плагіаризма; [7] – застосування прецедентного підходу при розробці науково-технічної продукції; [8] – структурне моделювання інформаційного забезпечення проектування технологічних процесів; [9] – оцінка діяльності операторів складного технологічного обладнання; [10] – формування компетентнісного резерву операторів критичних систем в рамках прецедентного підходу, метричний метод відбору співробітників за заданими еталонними компетенціями; [11] – модель системної оптимізації технологічних об'єктів; [12] – моделювання технологічного ланцюжка для контролю якості виробництва нової продукції; [13] – огляд технологій моніторингу та управління соціальними і критичними процесами, структурна модель комп'ютингу між людиною, критичної системою і механізмами точного цифрового моніторингу-управління, тестування і верифікація моделей і методів онлайн моніторингу – цифрового управління компонентами сучасної критичної системи; [14] – метод моніторингу

соціальних процесів, виділення підмножин ефективних рішень в задачах реінжинірингу технологічних систем; [15] – аналітична модель відношень у соціальних структурах, стратегії генерації варіантів в технологіях оптимізації структур територіально розподілених об'єктів, метод метричного інтегрального оцінювання персоналу проекту чи компанії; [16] – опис можливостей застосування технології Big Data для кіберуправління соціальними процесами, моделювання задачі вибору технологічних рішень; [17] – параметричний синтез багатокритеріальних оціночних моделей для технологій проектування; [18] – моделі кіберсоціального комп'ютингу для критичних систем.

Апробація результатів дисертації. Результати роботи були представлені та обговорені на конференціях: 1) VII Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні технології в економіці та управлінні підприємствами, програмами та проектами», Алушта, 2009; 2) «Сучасні проблеми управління виробництвом», Донецьк, 2009; 3) «Інформаційні системи і технології», ICT, Харків, 2015; 4) «Математичне моделювання процесів в економіці та управлінні проектами і програмами ММП», Коблево–Харків, 2017. 5) Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання, Івано–Франківськ, 2018; 6) 7–th International Scientific and Technical Conference Information Systems and Technologies IST, Kobleve–Kharkiv, 2018; 7) IEEE International Conference TCSET, Lviv–Slavsk, 2020; 8) "Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання", Івано–Франківськ, 2019; 8) "Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання", Івано–Франківськ, 2019; 9) «Інформаційні системи та технології» ICT, Коблево–Харків, 2019; 10) «Інтелектуальні системи та інформаційні технології», Одеса, 2019. 11) 2019 IEEE 5th International Conference “Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments” (APUAVD) (Kyiv, Ukraine). 12) 18-th IEEE East-West Design & Test Symposium ((EWDTs 2020), Varna, Bulgaria.

Публікації. Результати наукових досліджень опубліковані у 18 друкованих працях: 5 статей у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у міжнародному науковому журналі за кордоном; 12 матеріалів міжнародних

наукових конференцій. Здобувач має 3 публікації у наукометричній базі Scopus та індекс Хірша $h = 0$.

Структура дисертаційна робота складається зі 173 сторінок (з них 167 сторінок основного тексту) і містить: 5 розділів, 25 рисунків, перелік джерел з 102 назв (на 13 с.), 3 додатки (на 6 с.), анотації на 14 с.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ КІБЕРСОЦІАЛЬНОГО КОМП'ЮТИНГУ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ ДЛЯ КРИТИЧНИХ СИСТЕМ

Позаштатна або критична ситуація (КС) – це стан, який виходить за рамки допустимих (нормальних) станів, визначених розробниками, що може призвести до аварії, тобто до будь-якої випадкової події, у тому числі з помилками обслуговуючого персоналу, відмовами обладнання та іншими неполадками, наслідки яких (реальні або потенційні) не можуть ігноруватися з точки зору безпеки та якості цільового функціонування системи [1]. Прогрес в області обчислювальної техніки, комп'ютингу, засобів накопичення, зберігання і передачі інформації відкрив широкі перспективи створення і розвитку інформаційних технологій, а також автоматизації всіх аспектів людської діяльності. Кіберфізичні системи за рахунок виключення людини з виробничого та технологічного процесів дозволяють істотно підвищити ефективність, безпеку організаційних структур. Технічний прогрес, вдосконалення інформаційних технологій, постійне зростання обсягів і швидкостей обміну інформацією дозволяють скоротити час і підвищити вірогідність прийняття рішень.

1.1 Аналіз особливостей критичних систем як об'єктів проектування

Концентрація виробничих потужностей під керуванням однієї людини призводить до зростання масштабів матеріальних втрат у разі помилкового або несвоєчасного прийняття рішень. Вивчення роботи оператора здійснюється з точки зору інженерної психології, фізіології, ергономіки [2]. Інженерна психологія вивчає діяльність людини–оператора з інженерно–педагогічної та експлуатаційної точок зору. До інженерно – педагогічної відносяться: відбір, експертна оцінка, навчання. До експлуатаційної: здатність до переробки і

сприйняття інформації. Останнім часом зріс інтерес до операторської діяльності з боку організаційної психології, яка вивчає роботу людини–оператора як предмет проектування, і як результат організації праці. При цьому самого індивідуума розглядають, як системоутворювальний компонент діяльності. Іншими словами оператор є не пасивним елементом ергативної системи, а активно впливає на діяльність і функціонування системи в цілому. Істотне значення при цьому надається технології прийняття рішень, яка визначає ефективність дій людини. Відповідно до ДСТУ 3899 [3], операторська діяльність визначається як процес цілеспрямованого впливу людини на об'єкт праці і складається з впорядкованої сукупності дій з метою досягнення поставленої мети.

Операторська діяльність в силу її специфічних професійних особливостей повинна розглядатися відокремлено при розробці планів кадрового забезпечення інноваційних проектів і аналізі їх можливості бути реалізованими. Характерною рисою сучасних виробничих і технологічних процесів є широке впровадження теорії і практики засобів автоматизації на основі інформаційних технологій, роботизованих програмних комплексів і виробництв [4]. Для обслуговування і управління технологічними процесами такого типу необхідний спеціально підготовлений кадровий персонал операторів людино–машинних систем. Людино–машинну систему необхідно розглядати як систему взаємодії людина–машина–середовище, при цьому слід враховувати взаємодію людини з технічними пристроями і з середовищем існування. Голландськими дослідниками була запропонована ОТН–модель (Organization, Technology, Humanfactors) успішної діяльності організації в сучасних економічних, інформаційних і технологічних умовах [5]. Ця модель враховує три складових: організація, техніка і людина, які реалізуються в процесі виконання таких заходів: планування робіт, проектування інформаційних технологій, проектування робочого місця і обладнання.

Оптимізація зазначених складових дозволяє забезпечити основні умови поліпшення діяльності підприємства: ефективність, якість, гнучкість і новизну,

безпеку виробництва. На результати роботи можуть також впливати такі особливості індивідуума, як: фізичний, соціальний, особистісно–психологічний фактори, а також стиль роботи як самої людини–оператора, так і колективу в цілому. Сукупність усіх факторів не просто впливає на трудову діяльність людини, але й може визначати подальшу поведінку людини і зовнішнього середовища, може накопичуватися, не компенсуючись іншими видами діяльності. В кінцевому підсумку це може призвести до травматизму, перенапруження, помилковості прийнятих рішень і зниження ефективності роботи. Описана модель може застосовуватися для будь–якого виду діяльності, якщо під «технологією» розуміється не тільки технологія виробництва продукції, а й технологія управління кіберсоціальними і кіберфізичними системами. У цьому випадку завдання ефективного управління зводиться до задачі прийняття рішень в умовах наявності людини–оператора, множини використовуваних технічних засобів і середовища діяльності для вирішення завдань забезпечення безпеки і ефективності системи [6]. Нештатні ситуації, що виникають в кіберсоціальних і кіберфізичних системах, вимагають створення нових моделей, методів і технологій управління об'єктами і процесами.

Процес управління слід розглядати як комбінацію формального і психологічного підходів, що дає можливість з більшою вірогідністю описати процес прийняття рішення людиною–оператором в критичній ситуації. При цьому слід рухатися в напрямку пошуку нових психологічних моделей і підходів [7]. При управлінні критичними системами процес прийняття рішень займає центральне місце в діяльності оператора, особливо це стосується кіберфізичних систем, де людина управляє динамічним об'єктом. В цьому випадку індивідуум приймає рішення щодо визначення рівня критичності і вибору доцільних стратегій усунення потенційно небезпечних ситуацій. Процес прийняття рішень містить: виявлення потенційно небезпечної ситуації, уявне висунення гіпотез усунення таких ситуацій, їх оцінку і вибір найбільш вірної дії, що дозволяє досягти необхідного ефекту в найкоротший термін [8]. Для вивчення механізму прийняття рішень необхідно мати опис структури кіберфізичної системи з

урахуванням протікання психічних процесів. У простій ситуації рішення може бути знайдено на основі досвіду, навичок та інтуїції без підключення математичних методів. У складних аварійних ситуаціях важко обійтися без математичного апарату, використовуючи який можна знайти алгоритм або прогноз поведінки людини в критичній ситуації. Якщо врахувати, що критична ситуація завжди носить негативне емоційне забарвлення, яке в свою чергу гнітюче діє на творчу активність людини, в цьому випадку мало ймовірно суворе дотримання логічних правил [9]. У стресовій ситуації індивідууму властиво проявляти не тільки логічне мислення та інтуїцію, а й рефлексорну поведінку. Рефлексорна поведінка, в свою чергу, є відображенням взаємодії зовнішньої і внутрішньої моделі діяльності людини, при чому не тільки на інформаційному, а й на фізіологічному рівні, що може в стресовій ситуації викликати конфлікт на рівні їх структурованих складових.

З наявних на даний момент експериментальних матеріалів про поведінку людини в критичних позаштатних ситуаціях [10] можна зробити такі висновки: механізм мислення людини в критичній ситуації реалізує властиву даному індивідууму логіку поведінки, засновану на попередньому досвіді, а не обрану випадковим чином; механізм мислення людини реалізує не принципи нормативних наук, а свої власні принципи і особливості поведінки в критичній нештатній ситуації; в реальних критичних ситуаціях поведінкою людини керує не який-небудь один одиничний мотив, а якась ієрархічно вибудована комбінація мотивів. Основний вплив надають домінуючі мотиви під дією яких у конкретного індивідуума формуються відповідні принципи поведінки. Такі принципи поведінки неможливо нав'язати ззовні, вони формуються в процесі виховання, навчання, що представляє собою усунення конфлікту між логічним і психологічним. Під психологічним виступають індивідуальні варіації активності, які істотно впливають на групування ієрархії мотивів поведінки; формування колективного мислення дає можливість психологічного впливу на поведінку за допомогою рефлексивного управління – виконання певних дій, пов'язаних між собою цілями, місцем і часом.

Діяльність людини–оператора відноситься до інтелектуальної сфери, причому існує пряма залежність між інформаційною осначеністю оператора і ймовірністю його успішних дій в разі виникнення критичної ситуації. Тому, навчання (розвиток компетенцій) і тренінг, як за допомогою технічних засобів, так і за допомогою самонавчання повинні бути спрямовані на розвиток інтелектуальної активності, яка характеризує творчий потенціал індивідуума. Критична ситуація, як фактор діяльності людини–оператора має три аспекти: зовнішній, інформаційний, фізіологічний. Зовнішній – взаємодія оператор–машина або оператор –технологічний процес. Інформаційний – концептуальна модель управління процесом – реальний процес. Фізіологічний – необхідність виконання професійних обов'язків – порушення адаптації та здоров'я. Співвідношення між цими аспектами визначають специфіку того, чи іншого виду операторської діяльності. Ці три аспекти впливають на помилковість прийнятих оператором рішень. Як показують результати аналізу помилкових дій персоналу енергетичних підприємств [11], в структурі причин помилок людини–оператора істотне значення має психологічна невідповідність індивідуума вимогам професії (35%), далі йде неергономічність виробничих приміщень, робочих місць (30%) і останнє місце займає недостатній рівень кваліфікації персоналу (25%), хоча йому, традиційно, приділяється найбільша увага, інші види помилок складають решту 10% (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Структура помилок людини-оператора

1.2 Прогнозування потреби в трудових ресурсах

Системний підхід до планування потреби в трудових ресурсах передбачає всебічний аналіз даного виду ресурсу, що відрізняється кількісними і якісними характеристиками. Кількісний склад співробітників залежить від трудомісткості робіт і відбивається в штатному розкладі. Якісним характеристикам трудових ресурсів для роботи в критичних системах приділяється особлива увага. Прогнозування потреби в персоналі ґрунтується на аналізі прогнозів попиту і пропозиції для визначення перспективної нестачі або надлишку кадрових ресурсів. Головним завданням прогнозування є встановлення впливу тенденцій розвитку ринку на зміну потреби в персоналі. Вирішення цього завдання дозволяє організації завчасно приймати і реалізовувати рішення, розраховані на перспективу (наприклад, добір або навчання персоналу, орієнтовані на зміну продукції або послуг організації). Планування стратегії розвитку підприємства та прогноз її реалізації не може вирішуватися без урахування необхідного складу людського ресурсу за кількістю і якістю, джерел і способів його формування.

Робота зі стратегічного та оперативного планування являє собою не одноразовий, а перманентний процес. При цьому мова повинна йти про цикли планування, які впливають зі стратегії розвитку організації, визначеної керівництвом організації і контрольними органами. Стратегічне планування передбачає шість взаємопов'язаних напрямків діяльності: 1) Прогнозування попиту і визначення цілей розвитку – оцінка потреб в робочій силі на основі корпоративних і функціональних планів і прогнозів майбутніх рівнів діяльності. 2) Прогнозування пропозиції – оцінка пропозиції робочої сили на основі аналізу поточних ресурсів і їх наявності в майбутньому з урахуванням втрат за рахунок плинності. 3) Прогнозування потреб – аналіз прогнозів попиту і пропозиції для встановлення майбутньої нестачі або надлишку персоналу. 4) Аналіз продуктивності і витрат – з метою виявлення необхідності збільшення продуктивності і зниження витрат. 5) Планування діяльності – розробка плану дій щодо запобігання прогнозованої нестачі або надлишку персоналу з метою

поліпшення її використання, збільшення продуктивності і скорочення витрат. б) Бюджетування і контроль – складання бюджету, норм витрати трудових ресурсів і моніторинг виконання планів по ним.

Мистецтво прогнозування полягає в здатності визначити тенденції розвитку ринку і їх вплив на потреби в персоналі раніше конкурентів і скористатися цією перевагою, наприклад заздалегідь почати підбір кваліфікованих фахівців. Розуміння динаміки факторів, що впливають на потреби організації в робочій силі, є основою прогнозування трудових ресурсів. Аналіз можливості кадрового забезпечення планованих стратегій розвитку підприємства передбачає вивчення можливості забезпечити виробничі процеси кваліфікованими операторами для контролю і регулювання режимів роботи обладнання і технічних операцій [12,13]. Ефективне управління людськими ресурсами є одним з основних факторів економічного успіху підприємства. Воно покликане забезпечити сприятливе середовище, в якому реалізується трудовий потенціал працівника, розвиваються його індивідуальні здібності, а співробітники організації отримують задоволення від виконаної роботи і суспільне визнання своїх досягнень. Тим самим, в сфері управління людськими ресурсами відбувається послідовне зміщення акцентів з технократичних підходів, які регламентуються змістом трудового процесу, до цілісного системного підходу, в основі якого – довготривалий розвиток трудового потенціалу працівників. Це змістовно змінює планування трудових ресурсів: від простого оперативного вирішення проблем, що виникають, воно переходить до стратегічного прогнозування і визначення майбутніх потреб у трудових ресурсах, потреб працівників організації та розвитку їх потенціалу. Поряд з плинністю кадрів, розглядається ступінь задоволеності співробітників роботою. Ці показники використовуються для оцінки успішності роботи з персоналом: набору, відсіювання, відбору, навчання, спрямованих на підвищення рівня відповідності між людьми, роботою і організаціями. Зазвичай організації несуть великі фінансові втрати через абсентеїзму, він також є однією з найпоширеніших причин звільнення співробітників. Організаційні психологи вивчають цю

проблему протягом багатьох років [14]. Протягом довгого часу загальноприйнятою точкою зору на абсентеїзм було уявлення про нього як про реакцію на незадоволеність роботою. Це припущення ґрунтується на результатах великої кількості досліджень, в яких була виявлена помірна негативна залежність між задоволеністю роботою і показниками абсентеїзму (чим нижче задоволеність, тим вище абсентеїзм). Можливо також, що причину і наслідок слід поміняти місцями. Альтернативна можливість полягає в тому, що деякі люди висловлюють незадоволеність роботою, тому що їм необхідно знайти виправдання власної схильності до прогулів.

В цілому при плануванні необхідно враховувати: існуючі людські ресурси, потенційні втрати ресурсів за рахунок плинності кадрів, потенційні зміни ресурсів через внутрішні просування, результати змін умов роботи і абсентеїзму, джерела пропозиції всередині підприємства.

Планування і управління персоналом як система комплексних рішень дозволяє [15]: забезпечити організацію необхідним персоналом, підібрати людей, здатних вирішувати поставлені завдання і формувати нові підходи до їх вирішення, забезпечити необхідний рівень кваліфікації працівників.

Існує кілька етапів планування потреби в персоналі: 1) визначення мети планування; 2) визначення виду і методу планування потреби в персоналі; 3) визначення типів потреби в персоналі. Цілями планування є: забезпечення виробничого процесу (в широкому сенсі) організації персоналом з урахуванням необхідної чисельності та якості, активна організація роботи з персоналом як в короткостроковому (комплектування персоналу), так і в довгостроковому (розвиток персоналу) аспектах, організація роботи служби управління персоналом.

Розрізняють такі види планування потреби в персоналі: проектне – визначення нормативної потреби в персоналі (при створенні підприємства) або її зміни при здійсненні організаційних змін (скорочення, розширення, повне або часткове перепрофілювання, впровадження нової техніки); поточний – визначення чистої потреби в персоналі на період (місяць, квартал, рік – не

більше) як відхилення від нормативної потреби за рахунок дії таких чинників, як зміна завантаження підприємства, фактична кваліфікація персоналу; визначення валової потреби в персоналі на той же період як відхилення від чистої потреби за рахунок дії таких чинників, як дисципліна, хвороби, плинність; перспективне – визначення валової потреби в найбільш важливих або "дефіцитних" категоріях персоналу на перспективу (два роки і більше) і можливостей її задоволення за рахунок внутрішніх джерел.

Методи планування потреби в персоналі базуються на оцінці потреби, організаційно–фінансовому плані укомплектування і оперативному розрахунку чисельності персоналу.

Застосовуються наступні види оцінки потреби в персоналі: кількісна: аналіз організаційної структури – рівнів управління, вимог технологій, маркетингового плану, плану матеріально–технічного постачання, аналіз кількості заповнених вакансій; якісна: аналіз організаційної структури – рівнів управління, вимог технології, маркетингового плану, плану матеріально–технічного постачання; часова: аналіз плану введення в дію підприємства, розгортання виробництва; прогноз зміни чисельності і якості персоналу з урахуванням прогнозу зміни технології.

Для робіт в критичних системах структура кадрового ресурсу може розглядатися складається з трьох основних груп працівників: інженерно–технічні працівники за номенклатурою спеціальностей, основні робочі (оператори) за особливостями керованих систем і адміністративно–управлінський персонал (менеджери). Підходи до вирішення кадрових задач для кожної з цих груп мають специфікою, пов'язаною з виробничими завданнями груп, способом їх формування і джерелами отримання ресурсу. З іншого боку загальні положення в питаннях управління кадровими ресурсами зберігають свій вплив на формування планів і прогнозу можливості бути реалізованим прийнятих рішень щодо необхідного кадрового ресурсу. До таких положень можна віднести: вихідну інформацією для прогнозування кількості та якості операторів для роботи в критичних системах, якою є технологічна документація;

прогноз складу інженерно–технічного персоналу, що будується на основі аналізу технічних пропозицій, проектної документації та досвіду минулих робіт. При цьому необхідно враховувати, що заміна одного інженерно – технічного працівника або керівника середньої ланки обходиться в суму приблизно рівну їх річному окладу, а пошук, підготовка та підбір фахівців на виникаючі вакансії з внутрішніх джерел дозволяє знизити ці витрати приблизно в два–три рази. Отже основним завданням кадрового забезпечення розвитку підприємства є створення системи формування кадрового резерву підприємства. Виходячи з викладеного вище, впливає, що, плануючи стратегії розвитку підприємства, особливу увагу слід звернути на аналіз реалізованості стратегії в питаннях однієї з її основних складових – кадрового ресурсу, джерел залучення і методів підвищення його якості.

В сучасних умовах комп'ютеризованого виробництва на основі роботизованих виробничих ліній, виникає необхідність у виробничому персоналі, що виконує операторські функції контролю та управління автоматизованими процесами. Робота операторів має певну специфіку, пов'язану з необхідністю прийняття рішень при виникненні позаштатних (критичних) ситуацій в роботі обладнання. Ця обставина призводить до необхідності створення внутрішнього резерву операторів для роботи в критичних системах. Вихідною інформацією для реалізації плану і прогнозування можливості створення команди, що реалізує стратегію розвитку, є технічна документація, розрахунки технологічної служби, трудомісткість за видами робіт.

Оскільки планування та корекція кар'єрних планів розвитку співробітників – безперервний процес, і протікає спільно з процесом поточної діяльності, то і прогноз складу кадрового ресурсу проводиться з урахуванням системи безперервного навчання співробітників, з метою розширення їх компетентності, що дасть можливість формування внутрішнього резерву кадрового складу за професіями і спеціальностями. При такій постановці питання, доцільним є створення професійного (компетентнісного) внутрішнього резерву. Науковою основою практичного управління людськими ресурсами при підборі персоналу

для робіт в критичних системах є такі методи, використовувані для аналізу і побудови системи управління персоналом [9]: системний аналіз, метод структуризації цілей, експертно-аналітичний метод, метод функціонально-вартісного аналізу, метод головних компонент, метод аналогій (прецедентів).

Перераховані вище методи можуть використовуватися в різних комбінаціях, але в цілому на їх основі створено ряд більш специфічних методів, що застосовуються для вирішення тих чи інших конкретних питань управління персоналом. Наступним кроком є відбір прецедентів за певними критеріями в залежності від виду планованої трудової діяльності. У ряді організацій розроблено спеціальні анкети претендента на посаду спеціаліста. Підвищення ефективності та надійності відбору пов'язується з послідовним проведенням перевірки ділових та особистих якостей кандидата, заснованої на взаємодоповнюючих методах їх виявлення і джерелах інформації. Здійснюється поетапний відбір кандидатур, відсіювання тих кандидатів, які виявили явну невідповідність вимогам, що пред'являються. Одночасно застосовують по можливості об'єктивну оцінку фактичних знань і ступеня володіння кандидатом необхідними виробничими навичками. Таким чином, формується складна багатоступенева система відбору кадрових ресурсів. Формуючи вимоги до кандидатів на ту чи іншу посаду, слід відрізняти якості, які необхідні під час вступу на роботу, і якості, які можна придбати досить швидко, освоївшись з роботою після призначення на посаду. Після цього експертами проводиться робота з визначення рівня відповідності вимогам кандидатів на вакантну посаду. Кандидат, який найбільшою мірою володіє всіма необхідними для вакантної посади якостями, займає цю посаду.

Практичний досвід є найважливішим критерієм рівня кваліфікації працівника. Тому більшість роботодавців воліють наймати працівників з досвідом. Одним із способів вимірювання досвіду роботи в організації є встановлення трудового стажу, що відбиває час, протягом якого людина працювала в даній організації на певній посаді. Підбір і розстановка персоналу забезпечує ефективне заміщення співробітників, виходячи з результатів

комплексної оцінки. Підбір і розстановка кадрів передбачає планування службової кар'єри, яке здійснюється виходячи з результатів оцінки потенціалу і індивідуального внеску, віку працівників, виробничого стажу, кваліфікації, множині вакансій (посад). При цьому необхідно враховувати умови праці, гарантовану оплату і преміальні, оснащення робочого місця, соціальні гарантії. Планомірний рух кадрів, що включає підвищення, переміщення, пониження і звільнення, залежить від результатів оцінки працівників та відповідності умов оплати праці їх життєвим інтересам [16].

1.3 Джерела отримання трудових ресурсів

Керівник кіберсоціальної або кіберфізичної системи прагне створити ефективний трудовий колектив, учасники якого мали б високу працездатність, почуття відповідальності, здатність приймати високоефективні й швидкі рішення в різних ситуаціях, які можуть виникнути в процесі роботи в критичних системах. Таким чином, для досягнення результатів в мінімальні терміни і з максимальною ефективністю необхідно залучати таких працівників, знання, досвід і злагожденість роботи яких оптимальні для застосування в критичних системах. В процес управління людськими ресурсами входять наступні завдання [17]: планування потреби в трудових ресурсах, набір персоналу, підвищення кваліфікації персоналу, управління персоналом. Планування потреби в трудових ресурсах полягає у визначенні потреби в персоналі і визначається як "процес залучення необхідної кількості кваліфікованих людей для виконання необхідної роботи в необхідний час". Планування потреби в трудових ресурсах складається з чотирьох основних етапів [18,19]: визначення впливу стратегічних і тактичних цілей підприємства на його кадрову структуру, визначення навичок, знань і загальної кількості співробітників, необхідних для досягнення цілей підприємства, визначення переліку спеціальних додаткових навичок і знань, необхідних співробітникам підприємства, розробка адекватних планів кар'єрного розвитку персоналу.

Набір персоналу полягає в залученні трудових ресурсів, необхідних для виконання робіт. Існує два можливих джерела поповнення трудових ресурсів: зовнішній (з людей, до цього ніяк не пов'язаних з підприємством); внутрішній (з уже наявних на підприємстві співробітників) [16]. Набір персоналу за рахунок внутрішніх джерел багато в чому залежить від кадрової політики адміністрації підприємства в цілому. Розумне використання наявних трудових ресурсів часто дозволяє обійтися без нового набору, але вимагає роботи по створенню системи підвищення кваліфікації персоналу, що працює в критичних системах. Це вимагає цілеспрямованого навчання окремих співробітників і зміцнення взаємодії між ними з метою підвищення ефективності виконання робіт, що особливо важливо при роботі в критичних системах. Використання кадрового резерву забезпечує підприємство підготовленими співробітниками, які знають спеціалізацію організації, її структуру та особливості організаційних вимог до співробітників. Управління персоналом полягає в контролі за ефективністю робіт кожного окремого співробітника, забезпечення зворотного зв'язку, рішення проблем і координація змін, спрямованих на підвищення ефективності робіт в критичних системах. Ці процеси взаємодіють як один з одним, так і з процесами з інших галузей знань. Залежно від потреби на кожній ділянці роботи можуть виконуватися одним або групою спеціалістів. Особливе значення має практика створення системи підвищення компетентності та придбання суміжних професій і спеціальностей в області планованих інновацій в рамках стратегії розвитку підприємства. Джерелами поповнення відсутнього резерву можуть бути – резерв після відповідної підготовки і стажування або працівники минулих періодів, які виконували аналогічні або близькі види робіт. Пошук здійснюється в базі даних за прецедентним методом.

1.4. Аналіз діяльності і оцінка працездатності оператора

Причиною обмежених можливостей оцінки і прогнозування працездатності оператора є недостатній рівень знань про механізми формування

методологічних засобів оцінки професійно важливих параметрів діяльності людини (метрики). Замість того, щоб вирішувати кожну задачу, виходячи з первинних принципів, експерт часто аналізує ситуацію в цілому і згадує, які рішення приймалися раніше в подібних ситуаціях. Потім він або безпосередньо використовує ці рішення, або, при необхідності, адаптує їх до обставин, що змінилися для конкретної задачі.

Підхід, заснований на аналізі минулих ситуацій, привів до появи технології логічного висновку, заснованого на прецедентах (Case-Based Reasoning, CBR) [20]. У ряді ситуацій метод виведення по прецедентах має серйозні переваги в порівнянні з висновком, заснованим на правилах. Найбільшу ефективність він має в наступних випадках: основним джерелом знань про завдання є досвід, а не теорія; рішення не унікальні для конкретної ситуації і можуть бути використані в інших випадках; метою є не екстремально вірне рішення, а найкраще з уже випробуваних. Таким чином, висновок, заснований на прецедентах, являє собою метод побудови систем прийняття рішень на основі результатів пошуку аналогій, що зберігаються в базі прецедентів. Системи виведення по прецедентах реалізують дві основні операції: пошук найбільш придатних прецедентів; подальшу адаптацію знайденого рішення. В основі всіх підходів до відбору прецедентів лежить спосіб вимірювання ступеня близькості прецеденту і аналізованого випадку. При таких вимірах обчислюється чисельне значення міри близькості для множини прецедентів, які потрібно враховувати для прийняття рішень в поточній проблемній ситуації. Основним недоліком таких систем є суб'єктивізм вибору міри близькості. Крім того, безпідставним виглядає поширення загальної міри близькості на вибірку даних в цілому. Залежно від виду операторської діяльності в процес роботи оператора включаються ті чи інші здібності які визначаються об'єктивними вимогами процесу управління. Існує кілька підходів до класифікації видів операторської діяльності. Найбільш часто використовуваним є підхід, що дозволяє визначити обсяг і зміст процесу навчання і перепідготовки операторського резерву і оцінити можливі джерела відбору кадрів, ґрунтуючись на наступній класифікації: оператор–начальник;

оператор–дослідник; оператор–контролер (спостерігач); оператор–маніпулятор; оператор–технолог.

У відповідності зі специфікою діяльності та ознаками керованого процесу необхідно враховувати такі особливості: характер протікання процесів управління: для цього виду операторської діяльності характерна робота з недетермінованими процесами; режим роботи: негайного або відстроченого обслуговування; участь людини в процесі управління: діяльність оператора складається в періодичному вирішенні ряду пов'язаних завдань; спосіб переробки інформації: абдуктивний або дедуктивний.

Категорія операторів–контролерів (спостерігачів) набула найбільшого поширення серед операторів технічних систем, що працюють в режимі реального часу (диспетчер, оператор технологічних процесів і обладнання). У цьому випадку характер протікання процесу управління недетермінований. Це означає, що діяльність оператора протікає за заздалегідь відомим сценарієм, однак моменти появи сигналів, самі сигнали і їх послідовність заздалегідь невідомі. У той же час відомий характер керуючих дій оператора при виявленні того чи іншого сигналу. За ступенем безперервності участі людини–оператора в процесі управління: активна діяльність оператора або диспетчера протікає безперервно, при нормальному перебігу процесу оператор тільки спостерігає за ходом його протікання і не робить активного керуючого впливу, а в разі відхилення процесу від норми оператор активно впливає на нього і за певний час повинен відновити процес в нормальний стан. За способом переробки інформації: в штатних (нормальних) ситуаціях використовується дедуктивний метод управління, який можна представити у вигляді формули $y = F(x)$, де x – вхідний сигнал; y – вихідний сигнал; F – логічне правило перетворення вхідного сигналу в вихідний.

У критичних (аварійних) ситуаціях, які характеризуються відхиленням від нормального режиму протікання технологічного процесу використовується абдуктивний спосіб, який можна представити у вигляді виразу: $x = F^{\wedge}kr(y)$, де y – результат впливу; $F^{\wedge}kr$ – задане правило перетворення; x – наслідки

(величина відхилення) від нормального стану. Цей спосіб застосовується в разі, коли за заданим (вимірним) наслідком і відомим правилом перетворення необхідно знайти причину неузгодженості з метою ліквідації відхилень. Залежно від інтенсивності психічних процесів: сенсорно–перцептивної і когнітивної діяльності, які базуються на отриманні інформації, її аналізі, первинній оцінці, процеси прийняття рішення, логічна обробка інформації та виконання дій дещо спрощені. Для такого типу діяльності характерним є великий обсяг інформації і концептуальних моделей. В залежності від величини інтервалів часу з моменту отримання інформації до виконання керуючого впливу оператор може працювати в режимі реального часу або відстроченого обслуговування.

Аналіз діяльності людини–оператора дозволяє встановити, що найбільший вплив екзогенні та ендогенні фактори роблять на працездатність оператора при переході від режиму спостереження до режиму вироблення керуючого впливу. Керуючий вплив залежить від форми і стану функціональної системи діяльності оператора, організації та стану психофізіологічного забезпечення його працездатності. Ефективність діяльності оператора забезпечуються фізичною і розумовою складовими його професійної працездатності, факторами виробничого середовища, загальною і професійною мотивацією [21, 22]. У процесі професійного зростання (відбір, навчання, тренінги, перепідготовка, набутий досвід) формується і рівень професійної працездатності. При оцінці рівня професійної працездатності повинні враховуватися комфортність умов на робочому місці, які обумовлюють рівень впливу зовнішнього середовища, і напруженість роботи оператора. Питанням оцінки стану людини–оператора присвячений ряд досліджень [23–27], аналіз яких дозволяє виділити чотири чинника, які визначають ефективність діяльності оператора людино–машинних систем: професійний відбір, рівень навчання, організація роботи людини в залежності від його психофізіологічних можливостей, ідентифікація поточного стану людини–оператора. Необхідність останнього обумовлена тим, що більшість аварій відбувається з вини операторів, що мають високу кваліфікацію. Однією з причин створення такої ситуації є природне коливання

функціонального стану людини протягом року, місяця, робочого дня і складність прогнозування таких змін.

В роботі [28] запропоновано психофізіологічні методи для оцінки станів напруги з точки зору інформативності по відношенню до різних видів діяльності: фізичної, розумової і емоційної напруги. Інформативність показників аналізується за допомогою моделі трирівневої напруги «афективна напруга → зусилля → підготовча активація» і відповідного нейрофізіологічного механізму «мигдалевидна заліза → гіпокамп → базальні ганглії». Завдання прогнозування надійності та ефективності діяльності людини–оператора базується на таких складових: вибір і оцінювання параметрів діяльності або стану; вибір інформаційних показників для прогнозу; синтез моделі і визначення методів прогнозу (математичний апарат). Аналіз аварій і нещасних випадків традиційно зводиться до поняття «помилка оператора», тоді як практика свідчить про те, що аварії, найчастіше, бувають спровоковані збігом кількох обставин. Тому, прогнозування має ґрунтуватися на сукупності факторів, що впливають на ситуацію. Працездатність оператора розглядається як об'єкт управління організаційно–психологічними методами, а система оцінювання і прогнозування – як система управління працездатністю оператора.

Людина–оператор, як система характеризується набором статичних характеристик $H^{ст}$ (рівні психофізіологічних параметрів) і динамічними характеристиками $H^{дин}$ (темпами зміни параметрів) функціонального стану, які взаємодіють між собою і спільно формують множину $f_a \in F$ вихідних параметрів працездатності, що дозволяють оцінити працездатність оператора C . Комплекс технічних засобів K шляхом відображення інформаційної моделі I разом з організаційними діями O впливає на оператора, змінюючи параметри процесу його функціонального стану.

Якість процесу управління оператором системи «людина–машина–середовище» описується в загальному випадку наступним чином: $f_a = F(H^{ст}, H^{дин}, P, K, O, I)$, $C = \Psi(f_a) \rightarrow S$, де $f_a \in F$ – множина вихідних параметрів

працездатності оператора; H^{CT} – рівень психофізіологічних параметрів стану оператора (статичні характеристики); $H^{дин}$ – динамічні характеристики стану оператора; I – інформаційна модель; O – організаційні дії; P – безпосередні дії; C – працездатність оператора; K – комплекс технічних засобів системи «людина–машина–середовище».

Оскільки загальна мета управління – забезпечення максимальної якості функціонування системи, то ефективність системи «людина–машина–середовище» можна представити виразом:

$$C^*(t) = \operatorname{argmax}_{r,o,b,m} S(t) = \operatorname{arg} \max_{r,o,b,m} f[R(t), O(t), B(t), M(t), t]$$

где $r(t) \in R(t)$, $o(t) \in O(t)$, $b(t) \in B(t)$, $m(t) \in M(t)$; C^* – мета і оцінка прогнозу функціонального стану і працездатності в системі «людина–машина–середовище»; S – система «людина–машина–середовище»; R – реалізована працездатність людини–оператора; O – організація системи; B – стан обладнання; M – міжелементний інтерфейс; t – динаміка розвитку системи «людина–машина–середовище» протягом часу.

Всі фактори є функціями часу, але на коротких інтервалах часу стан обладнання, організацію системи та інтерфейс можна вважати постійними і незалежними від часу t . В такому випадку

$$B(t) = B, O(t) = O, M(t) = M$$

$$C^*(t) = \operatorname{argmax}_{r,o,b,m} S(t) = \operatorname{argmax}_{r,o,b,m} f[R(t), O, B, M, t]$$

Звідси, можна вважати, що якість функціонування системи «людина–машина–середовище» може змінюватися в часі в залежності від працездатності оператора. Точність оцінки C^* істотно впливає на можливість досягнення максимальної якості та залежить від вибору множини показників функціонування системи або працездатності оператора в залежності від рівня їх визначеності. Згідно трирівневої моделі формування працездатності оператора, описаної вище, на кожному рівні опису і прогнозу функціонування системи і працездатності оператора повинна виконуватися така умова: $[n \in N]$ и $[D^i \in$

$D]$, $i = 1, 3$, де i – рівень опису; D^i – множина показників, що вибирається відповідно до специфіки формування функціональної системи діяльності на i -му рівні, для забезпечення відповідності моделей працездатності оператора реальному стану оператора. До цієї множини повинні входити показники динамічного функціонування системи, що забезпечують діяльність оператора. Структурою функціональної системи діяльності визначаються конкретні показники і місця їх вимірювання для кожного виду операторської діяльності. З огляду на це мета управління працездатністю оператора формулюється для керуючого впливу $C = \Psi(F)$, де існує оцінка C^* , така що $|C^* - C| \leq \gamma$, для якої забезпечується якість роботи оператора S , причому $|S \rightarrow S_{max}|$, для рівня вимог до роботи людини–оператора λ виконується умова $|S - S_{max}| \leq \lambda$.

Для ефективного управління працездатністю оператора потрібно знайти таке управління, яке реалізує мету (1.7), для якої умова (1.6) приймає найменше значення $B(C^*) = \int_t^{t+\tau} W(f, c) dt$ і залежить від вартості W і часу t обстеження оператора, яка задана на замкнутій обмеженій множині $C \subset R^a$, і досягає в деяких точках множини мінімального значення $\min_{C \in C} B(C)$. Ефективне управління працездатністю оператора забезпечується при виконанні умов $|C^* - C| \leq \gamma$, $|S - S_{max}| \leq \lambda$, $B(C^*) = \min_{C \in C} B(C)$. Ефективне управління працездатністю людини: індивідуум розглядається як система відповідно до організації психофізіологічного забезпечення. При цьому оцінки на кожному етапі виступають в ролі керуючої інформації в системі управління працездатністю людини–оператора. Можливе використання психофізіологічної інформації для аналізу функціонування системи і працездатності людини–оператора в майбутньому. При цьому інтервал прогнозування залежить від прийнятого рівня працездатності і методології синтезу моделі. В якості керуючих координат працездатності береться оцінка працездатності, а завдання управління працездатністю формулюється як задача оптимального управління. Працездатність оператора C описується в фіксований момент часу фазовими векторами загальної працездатності $A = (a^1, a^2, \dots, a^k)$, вікової працездатності

$V = (v^1, v^2, \dots, v^l)$ і потокової працездатності $P = (p^1, p^2, \dots, p^m)$. З цього випливає, що рівень фактичної працездатності визначається точкою N -мірного евклідова простору R^N , який є фазовим простором працездатності людини–оператора, де $N = k, l, m$.

Зміна працездатності полягає в зміні фазових координат в часі t , а фазова точка фіксованого значення працездатності $C(t) = \varepsilon A((t), V(t), P(t), t)$ описує в просторі фазову траєкторію, яка задається виразом $G = f(x_1, y_1, z_1)$.

Нехай в базовому просторі R^N задано множину Y , тобто сукупність всіх фазових станів, в яких оператору дозволено знаходитись. Це означає, що під час роботи його стан $f = (f_1, f_2, \dots, f_N)$ в кожен момент часу має відповідати умові $f \in Y$, яка є професійним обмеженням. Найбільш важливим є випадок, коли множина Y є замкнутою, а фазові траєкторії можуть збігатися з її межами. Цей стан працездатності характеризується високим відсотком ризику помилкових дій людини–оператора за рахунок зниження надійності роботи. Припустимо, що система «людина–машина–середовище» допускає і має деякі засоби регулювання (адаптації) елементів системи шляхом реалізації вектора управління $d = d^1, d^2, \dots, d^\tau$ відповідно до трирівневої моделі формування працездатності $\tau = 3$. Керуючий вплив означає вибір управління, тобто вектор – функції $d(\tau)$. Важливим моментом, що характеризує регулювання системи, є формування множини допустимих керуючих впливів d , тобто сукупність функцій $d(\tau)$, які відповідно до реальних обставин дозволяється вибирати в якості регулюючих дій і серед яких проводиться пошук оптимального керуючого впливу. Це означає, що множина розпізнає потрібну в даний конкретний момент професійної біографії людини–оператора вимогу до працездатності. Керуючий вплив не може приймати будь–які значення з–за реальних обмежень на ресурси управління, умови експлуатації. Це означає, що в просторі можливих керуючих впливів R^N вказується деяка область регулювання D , і в будь–який момент часу точка $d = d^1, d^2, \dots, d^N$ повинна належати цій множині $d \in D$. Крім обмежень на значення керуючого вектора необхідно з'ясувати допустимий характер змін

цього вектора в часі. Будемо розглядати в якості керуючого впливу кусочно–безперервну функцію $d(\tau) = d^1(\tau), d^2(\tau), \dots, d^r(\tau)$. Будь–яку таку функцію $d(\tau)$ можна вважати допустимим регулюванням.

1.5 Метричний підбор персоналу проекту

Підбір персоналу ділиться на набір і відбір. Набір персоналу – масове залучення кандидатів на вакантну посаду. Існують два види джерел набору персоналу: внутрішні – набір здійснюється всередині компанії за рахунок співробітників самої організації, зовнішні – набір здійснюється за межами компанії за рахунок зовнішніх ресурсів [29]. Спеціаліст в процесі виконання певної роботи накопичує певні знання і вміння, у нього з'являються навички ефективного використання інтелектуальних ресурсів, робочого часу, найкращого способу виконання робіт при досягненні максимально ефективних результатів як з точки зору необхідної якості, так і з позиції скорочення витрат. Як наслідок цього процесу у будь–якого виконавця формується набір типових реакцій на повторювані події, що дозволяє приймати максимально ефективні рішення за мінімальний час. Така ситуація характерна для будь–яких сфер людської діяльності. У зв'язку з цим виникає необхідність збереження інформації про роботи і проекти, в яких брав раніше участь той чи інший фахівець. У зв'язку з цим виникла ідея створення бази даних, в яку були б внесені відомості про попередні результати роботи співробітника, що дозволяє автоматизувати процес вироблення рішень, пов'язаних з підбором і розстановкою кадрів при формуванні команди для роботи в критичних системах.

Роботи в цьому напрямку починалися з розвитку так званого «ситуаційного управління» [9]. Однак розуміння універсальності і широких можливостей підходу призвело до створення і швидкого розвитку «теорії прецедентів» відомої ще як «Case–Based Reasoning» (CBR) [20] і методу міркувань на основі прецедентів. Формування кадрового резерву забезпечує організацію підготовленими співробітниками, які знають спеціалізацію

організації, її структуру та особливості організаційних вимог до співробітників. Особливе значення має практика створення системи підвищення компетентності і придбання суміжних професій і спеціальностей в області планованої інноваційної діяльності в рамках стратегії розвитку підприємства. Виходячи з цього, під час планування стратегії розвитку підприємства або організації особливу увагу слід звернути на аналіз її реалізованості в питаннях кадрового ресурсу, джерел залучення і методів підвищення його якості. Ця обставина призводить до необхідності створення системи компетентнісного (професійного) внутрішнього резерву. Вихідною інформацією для реалізації цього плану та прогнозування можливості створення трудового колективу, що реалізує стратегію розвитку, є аналіз технічної документації, специфікації технологічної служби з трудомісткістю за видами робіт і об'ємних техніко-економічних планів (обсягів і номенклатури випуску продукції). Оскільки планування та корекція кар'єрних планів розвитку співробітників є безперервним процесом, що протікає одночасно з поточною виробничою діяльністю, то і прогноз складу кадрового ресурсу проводиться з урахуванням системи безперервного навчання співробітників з метою розширення їх компетентності. Це дає можливість формування внутрішнього резерву кадрового складу за професіями та спеціальностями – професійного (компетентнісного) внутрішнього резерву.

Під компетентнісним резервом розуміється сукупність співробітників, що мають навички, досвід і готовність виконувати роботи за необхідними спеціальностями. Завдання оцінки професійних здібностей і можливостей колективу виконати заплановану роботу можна сформулювати наступним чином. Нехай $W = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_p\}$ – множина співробітників підрозділу, $G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_n\}$ – множина професійних видів робіт, які підлягають виконанню вже наявним на підприємстві складом співробітників. Нехай є матриця $A = \|r_{x_n}\|$ зв'язків, кожен елемент a_{ij} , якої означає, що i -й співробітник здатний виконувати j -у роботу з множини планованих. Якщо i -ий співробітник володіє

j -й компетенцією, то $a_{ij}=1$, в іншому випадку $a_{ij}=0$. В результаті аналізу матриці A можна виявити ситуації, коли за одними видами робіт є надлишок резерву, а за іншими він відсутній. Джерелами поповнення необхідного складу виконавців можуть бути резерв нових співробітників після відповідної підготовки і стажування або працівники, які виконували аналогічні або близькі види робіт. Пошук і залучення цієї категорії працівників здійснюється на основі аналізу архівів минулих розробок і пошуку відповідних аналогій в базі даних за прецедентним методом.

Моделі та інструментальні засоби реалізації прецедентного методу прийняття рішень утворюють спеціальну систему ухвалення прецедентних рішень (СППР). Процес функціонування СППР може бути представлений у вигляді CBR – циклу. В цьому випадку підбір персоналу для оцінки можливості проекту бути реалізованим складається з наступних етапів: 1) складання переліку робіт і їх характеристик; 2) формування переліку критеріїв оцінки можливих претендентів на виконання робіт; 3) пошук претендентів в базі аналогів; 4) ранжування претендентів за ступенем близькості до шуканого набору компетенцій.

Виконання зазначених етапів дозволяє виявити співробітників, які виконували близькі до необхідних в новому проекті види робіт, і розглядати їх як кандидатів на включення в команду співробітників, які підлягають навчанню і підготовці компетентнісного резерву. Для них розробляються плани навчання для створення внутрішнього компетентнісного резерву.

В основі теорії прецедентів лежить гіпотеза про монотонність простору рішень: «схожі вхідні ситуації призводять до схожих вихідних реакцій системи». Стосовно до оцінки прецедентів для виконання запланованої роботи, досить знайти (зі складу зафіксованих) хоча б одну або кілька близьких за заданими критеріями робіт, вибрати список виконавців і планувати перелік робіт з використання наявного складу виконавців, формування внутрішнього компетентнісного резерву, або залучення сторонніх фахівців.

Для вирішення цих завдань необхідно забезпечити формування

відповідної бази прецедентів в розробленій системі підтримки прийняття рішень (СППР). Формування бази прецедентів включає наступні етапи: 1) завдання вагових ознак для визначення значущості прецедентів; 2) кластеризація прецедентів за виявленими ознаками; 3) вибір необхідної множини прецедентів на основі критерію подібності ситуацій.

1.6 Узагальнена модель технологічного виробництва

Сучасний розвиток виробництва багато в чому визначається досягнутим рівнем цифровізації. Створення і широке впровадження інтегрованих людино–машинних комплексів призводить до різкого зростання ролі і відповідальності людини–оператора і підвищення «ціни» помилок в прийнятті рішень в позаштатних ситуацій. Людський фактор є причиною виникнення аварій і створення критичних ситуацій в 50–70% випадків. У поняття «людського фактора» входять різні види виробничої діяльності, перш за все ті, які безпосередньо пов'язані з необхідністю взаємодії з технологічними системами різного функціонального призначення. Виконання професійних обов'язків вимагає від виконавця особливої спеціальної підготовки в області прийняття оперативних ефективних рішень в критичних ситуаціях. Ця обставина визначила структуру трудових ресурсів і їх роль в виробничих процесах. Основу кваліфікованих виробничих кадрів складають оператори, які виконують роль контролю і управління роботою обладнання і технологічних процесів в цілому. Таким чином в процесах розвитку виробництва при оцінці необхідних трудових ресурсів необхідно передбачати ресурси для відбору і навчання персоналу з обслуговування та контролю за роботою технологічного устаткування специфічного для планованого випуску продукції.

При формуванні структури трудових ресурсів необхідно враховувати плановану специфіку операторської роботи виходячи з особливостей виробничого процесу та витрат на підготовку відповідних фахівців. Існуюча класифікація операторів за видами діяльності виділяє наступні типи:

управлінський, диспетчерський, оператор–технолог, оператор–маніпулятор, оператор–контролер, оператор–керівник. В умовах виробничих процесів переважно працюють оператори–технологи і оператори–контролери. Для операторів даного типу характер діяльності носить інформаційний і системний характер в умовах недетермінованості процесів і можливих конфліктних ситуацій при нестаціонарній поведінці зовнішнього середовища. Процес управління носить безперервний характер і діяльність оператора полягає в періодичному оперативному вирішенні різних виробничих завдань. Такий тип діяльності є основним для оператора технічних систем і технологічного обладнання, які працюють в реальному масштабі часу. Приводом для втручання оператора в роботу контрольованого і керованого об'єкта може служити відхилення керованих параметрів від допустимих діапазонів, які регулюються (відновлюються) регламентованими способами. Другий можливий сценарій втручання пов'язаний з виникненням нештатної конфліктної ситуації, що вимагає оперативного прийняття заходів, адекватних сценаріям і параметрам нештатної ситуації. Поведінка оператора в нештатній ситуації визначається здатністю вибору альтернативної стратегії дій, що забезпечують ліквідацію позаштатних ситуацій. Формальна постановка завдання полягає у виборі і реалізації певної альтернативи (поведінки) x^0 з допустимої (регламентованої) множини X . Кожна альтернатива з допустимої множини можливих $P(x)$ має з точки зору оператора деяку доцільність (привабливість) для використання в певній ситуації і оператор вибирає таку стратегію усунення ситуації, що виникає, для якої функція привабливості (корисності) максимальна:

$$x^0 = \operatorname{arg\,max}_{x \in X} P(x).$$

Поведінку оператора можна розглядати як задачу вибору рішення з переліку доступних йому стратегій (реакцій) $x \in X$, що характеризується максимальною ефективністю (корисністю) при ліквідації критичної ситуації.

Таким чином, сучасне підприємство або організація є складною структурованою оцифрованою кібер–соціально–економічною системою [1,2].

Теоретико–множинне визначення системи запропоновано в роботі [3], де під системою розуміється деяка множина елементів $M = \{m_i\}, i = \overline{1, n}$ на основі якого може бути побудовано множину структурних зв'язків $Q = \{r_j\}, j = \overline{1, k}$. В цьому випадку вираз $C = \{M \times Q\}$ можна розглядати як модель об'єкта або процесу різного призначення – соціального, економічного і технологічного. Носіями соціальних властивостей системи є трудові колективи, які, в свою чергу, визначають основні властивості технологічних характеристик підприємства.

Метрична оцінка підприємства з точки зору його здатності реалізовувати інноваційні плани розвитку багато в чому визначається структурним і якісним складом трудових ресурсів і рівнем їхньої професійної підготовки. Всі окремі частини: соціум, економіка, навколишнє середовище формують соціально-виробничу основу промислового підприємства і держави в цілому. Особливостями сучасного технологічного процесу з виготовлення продукції і сервісів є: 1) комп'ютинг: мережевий, хмарний, кінцевий для створення продукції та сервісів; 2) логістичний комп'ютинг; 3) моніторинг та управління критичними процесами; 4) підготовка операторів управління критичними процесами.

Одним із шляхів реалізації безперервно зростаючих вимог до підвищення ефективності підприємств в кіберфізичній сфері є збільшення складності і одиничної потужності систем (обладнання) та інтенсифікація технологічних процесів їх функціонування. Ця тенденція в свою чергу призводить до збільшення числа критичних систем, порушення діяльності яких (нештатна ситуація) потенційно призводить до серйозних економічних і соціальних наслідків. Управління процесами попередження і ліквідації нештатних і аварійних ситуацій істотно впливає на підвищення надійності та безпеки критичних систем [4]. Цей процес багатоаспектний, але визначальну роль в ньому грає процес підбору, навчання, тренування операторів, керуючих системою. Від їх професійної підготовки та психологічної стійкості в умовах стресу і дефіциту часу на прийняття рішень залежить ефективність ідентифікації

і прогнозування станів, а також прийнятих рішень щодо попередження, локалізації та усунення наслідків [5].

Ускладнення техніки посилює протиріччя між вимогами виробництва і здібностями людей, що, в свою чергу, викликає підвищений інтерес до «людського чинника». В результаті виникає необхідність вирішення двох завдань: створення технічних засобів, стійких до помилок, і облік індивідуальних особливостей кожної окремої людини з метою визначення її придатності до роботи з технічними пристроями. Вивчення різних критичних ситуацій на об'єктах енергетики, в тому числі на атомних станціях, аналіз аварій на повітряному і морському транспорті, аналіз браку в процесі виготовлення різної продукції вказують на одне з основних вузьких місць – людину. Статистика критичних ситуацій на атомних станціях свідчить про те, що оператор є джерелом від 70 до 80% позаштатних ситуацій [6–9], по аваріях на повітряному і морському транспорті – причиною до 90% аварій є людський фактор [10,11], тим або іншим чином задіяний в управлінні. За даними досліджень, невідповідність індивідуальних особливостей працівника вимогам професії на транспорті є причиною 80% нещасних випадків, а в промисловості – 43% [10]. Професійний відбір – це система методів і засобів, що вирішують завдання підбору працівника відповідно до його індивідуальних особливостей. Проблема професійного відбору людей, придатних до виконання окремих видів діяльності, загострилася в зв'язку з технічним прогресом. Комп'ютинг персоналу в критичних системах, передбачає комплексне вирішення всіх проблем, пов'язаних як з наймом, оцінкою, відбором, так і з навчанням вже наявних співробітників, їх стимулюванням [12]. Розвиток високотехнологічного критичного виробництва неможливий без урахування людського фактора і його впливу на безпеку процесів виробництва продукції. Будь-яке підприємство прагне мати найбільш ініціативних, гнучких, компетентних співробітників, тому, має вдосконалювати систему управління людськими ресурсами, що складається з підсистем підбору співробітників, підвищення кваліфікації персоналу, мотивації шляхом управління кар'єрою і застосування різних видів

винагород, консолідування взаєморозуміння всередині колективу [13]. Управління людськими ресурсами в критичних системах здійснюється шляхом реалізації набору функцій, що утворюють цілісну функціонально закінчену структуру комп'ютингу [14]. Управління поведінкою зводиться до того, щоб, не використовуючи примусових методів, мотивувати вибір заданої альтернативи [15].

1.7 Постановка мети і завдань дослідження

На підставі виконаного огляду сформульовано мету та актуальні завдання дослідження.

Мета – зменшення економічних, технологічних і соціальних втрат, пов'язаних з мінімізацією відмов в критичних системах за рахунок підвищення компетенцій співробітників і послідовного виключення людини з процесів прийняття рішень на основі його заміни детермінованими механізмами комп'ютингу, що використовує цифрове інтелектуальне управління на основі метричного моніторингу кіберсоціальних процесів і явищ.

Сутність – розробка моделей і методів кіберуправління персоналом в критичних системах на основі цифрового моніторингу компетентностей з метою вибору і призначення співробітників на функціональні позиції шляхом порівняння еталонних моделей необхідних фахівців з метриками реальних претендентів.

Задачі, що виникають, для досягнення поставленої мети:

1) Розробити структурну модель комп'ютингу для інтерактивної онлайн взаємодії між людиною, критичною системою і механізмами точного цифрового моніторингу–управління.

2) Розробити метричний метод відбору співробітників за заданими еталонними компетенціями, що враховує передісторію, психофізіологію, досягнення, знання, вміння, навички.

3) Розробити метод метричного інтегрального оцінювання персоналу проекту (компанії) на основі пошуку квазіоптимального покриття посадових

функціональностей.

4) Розробити комп'ютерний метод онлайн моніторингу та прийняття рішень для істотного зменшення помилок оператора в процесі функціонування критичної системи.

5) Удосконалити методи сегментного пошуку підмножини ефективних проектних рішень, що враховують параметри трудомісткості і якості для істотного зменшення часу аналізу даних.

6) Розробити теоретико–множинний метод пошуку даних на основі ог–метрики визначення подібності–відмінності для визначення подібності об'єктів та ідентифікації цифрової спільності або конфліктності.

7) Виконати тестування і верифікацію розроблених моделей і методів онлайн моніторингу та цифрового управління компонентами сучасної критичної системи.

1.7 Список використаних джерел до розділу 1

1. Поляк Б.Т., Хлебников М.В., Рапопорт Л.Б. Математическая теория автоматического управления: учебное пособие. — М.: ЛЕНАНД, 2019. — 500 с.

2. Теория управления (дополнительные главы): Учебное пособие / Под ред. Д. А. Новикова. — М.: ЛЕНАНД, 2019. — 552 с.

3. Труды семинара Н. Бурбаки за 1990 г. : Сборник : пер. с англ. / Ред. Ю. И. Манин . — М. : Мир, 1996 . — 348 с.

4. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика / Поспелов Д.А. — М: Наука, 1986. —288 с.

5. Vink P., Koningsveld E.A.P. and Dhondt S., Balancing organizational, technological and human factors the model and the headline of this book. In: Human Factors in Organizational Design and Management–VI/Proceedings of the Sixth International Symposium on Human Factors in Organizational Design and Management held in The Hague, The Netherlands, August 19–22, 1998. Elsevier, 1998.–P.769–773.

6. Алонцева Е.Н., Анохин А.Н., Стебнев А.С., Маршалл Э.Ч. Представление информации для обзора состояния энергоблока атомной станции. Известия ВУЗов ядерной энергетики 2005– № 4. – С. 34–39.
7. Блейхер В.М., Бурлачук Л.Ф. Психологическая диагностика интеллекта личности. Киев: Вища школа, 1978 г., – 98 с.
8. МАГАТЭ. Серия изданий по безопасности. № 115.
9. Hoppe F. Untersuchungen zur Handlungs- und Affektpsychologie. IX. Erfolg und Mißerfolg. – Psychologische Forschung. 1930. № 14.
10. Балхарет А.А. Модуль оценки напряженности деятельности оператора. Текст. / А. А. Балхарет. // Научный журнал "Информационно–управляющие системы" «ГУАП» СПб., 2009. –№ 3. – С. 72 – 74.
11. Биденко С.И. Моделирование технологических процессов и автоматизация управления измерениями на гидрографических судах: Монография. –СПб: Изд–во ГУНиО, 2007. 139 с.
12. Баерс Л.Л. Управление человеческими ресурсами. /Л.Л. Баерс, Л.В. Ру. Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2005. – 615 с.
13. Современная Команда менеджмента проекта [Электронный ресурс] / Михеев В.Н. // . – Тезисы к докладу 26 апреля 2007. – Режим доступа: <http://www.sovnet.ru>. –26.11.2007. – Загл. с экрана.
14. Кузибецкий А. Управленческая культура: лидер и его команда / А. Кузибецкий, Н. Рождественская // Менеджмент и менеджер. – 2002. – № 5. – С. 30–42.
15. Белбин Р. Команды менеджеров. Секреты успеха и причины неудач. / Р. Белбин, Р. Мередит. – М.:ШРРО, 2003.–315с.

РОЗДІЛ 2

МОДЕЛІ ВІДБОРУ ПЕРСОНАЛУ ДЛЯ КРИТИЧНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ПРЕЦЕДЕНТІВ

2.1 Формалізація оцінки професійних якостей співробітників

В теорії прецедентів використовується гіпотеза про монотонність простору рішень: «схожі вхідні ситуації призводять до схожих вихідних реакцій системи». На цьому етапі визначається не тільки якісний склад виконавців, а й кількісний. Під якісним відбором розуміється відбір за видами професійної діяльності та попереднього досвіду роботи. Під кількісним – визначення чисельного складу працівників. Сукупність цих двох видів відбору дозволяє зробити перший етап відбору для подальшого тестування потенційних співробітників для роботи в критичних системах за медичними і психологічними критеріями. У процесі професійної діяльності в деякій області формуються проблемно–орієнтовані прецеденти, які накопичуються в сховищі, в якості якого можуть виступати архів, традиційні бази даних (БД), спеціалізовані сервери знань, багатовимірні БД. Ситуація, для якої сформовано прецедент, надалі вважається базовою або опорною. Пропонується використовувати для прийняття рішень з вибору варіанту розвитку виробництва прецедентний підхід [1], що дозволяє вирішувати завдання підтримки прийняття рішень в складних слабоструктурованих системах. Вибір даного підходу обумовлений тим, що часто на виробничому підприємстві до моменту виникнення проблеми випуску нової продукції або її модернізації вже накопичено значний досвід вирішення схожих проблем, що виникали раніше. Подання цього досвіду у вигляді прецедентів і його автоматизована обробка за допомогою спеціалізованих систем прийняття рішень дозволяють значно підвищити ефективність його повторного використання [2, 3]. Рішення проблеми за аналогією базується на розпізнаванні поточної

проблемної ситуації, інформація про яку представлена у вигляді образу (аналога), і пошуку схожих образів, що містяться в сховищі образів (базі прецедентів), з подальшою їх адаптацією і повторним використанням для вирішення завдань дослідження. Характерною рисою прийняття рішень щодо вибору варіанта розвитку підприємства або організації є неминучість аналізу значного обсягу інформації при наявності обмеження за часом процесу оцінки варіантів і великому рівні невизначеності, характерному для передпроектного етапу. З іншого боку сам процес моделювання варіантів як базису вибору є нетривіальним завданням прийняття рішень. Особливу складність даного етапу складає ймовірність упустити з розгляду оптимальний варіант, через що при формуванні переліку прийнятних варіантів застосовуються різноманітні методи пошуку інформації. Одним з методів, застосування якого можливо в даній ситуації, є метод прецедентів (аналогій), який ґрунтується на використанні попереднього досвіду розробок.

2.2 Особливості прецедентного підходу для прийняття рішень

Для створення системи прийняття рішень (СПР) з вибору варіантів можна використовувати адаптивно–прецедентний підхід [п. 2.1], який дозволяє вирішувати завдання підтримки прийняття рішень в складних слабоструктурованих системах. Вибір зазначеного підходу пояснюється тим, що для підвищення ефективності використання попереднього досвіду зручно його представити у вигляді прецедентів, що дозволить здійснити автоматизовану обробку інформації за допомогою спеціалізованих систем прийняття рішень. Розглянутий підхід базується на правдоподібному виведенні за аналогією [п. 2.3]. Інтелектуальні системи ухвалення прецедентних рішень (ІСППР) – клас ІС автоматизованого виведення рішень, заснований на принципах повторюваності ситуацій і використання раніше прийнятих рішень у разі виникнення схожих ситуацій. Існуючі системи розраховані на використання в ситуаціях, коли

прецедент є чітко заданим і визначеним через множину достовірних властивостей ситуації, а концепція чотирьохфазного циклу заснована на припущеннях про некоінцидентність джерел інформації про ситуацію, статичність опису прецеденту і незалежність прецедентів і проблемних ситуацій один від одного [4]. Для побудови адаптивно–прецедентної системи прийняття рішення потрібно: сформулювати структуру основних фаз СПР, завдання та вхідні параметри для кожної фази; визначити множину необхідних методів для реалізації фаз СПР; побудувати множину оптимізаційних моделей для прийняття рішень. Особливістю проектування прецедентів на передпроектній стадії є те, що деякі властивості виробничої ситуації можуть бути невідомими на передпроектній стадії, і можуть уточнюватися при аналізі варіантів, інші властивості можуть визначатися наближено або нечітко. Тому для використання в СПР з зазначеними особливостями CBR–цикл повинен бути розширений – до існуючих фаз необхідно додати фази перегляду і реконструкції сховища прецедентів (рис. 2.1). СПР в такому випадку може бути розділена на дві взаємодіючі підсистеми – пошукову систему (RETRIEVE, REUSE, REVISE) і підсистему адаптації (RETAIN, REVIEW, RESTORE).

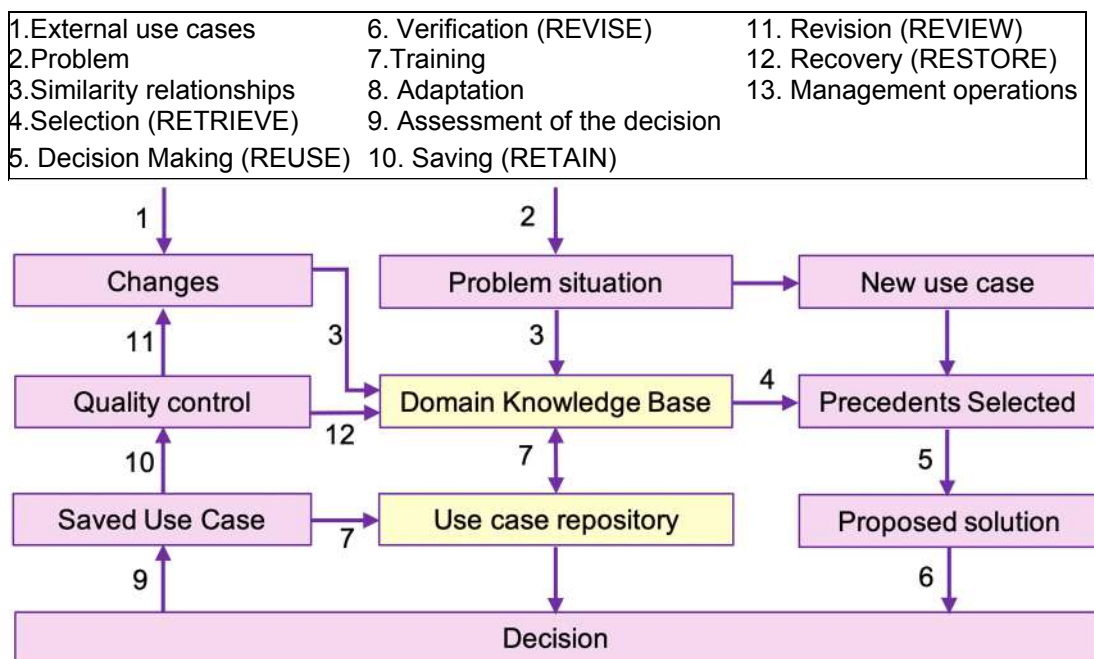


Рисунок 2.1 – Розширене подання фаз CBR–циклу

Основними вимогами до СПР в даному випадку є: можливість пошуку при неповному і неточному описі властивостей проблемної ситуації; можливість паралельної обробки декількох проблемних ситуацій, а також декількох варіантів однієї і тієї ж проблемної ситуації.

Основні функції інтелектуальної системи, що забезпечує розв'язання задач за допомогою правдоподібного виведення за прецедентами (аналогами): 1) формування моделі представлення прецеденту; структура прецеденту (образа) може бути довільною, але чітко виділяються дві частини: опис проблеми та її рішення; 2) формування бази даних прецедентів на підставі сформованої моделі; передбачається, що база прецедентів формується з використанням вже існуючого сховища інформації предметної області (бази даних технологічної системи виробництва); 3) пошук рішення (правдоподібний висновок) за прецедентами. При пошуку керуються корисністю того чи іншого способу (прецеденту) для вирішення нової проблеми. Корисність оцінюється мірою подібності описів образів, що обчислюється як відстань між образами в багатовимірному просторі ознак.

Система, яка реалізує висновок за прецедентами, містить наступні основні модулі (рис. 2.2): внутрішня пам'ять – забезпечує зберігання моделей прецедентів і самих прецедентів; модуль моделювання прецедентів – забезпечує можливість створення, модифікації моделей прецедентів, формування та оновлення баз прецедентів на основі існуючих моделей; прецедентна машина виведення – дозволяє здійснювати пошук прецедентів за отриманим описом; керуючий модуль – забезпечує взаємодію між модулями компонента і надає інтерфейси для взаємодії із зовнішнім відносно компонента середовищем.

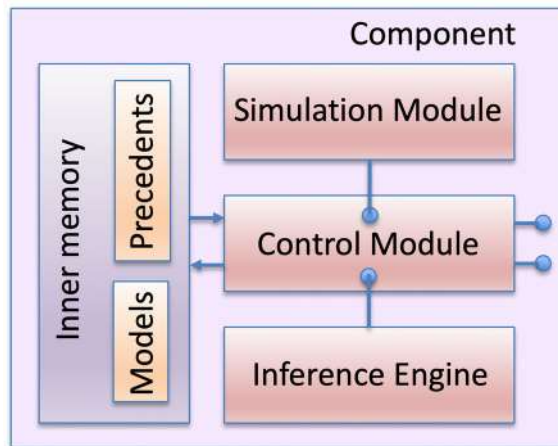


Рисунок 2.2 – Структура системи, що здійснює висновок за прецедентами

До завдань модулів системи відносяться [4]:

1. Внутрішня пам'ять. Для зберігання сформованих моделей пропонується використовувати базу даних, при цьому створюється структура (клас), що дозволяє зберігати інформацію і ідентифікує модель (ідентифікатор – код моделі). Перед використанням моделі відбувається декодування – зворотне перетворення даних, що зберігаються. Необхідна синхронізація (одностороння, в сторону бази прецедентів) сховища даних предметної інформації і бази прецедентів або формування останньої на підставі аналізу сховища даних відповідно до актуальної моделі прецеденту. Існує можливість збереження інформації про нові прецеденти, отриману в процесі роботи системи. Це забезпечує можливість навчання прецедентної системи: досвід вирішення нової проблеми стає доступним для повторного використання в майбутньому.

2. Модуль моделювання. Розв'язання задач дослідження на основі прецедентів вимагає створення моделей прецеденту для цих завдань. У разі побудови бази прецедентів на підставі існуючого сховища даних предметної області наявність подібної моделі дозволить знизити надлишковість бази прецедентів шляхом відсікання (виключення з моделі прецеденту) неінформативних (нерелевантних розв'язуваних задач) ознак (даних). Модель прецеденту базується на класичному представленні: прецедент = <проблема,

рішення>. Частина моделі являють собою колекції описів властивостей зберігальних класів – класів сховища даних. При цьому передбачається існування бази даних зі структурою, елементи якої можна використовувати як основу для формування прецедентів.

3. Машина виведення. На підставі сформованої бази прецедентів здійснюється побудова правдоподібного виведення шляхом аналізу описів прецедентів, представлених у вигляді наборів ознак з якісними і кількісними значеннями, формування локальних і глобальних оцінок близькості описів прецедентів і еталона з урахуванням суб'єктивних переваг з подальшим вибором найбільш близького прецеденту. Витяг прецедентів здійснюється відповідно до глобальної міри (оцінки) подібності (близькості) описів прецедентів, що обчислюється як відстань між прецедентами в просторі ознак. Результатом роботи машини виведення є список прецедентів з оцінками близькості.

4. Керуючий модуль забезпечує взаємодію між модулем моделювання, машиною виведення та внутрішньою пам'яттю, отримання результатів роботи машини виведення з можливістю вибору, призначення і модифікації (адаптації) рішення і збереження переглянутого прецеденту в базі прецедентів.

2.3 Побудова і аналіз комплексної моделі методу прецедентів

Ініціювальний прецедент являє собою опис проблемної ситуації у вигляді коду. Порівнюючи ініціювальний прецедент з множиною прецедентів, наявних в сховищі, СПР вибирає схожі прецеденти, з яких потім вибирає релевантні (найбільш ефективні) проблемній ситуації прецеденти–кандидати. Шляхом покоординатного зіставлення ситуації прецеденту з проблемною ситуацією визначимо ступінь схожості – відстань D між ними. За допомогою метрики Мінковського і даних векторів обчислимо відстань між прецедентами: $\text{dist}_{\text{Minkowski}}(\bar{k}, \bar{y}) = (\sum_{i=1}^v |k_i - y_i|^p)^{1/p}$. Дана метрика є узагальненням метрик

міських кварталів (використовується при обробці бінарних векторів, при цьому $p = 1$) і евклидової відстані (використовується при обробці множин кортежів, при цьому $p = 2$). На основі кордонів діапазонів параметрів для ситуацій прецедентів визначається відстань D_{\max} , і ступінь подібності: $SIM = 1 - D / D_{\max}$. Процес функціонування прецедентних СППР зазвичай представляється у вигляді CBR-циклу, що складається з чотирьох основних фаз (4-R): RETRIEVE (вибір зі сховища найбільш підходящого прецеденту або множини прецедентів), REUSE (використання обраних прецедентів для прийняття рішення), REVISE (верифікація та адаптація прецеденту), RETAIN (збереження прийнятого рішення і проблемної ситуації в якості нового прецеденту).

В даний час існує велика кількість CBR-систем, більшість з яких розроблена на основі методології INRECA, що представляє способи реалізації прецедентних систем, що працюють в рамках концепції чотирьох фаз (4R) процесу CBR-міркувань.

Стандартний CBR-цикл має наступні особливості: передбачається, що в даний момент часу складається тільки одна проблемна ситуація, вирішення виникаючих ситуацій проводиться послідовно в часі; проблемною ситуацією вважається якийсь статичний знімок стану властивостей предметної області, що становлять прецедент, в певний момент часу; виникають проблемні ситуації передбачаються незалежними один від одного, взаємини між ними ігноруються; вважається, що прецеденти мають чіткі межі і повністю визначаються в рамках предметної області за рахунок адекватного визначення їх властивостей.

Структурна декомпозиція задач СППР на різних фазах функціонування. CBR-цикл формально представляється як $CBR = \langle F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6 \rangle$, де F_1 – фаза вилучення прецедентів на основі ОЦІНКИ подібності SIM; F_2 – фаза повторного використання вилученого прецеденту для пошуку рішення в проблемній ситуації (зазвичай проводиться вибір одного з декількох витягнутих на фазі F_1 прецедентів, для цього може бути використана оцінка релевантності прецеденту ситуації, що склалася REL); F_3 – фаза верифікації та адаптації витягнутого прецеденту; F_4 – фаза збереження нового прийнятого рішення в

сховищі прецедентів; F5 – фаза перегляду сховища прецедентів на основі оцінки якості прецеденту за допомогою синтаксичних або семантичних заходів Q; F6 – фаза реконструкції сховища прецедентів. Подальша декомпозиція (2.3) приводить до наступного подання структури CBR–циклу. На першій фазі вихідним є ініціювальний прецедент P_i зі сховища прецедентів D : $P_i, D \rightarrow F_1$. В процесі виконання першої фази послідовно вирішується ряд завдань: $F_1 = \langle F_{11}, F_{12}, F_{13}, F_{14}(SIM) \rangle$, де F_{11} – задача ідентифікації ознак проблемної ситуації, F_{12} – завдання пошуку підходящої функції оцінки подібності SIM , F_{13} – задача попарного порівняння ініціювального прецеденту з відібраними зі сховища, F_{14} – завдання ранжування і відбору прецедентів на основі оцінки подібності, SIM – функція оцінки подібності пари прецедентів. Результат роботи – множина подібних прецедентів S_p : $F_1 \xrightarrow{S_p} F_2 \parallel (SIM)$. Особливістю даної фази є те, що результуюча множина прецедентів–кандидатів S_p може бути порожньою, складатися з одного або декількох елементів. На другій фазі вихідною є множина прецедентів–кандидатів S_p . В процесі виконання даної фази послідовно вирішується ряд завдань: $F_2 \xrightarrow{S_p} \langle F_{21}, F_{22}, F_{23}, F_{24}, (REL) \rangle$, де F_{21} – задача вибору та ранжування доречних прецедентів R_p з множини кандидатів на основі оцінки релевантності REL , F_{22} – завдання вибору опорного прецеденту P_0 ; F_{23} – завдання перенесення інформації про формоване рішення з відбраного прецеденту; F_{24} – завдання коригування та адаптації формованого рішення на основі бази знань предметної області; REL – функція оцінки релевантності відібраних прецедентів. Проміжним результатом є опорний прецедент P_0 і ранжирувана множина доречних прецедентів R_p для подальшої адаптації, сформоване рішення: $F_2 \xrightarrow{R_p, P_0} A \parallel (REL)$; кінцевим результатом – сформоване рішення R_s : $F_2 \xrightarrow{R_s} F_3$. На третій фазі проводиться тестування і формується рішення, відповідне реальному контексту проблемної ситуації. Вхідним є сформоване рішення R_s . Послідовно виконуються завдання: $F_3 = \langle F_{31}, F_{32}, F_{33}, (U) \rangle$, де F_{31} – задача оцінки можливих наслідків прийнятого

рішення, F_{32} – завдання зустрічної адаптації, коли формується рішення під необхідний результат; F_{33} – завдання оцінки корисності сформованого рішення; (U) – функція оцінки корисності сформованого рішення. Результатом є сформоване рішення: $F_3 \rightarrow R_{\bar{5}}$. Оцінка корисності проводиться шляхом обчислення відносного вкладу опорного рішення R_0 в сформоване рішення $R_{\bar{5}}$: $F_3 \xrightarrow{R_{\bar{5}}} F_4 \parallel (U)$ і служить індикатором необхідності внесення змін до сховища прецедентів $P_S \xrightarrow{F_4} D$. На четвертій фазі проводиться внесення в структуру СПР змін, пов'язаних з завершенням на третій фазі процесом формування нового рішення для проблемної ситуації. На цій фазі послідовно виконуються завдання: $F_4 = \langle F_{41}, F_{42}, F_{43}, F_{44} \rangle$, де F_{41} – задача композиції нового прецеденту, F_{42} – операція реіндексування сховища прецедентів, F_{43} – коригування (підстроювання) використовуваної міри подібності, F_{44} – задача внесення прецеденту в сховище. З ініціювального прецеденту P_i і сформованого рішення $R_{\bar{5}}$ синтезується новий прецедент P_S : $P_i R_{\bar{5}} \xrightarrow{F_{41}} P_S$. На п'ятій фазі проводиться оцінка поточного стану сховища прецедентів і підтримки необхідного рівня якості прецедентної системи, на вході – новий прецедент P_S . На цій фазі послідовно виконуються два завдання: $F_5 = \langle F_{51}, F_{52}, (Q) \rangle$, де F_{51} – задача оцінки якості прецедентної системи на основі міри якості Q ; F_{52} – задача моніторингу стану сховища прецедентів; $(Q) = \langle (C), (P) \rangle$ – функція комплексної оцінки якості прецедентної системи; (C) – оцінка компетентності прецедентної системи; (P) – оцінка ефективності прецедентної системи. Результатом є оцінка якості СПРQ: $F_4 \xrightarrow{S_p} F_5 \parallel (Q)$. На шостій фазі виконується безпосереднє управління сховищем прецедентів: $F_5 \xrightarrow{D} F_6 \parallel (P)$. При цьому вирішуються завдання: $F_6 = \langle F_{61}, F_{62}, F_{63}, F_{64}, \langle M \rangle \rangle$, де F_{61} – задача класифікації вмісту сховища прецедентів; F_{62} – задача узагальнення вмісту сховища прецедентів; F_{63} – задача перебудови індексів сховища прецедентів; F_{64} – задача зміни стану сховища прецедентів і наступного перерахунку оцінки якості прецедентів; $\langle M \rangle$ – множина допустимих операцій зміни сховища прецедентів (додавання, видалення, уточнення,

узагальнення, коригування, об'єднання, комбінування). В першу чергу виконується узагальнення і класифікація, потім перераховуються оцінки якості системи: $F_6 \xrightarrow{M} D \parallel (C), (P)(C) \rightarrow (Q)$. Якщо оцінка якості системи знижується, повертаються до виконання п'ятої фази, якщо не знижується – система зупиняється до виявлення наступної проблемної ситуації. Модель взаємодії фаз в процесі функціонування системи представлена на рис. 2.4.

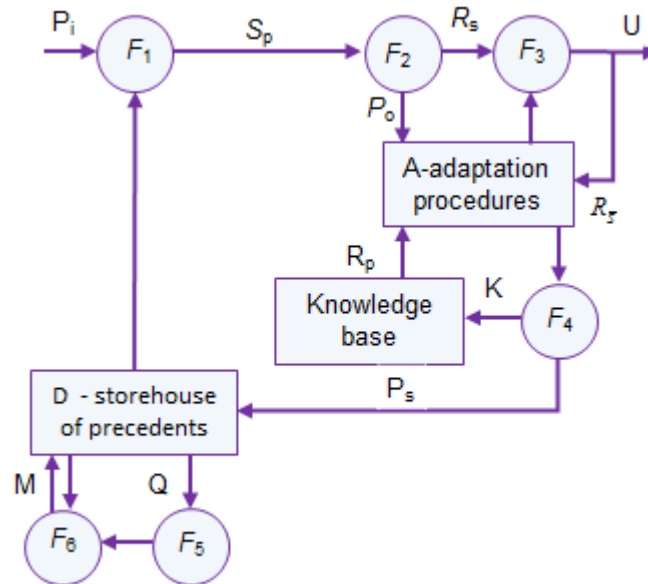


Рисунок 2.4 – Граф процесу функціонування СПР

Структура методичного забезпечення розв'язування СПР завдань на різних фазах роботи описана нижче. Завдання, поставлені перед СПР на зазначених шести фазах, можна розглянути далі в процесі структурної декомпозиції з точки зору методів їх вирішення. Так, для завдань першої фази використовуються методи:

$$F_{11} = \langle M_{111}, M_{112}, M_{113} \rangle,$$

де M_{111} – метод зіставлення ознак проблемної ситуації властивостями прецеденту; M_{112} – метод фільтрації нечітких, неточних і неповних ознак; M_{113} – метод зіставлення проблемної ситуації контексту

$$F_{12} = \langle M_{121}, M_{122} \rangle,$$

де M_{121} – метод пошуку обмежень по базі знань предметної області; M_{122} – метод

формування функції оцінки подібності

$$F_{13} = \langle M_{13} \rangle,$$

де M_{13} – метод пошуку і відбору подібних прецедентів на підставі функції оцінки подібності

$$F_{14} = \langle M_{141}, M_{142} \rangle,$$

де M_{141} – метод ранжирування подібних прецедентів; M_{142} – метод відбору подібних прецедентів в множині кандидатів.

На другій фазі частину завдань можна піддати подальшій декомпозиції:

$$F_{21} = \langle M_{211}, M_{212} \rangle,$$

де M_{211} – метод відбору ознак для пошуку релевантних прецедентів; M_{212} – метод оцінки релевантності прецедентів

$$F_{22} = \langle M_{22} \rangle,$$

де M_{22} – метод пошуку найбільш важливих ознак

$$F_{23} = \langle M_{231}, M_{232} \rangle,$$

де M_{231} – метод пошуку рішень серед кандидатів; M_{232} – метод формування передбачуваного рішення.

Задачі $F_{24}, F_{31}, F_{32}, F_{43}, F_{61}, F_{62}$ з огляду на сильну залежність від конкретної реалізації і особливостей предметної області вирішуються універсальним набором методів машинного навчання. Для третьої і четвертої фаз декомпозиція проводиться аналогічно попереднім фазам. На п'ятій фазі:

$$F_{51} = \langle M_{511}, M_{512}, M_{513} \rangle,$$

де M_{511} – метод оцінки компетентності системи; M_{512} – метод оцінки продуктивності системи; M_{513} – метод інтегральної оцінки якості системи;

$$F_{52} = \langle M_{521}, M_{522} \rangle,$$

де M_{521} – метод реалізації моніторингу якості системи; M_{522} – метод пошуку можливих високорівневих змін в сховищі прецедентів. Реалізація п'ятої та шостої фаз дозволяє обмежувати можливе лавиноподібне зростання сховища прецедентів при збереженні балансу між встановленим рівнем компетентності і заданим рівнем продуктивності системи. Реалізація завдань цих фаз слабо

залежить від особливостей предметної області, тому не потрібна розробка спеціальних методів. В результаті проведеної декомпозиції отримана структура ядра СПР у вигляді «фаза – задача – метод».

Запропоновані моделі дозволяють реалізувати на практиці адаптивно-прецедентну СПР для вирішення завдань в слабоструктурованих предметних областях з високим рівнем невизначеності інформації, до яких відноситься і прийняття рішень про вибір варіанта розвитку підприємства [5]. Для пошуку варіантів необхідно провести аналіз всіх робіт, аналогічних планованим на підставі заданого відношення подібності. Кожна ділянка характеризується великою кількістю робіт $M = \langle \{W, R\}, H \rangle$, де W – конкретні роботи; R – результати виконання; H – виконавці. Пошук еталонних робіт буде проводитися шляхом аналізу ступеня близькості основних результатів робіт, а також переліку додаткових характеристик, таких, наприклад, як тривалість і якість виконання окремих робіт. В опис кожної ділянки роботи включені характеристики x_{ij} , де i – порядковий номер характеристики; j – порядковий номер робіт, $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$. Опис еталонної ділянки роботи буде формуватися з ідентичного набору характеристик x_i . Відхилення характеристики шуканої ділянки робіт від знайдених еталонних позначимо Δx_i . Характеристики x_i необхідно нормалізувати і привести до ізоморфного виду. Для цього можна використовувати функцію корисності. Багатофакторна узагальнена оцінка «відстані» характеристик проекту від знайдених еталонних матиме вигляд:

$$L = \sum_{i=1}^n a_i \Delta x_i,$$

де a_i – вагові коефіцієнти, що визначають значущість окремих характеристик відносно інших, $\sum_{i=1}^n a_i = 1 < a_i \leq 1$.

Принцип оптимальності описується виразом:

$$x_{\Pi}^0 = \arg \min_{x \in X} \sum_{i=1}^n a_i \Delta x_i.$$

За таким принципом відбувається ранжування знайдених еталонних

ділянок робіт за ступенем подібності до шуканої. Що стосується команди для критичних систем, то тут досить знайти (з числа зафіксованих) одну або кілька схожих робіт і, спираючись на ці прецеденти, знайти потенційних співробітників, які виконували в минулому ці роботи. Для реалізації прецедентного методу прийняття рішень створюють спеціалізовану систему підтримки прецедентних рішень [6]. Процес функціонування прецедентної СППР представляють у вигляді CBR-циклу. Метод підбору персоналу, заснований на використанні теорії прецедентів складається з наступних етапів: визначення переліку характеристик робіт; пошук прецедентів в базі; відбір зі знайдених прецедентів ймовірних виконавців, що володіють відповідною кваліфікацією за ступенем близькості виконуваних раніше робіт до планованої; відбір потенційних виконавців за психологічними і фізичними характеристиками; використання обраних прецедентів для вирішення поставленого завдання, призначення виконавців з відповідним досвідом; збереження в базі прийнятого рішення і ситуації, що склалася, в якості нового прецеденту або здійснення відповідної зміни обраного прецеденту, що може бути корисним в подальшому при вирішенні аналогічних завдань. Виконання цих етапів дозволить виявити потенційних співробітників, які виконували раніше подібні види робіт, і розглядати їх як кандидатів для роботи в критичних системах. Побудова СППР прецедентного типу передбачає вирішення наступного кола завдань [7]: розробка способу представлення знань про роботи, ситуації, можливі рішення і виконавців; розробка методу вибору виконавців з відповідними прецедентами; розробка методу ідентифікації і адаптації прийнятих рішень; розробка методу зберігання та індексації прецедентів.

2.5 Модель бази прецедентів СППР

Прецедент є конструкцією, що складається з опису роботи, що характеризує ситуацію, яка склалася на момент активізації прецеденту, рішень і списків виконавців, пов'язаних з роботою. На основі цього твердження можна

дати наступне формальне визначення.

Визначення 1. Прецедент $e \in M$ є елементом множини $M = \langle S, R, H \rangle$, $e \in M$ і являє собою кортеж $e = \langle s, r, h \rangle$, де $s \in S$ – робота; $r \in R$ – пов'язані з нею рішення та виконавці $h \in H$. Робота $s \in S$ задається за допомогою множини формул [8] спеціалізованої мови L . Кожній роботі s можуть відповідати кілька рішень, таким чином, допустимі прецеденти виду $\langle s, r, h \rangle$ та $\langle s, r', h' \rangle$, які є різними в разі, якщо $r \neq r'$.

Дані в СПР представлені множиною прецедентів M :

$$M = \{\langle s_1, r_1, h_1 \rangle, \langle s_2, r_2, h_2 \rangle, \dots, \langle s_n, r_n, h_n \rangle\}$$

Кожен прецедент e_i може розглядатися як умовна імплікація $s_i \Rightarrow r_i$, якщо задана деяка робота $s \approx s_j$ і існує прецедент $e_j = \langle s_j, r_j, h_j \rangle$, можна стверджувати, що r_j є наближеним (або правдоподібним) рішенням для ситуації s . Чим ближче ситуація s до ситуації s_j , тим правдоподібніше, що r_j є рішенням для s , і тим ближче буде досвід виконавців h_j роботи (операторів). Для знаходження ступеня близькості роботи s до роботи s_j і відповідно оцінки близькості рішення r_j до шуканого використовується функція подібності ζ , на її основі будується відношення подібності між прецедентами і виводиться міра подібності яку в подальшому будемо позначати SM . Відношення подібності може бути побудовано тільки для множині вхідних факторів ситуації I [9].

Визначення 2. Прецедентна система являє собою структуру $\langle M, SM_\Omega, K \rangle$, де M – сховище прецедентів; SM_Ω – міра подібності, задана на множині інтерпретацій Ω мови L , яка описує вхідні ситуації, K – множина формул мови L , що утворює деяку базу знань про предметну область, отриману експертним шляхом. Для кожного прецеденту e_i можна за допомогою оцінки подібності обчислити ступінь доречності рішення r_i в ситуації, близької до s_i . У разі, якщо для цього можна також використовувати наявні знання про предметну область, можна стверджувати, що формула $K \rightarrow (s \rightarrow \Phi_{SM_i} s_i)$ здійсненна для класу ситуацій s_{e_i} . Сховище прецедентів M задає екстраполяцію відношення імплікації і фактично є базою знань, що містить наближені імплікації: $M^* = \{s_i \Rightarrow$

$\zeta_i r_i(s_i, r_i) \in M\}$.

Відповідно формула $M^* \rightarrow (s_i \Rightarrow \zeta_i r_i)$ також здійсненна для класу ситуації s_{e_i} . Таким чином, можна сказати, що прецедентна система виконує функцію виведення за аналогією:

$$\{K \rightarrow (s \rightarrow \Phi_{SM_i} s_i)\}_{i=1\dots n} \cup \{K, M^*, s\} \succ \Phi_{SM_i \otimes \zeta_i} r_i$$

Процедура виведення виконується наступним чином: на етапі 1 визначається оціночна функція ознак, що дозволяє в подальшому проводити відбір доречних прецедентів, використовуючи відношення подібності, побудоване на множині найбільш істотних ознак. Для заданого набору ваг ознак $W_j: W_j \in \{0,1\}, j = 1, \dots, n$ і пари прецедентів l_p і l_q зважена міра близькості

$$d_{pq}^{(w)} = \sqrt{\sum_{j=1}^n W_j^2 (X_{pj} - X_{qj})^2},$$

де X —значення ознак. Міра подібності прецедентів $SM_{pq}^{(W)}$ буде визначатися виразом: $SM_{pq}^{(W)} = \frac{1}{1+d_{pq}^{(w)}}$.

Якщо всі ваги W однакові і дорівнюють 1, то міра близькості відповідає евклідовій мірі і позначається $d_{pq}^{(w)}$. Тоді оціночна функція ознак визначається наступним чином:

$$E(w) = \frac{2 \cdot \left[\sum_p \sum_{q(q < p)} (SM_{pq}^{(w)} \cdot (1 - SM_{pq}^{(w)}) + SM_{pq}^{(w)} (1 - SM_{pq}^{(w)})) \right]}{N \cdot (N - 1)},$$

де N – кількість прецедентів в базі прецедентів. На етапі 2 проводиться кластеризація бази прецедентів для прискорення операцій вибірки подібних прецедентів і розбиття бази прецедентів на компактні множини покриття. В основі алгоритму кластеризації лежить поняття матриці подібності, яка визначається на основі виразів $d_{pq}^{(w)}$ і $SM_{pq}^{(W)}$.

Основні кроки процедури кластеризації: 1) Визначення порогового рівня значущості $\beta: \beta \in \{0,1\}$. 2) Визначення матриці подібності між об'єктами:

$SM = (SM_{pq}^{(W)})$. Визначення модифікованої матриці подібності $SM_1 = SM \circ SM = (S_{pk})$, де $S_{pk} = \max \left[\min \left(SM_{pq}^{(W)}, SM_{kq}^{(W)} \right) \right]$. 3) Якщо $SM_1 = SM$, то визначаються відносні кластери на основі правила: прецедент p і прецедент q належать до одного кластеру тоді і тільки тоді, коли $S_{pk} \geq \beta$, в іншому випадку матриця SM замінюється на SM_1 і відбувається повернення до кроку 3. В системі підтримки прийняття рішень, побудованій на основі розглянутої процедури, швидкодія досягається за рахунок зниження витрат часу на пошук рішення.

Завдання вибору прецедентів є основною для даної СППР. Вона реалізує механізм пошуку видів робіт, а також відповідних виконавців. На етапі пошуку близьких робіт (прецедентів), знаходяться найбільш схожі з об'єктом розробки еталонні (з числа попередніх) роботи на основі заданої міри схожості. Процес пошуку співробітників, які виконували в минулому аналогічні або близькі роботи, складається з наступних етапів: 1) Опис поточних робіт у вигляді технічної документації. 2) Побудова опису робіт мовою представлення ситуацій [10]. 3) Пошук еталонного виду робіт або близьких за переліком параметрів до планованої розробки в межах заданого інтервалу близькості. 4) Аналіз переліку знайдених прецедентів і формування шуканої інформації.

На основі проведених процедур, можна оцінити наявний потенційний ресурс для створення внутрішнього резерву і забезпечити кадрову реалізацію проекту. Крім того, на основі отриманої інформації формуються плани робіт з підвищення кваліфікації співробітників, навчання з метою придбання компетентностей в необхідних областях виробничої діяльності всередині колективу. Однією з головних завдань сценарно–прецедентної кадрової СППР є накопичення і впорядкування множини прецедентів, для зберігання яких використовуються сховища (бази) прецедентів, кожен з яких містить технічну інформацію, всебічно описує роботи, і кадрову інформацію щодо виконавців. Алгоритм формування бази прецедентів включає етапи: 1) Завдання вагів ознак для визначення рівня значущості прецеденту в розглянутій базі. 2) Кластеризації прецедентів за виявленими ознаками. 3) Вибір необхідної множини прецедентів

на основі критерію подібності ситуацій.

На етапі 1 визначається оціночна функція ознак – чим менше (більше) значення має ця функція, тим більш важливою є відповідна ознака. Оціночна функція дозволяє в подальшому проводити відбір доречних прецедентів, використовуючи відношення подібності, побудоване на множині найбільш важливих ознак. Отже, необхідно визначити значення вагових коефіцієнтів ознак w таким чином, щоб значення оціночної функції було мінімальним. Для заданого набору ваг ознак $W_j (W_j \in [0,1], j = 1, \dots, n)$ і пари прецедентів, вираз визначає зважену міру близькості і подібності прецедентів [11]. Для мінімізації значення виразу використовується градієнтний метод [12]. На етапі 2 виконується кластеризація бази прецедентів. Кластеризація бази прецедентів використовується для прискорення операцій вибірки подібних прецедентів і попереднього розбиття бази прецедентів на компактні множини покриття [13]. В основу розробленого алгоритму кластеризації покладено поняття матриці подібності. Алгоритм кластеризації наступний: 1) Визначення рівня значущості (порогового рівня) $\beta \in [0,1]$. 2) Визначення матриці подібності $SM = (SM_{pq}^{(w)})$. 3) Визначення модифікованої матриці подібності $SM_1 = SM \circ SM = S_{pk}$, де $S_{pk} = \max_k [\min(SM_{pq}^{(w)}, SM_{kq}^{(w)})]$. 4) Якщо $SM_1 \subset SM$, то визначаються окремі кластери на основі правила: «прецедент p і прецедент q належать одному й тому ж кластеру тоді і тільки тоді, коли $s_{pk} \geq \beta$, в іншому випадку матриця SM замінюється на SM_1 і виконується повернення до кроку 3. Після того, як вихідна база даних розділена на окремі кластери, можна реалізувати процедуру пошуку подібних прецедентів (на основі відношення подібності).

В системі прецедентних рішень, побудованої на основі представленого підходу до формування бази прецедентів, часові витрати на пошук рішення істотно знижуються, в результаті чого швидкодія системи збільшується. Для реалізації методів пошуку та оновлення сховища прецедентів можуть використовуватися моделі подібності або допустимості, засновані на використанні нечітких або наближених множин для формування сукупності

подібних елементів, в даному випадку прецедентів. Для визначення переліку потенційних варіантів робіт необхідно описати основні види робіт підприємства в термінах понять існуючих категорій. Об'єкти понять, що описують роботи, класифікуються за наявними категоріями, описуються зв'язки між ними і далі проводиться пошук робіт в базі попередніх робіт, близьких до описуваної. Рішення, з якими проводиться порівняння, називаються еталонними рішеннями. У підсумку, для пошуку варіантів роботи проводиться аналіз всіх попередніх робіт, подібних шуканої, на підставі заданого відношення подібності. Для завдання попарного порівняння ініціюючого прецеденту з відібраними зі сховища обчислюються відхилення характеристик планованої роботи від знайдених еталонних, яке позначимо Δx_i . Завдання ранжирування і відбору прецедентів на основі оцінки подібності здійснюється на основі багатofакторної узагальненої оцінки «відстані» характеристик робіт від знайдених еталонних, яка має вигляд:

$$L = \sum_{i=1}^n a_i \Delta x_i$$

де a_i – вагові коефіцієнти, що визначають значущість окремих характеристик відносно інших, $\sum_{i=1}^n a_i = 1, 0 < a_i \leq 1$. Принцип оптимальності описується виразом:

$$x_{\Pi}^0 = \arg \min_{x \in X} \sum_{i=1}^n a_i \Delta x_i.$$

За таким принципом відбувається ранжування знайдених еталонних робіт за ступенем подібності планованій. Кожна знайдена критична система є елементом (кортежем) множини M , в якій йому відповідає виконувана робота S , рішення r і відповідна множина виконавців h , що володіють необхідним досвідом. Відповідно до цієї методики попередній пошук і відбір виконавців слід проводити з множини h , а для остаточного відбору використовується математична модель формування багатofакторної оцінки альтернативи (2.15). У тому випадку, якщо з якихось причин множину потенційних виконавців не було

сформовано з множини H , цю множину можна розширити шляхом обліку ситуацій, менш близьких до еталонної. Вибір прецедентів є основною функцією СППР, яка реалізує механізм пошуку відповідних виконавців для виконання заданих робіт і являє собою технічну сторону розробленої методики.

Пошук кандидатів для роботи в критичних системах вимагає послідовного вирішення наступних завдань: опис робіт у вигляді розповідного тексту; побудова опису мовою представлення ситуацій; звуження області пошуку шляхом обліку і конкретизації спеціальних вимог, що додатково характеризують роботу; пошук еталонної роботи, близької за структурою до шуканої, в межах заданого інтервалу близькості; виділення з переліку знайдених схожих робіт переліку потенційних операторів для роботи в критичних системах. Виконання цих етапів дозволить виявити склад працівників, які виконували раніше схожі види робіт, визначення складу працівників, що мають відповідний досвід, і розгляд їх як кандидатів для роботи в даній критичній системі.

Механізм пошуку має на увазі наявність прецедентної бази знань критичних систем, з яких потім буде проводитися пошук. Для того, щоб забезпечити в подальшому адекватний вибір рішення необхідно надати опис еталонної роботи, до якої можна застосувати дане рішення. У загальному вигляді процес складання такого опису схожий з процесом опису проблемної ситуації, з тією лише різницею, що в даному випадку можна отримати більш чіткий опис того, до яких завдань може бути застосовано дане рішення. Після опису прецедентної ситуації пара критична система – робота заноситься в базу знань для подальшого використання. Так, наприклад, база даних ВП «Южно–Українська АЕС» містить близько 2,5 тисячі осіб, які виявили бажання працювати на цій атомній станції.

Слід зазначити, що крім корпоративних прецедентних СППР, орієнтованих на використання внутрішніх кадрових ресурсів для залучення зовнішніх трудових ресурсів можуть використовуватися аналогічні бази кадрових ресурсів різних рекрутингових компаній, регіональних служб працевлаштування.

2.7 Висновки

1) Удосконалено метричний метод відбору співробітників за заданими еталонними компетенціями, який відрізняється від аналогів урахуванням прецедентів, передісторії, психофізіології, досягнень, знань, умінь, навичок, що дає можливість зменшити некоректні призначення на функціональні позиції.

2) Показана модель управління, виражена у вигляді сукупності текстів звичайною природною мовою, де вся інформація про об'єкт управління, мету його існування, критерії управління, кадровий склад і множину можливих актуаторних рішень може бути подано до керуючої системі у вигляді послідовності фраз, написаних природною мовою.

3) Визначено структуру прецедентних рішень на основі бази прецедентів, де часові витрати на пошук актуаторного впливу істотно знижуються. При цьому для реалізації методів пошуку та оновлення сховища прецедентів використовуються моделі подібності або допустимості, засновані на використанні метрики подібності–відмінності, нечітких або наближених множин для класифікації подібних елементів–прецедентів.

2.8 Список використаних джерел до розділу 2

1. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) / Г.Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 1982. – 256 с.

2. Фомин В. Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация. / В.Н. Фомин. – М.: Ось–89, 2007. – 383 с.

3. Азгальдов Г.Г. Квалиметрия для инженеров–механиков / Г.Г. Азгальдов, В.А. Зорин, А.П. Павлов. – М: ДМК Пресс, 2006. – 148 с.

4. Roth–Berghofer T. Towards a maintenance methodology for case–based reasoning systems / T. Roth–Berghofer, I. Iglezakis //Proceedings of the 9th German Workshop on Case–Based Reasoning (GWCBR): in Professionelles Wis–

sensmanagement: Erfahrungen und Visionen.

5. Овезгельдыев А. О., Петров Э. Г., Петров К. Э. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации. – Киев: Наукова думка, 2002. – 163 с. 82.

6. Plaza E. Alogical approach to Case-Based Reasoning using fussy similarity realations / Plaza E., Esteva F., Garcia P., Godo I., Lopez de Montaraz R. // Information Sciences. – 1997.– Vol 106 – №1.2 pp 105–122.

7. Варшавский П.Р. Применение метода аналогий в рассуждении на основе прецедентов для интеллектуальных систем поддержки принятия решений/ П.Р. Варшавский // Девятая Национальная конференция по искусственному интеллекту, КИИ–2004 . – Москва: Физматлит, 2004. – Т.1. – С.218–226.

8. Gomez A. Integrated Rule Based Systems with Change along Time in CBR Enviroment /A. Gomez, R. Pavon, R. Losa, R. Corchadov // Simposio de Informacia Telecomunicaciones SIT'02–Lissaton, 2002. – pp. 193–203.

9. Tsang E. Clustering and Classification of Cases Using Learned Global Feature Weights / Tsang E., Shin C., Wang X., Lam M. // Proceedings of the Joint 9th IFSA World Congress.– Vancouver ,Canada.– 2001.–pp 2971–2976.

10. Губанов В.М. Чрезвычайные ситуации социального характера и защита от них: учеб. пособие / В.М. Губанов Л.А. Михайлов, В.П. Соломин. – М.: Дрофа, 2007. – 285, (3) с. – (Высшее педагогическое образование).

11. Checkland P.B. Systems Thinking, Systems Practice / Checkland P.B. – NY: Wiley.– 1981– 386p.

12. Катулев А.Н. Современный синтез критериев в задачах принятия решений /А.Н. Катулев , В.Н. Михно. – М.: Радио и связь, 1992. – 119 с.

13. Трахтенгеру Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений / Трахтенгеру Э.А. – М.: Наука, 1998. – 420с.

14. Kozko B. Fuzzy cognitive maps /Kozko B.// Int. Journal man–mashine Studies. – 1986.– Vol. 24 – pp. 65–75

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ПЕРСОНАЛУ ЗА МЕТРИКОЮ КРИТИЧНИХ РОБІТ

3.1 Модель нештатної ситуації в критичній системі

Для сучасного стану України та інших промислово розвинених країн світу характерно наростання загроз в природно–техногенній сфері. Найбільші аварії, катастрофи та стихійні лиха, що мали місце в останні десятиліття в Україні та за кордоном, забрали сотні тисяч людських життів, завдали великої і часто непоправної шкоди навколишньому середовищу. Прямі економічні втрати і витрати на ліквідацію їх наслідків досягають десятків і сотень мільярдів доларів. Техногенні нештатні ситуації класифікуються за типами аварій, які є джерелами основних видів надзвичайних ситуацій техногенного характеру, і частково характеризують також сферу та особливості прояву цих небезпечних подій. Стан об'єкта контролю оцінюється набором параметрів, значення яких задається для нормальних (штатних) ситуацій умовами протікання контрольованого процесу. Вихід значень контрольованих параметрів за межі заданих діапазонів їх значень характеризується як позаштатна (аварійна) ситуація. У нештатній ситуації (НС) спостерігається погіршення низки параметрів контрольованого процесу, кожен з яких характеризується певною фізичною величиною (температура, тиск) і є мікропараметром в загальній оцінці ситуації і формуванні рішення про процедуру усунення (локалізації) виниклої нештатної ситуації. У розділі досліджується модель представлення нештатної ситуації в системі контрольованих центрів спостереження і керування процесом.

Нехай $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ – кількісні та якісні параметри нештатної ситуації в даній контрольованій точці об'єкта контролю. Кількість цих параметрів може бути різною. Тоді визначимо, що мікроситуації – це група показників контролю при спостереженні за об'єктом, яка найбільш повно описує вплив і протікання

нештатної ситуації. Декомпозицію ситуації на мікроситуації можна представити таким способом:

$$\text{NSit} = \text{NSit}_1 \cup \text{NSit}_2 \cup \text{NSit}_3 \cup \dots \cup \text{NSit}_n,$$

$$p(\text{NSit}_p) = \text{dist}(\text{NSit}_p, \text{NSit}_r),$$

де $\text{NSit}_1 \dots \text{NSit}_n$ – ряд мікроситуацій, які характеризують нештатну ситуацію. Імовірність виникнення мікроситуації NSit_i в декомпозиції ситуації Sit описується як $p(\text{NSit}_p)$ і визначається як декартова відстань між реальними значеннями параметрів мікроситуації NSit_r та мікроситуації NSit_p , яка зберігається в базі знань. Кожен контрольний пост оцінює стан керованого об'єкта за набором мікроситуацій (часткових параметрів), які за сукупністю представляють узагальнену (штатну) характеристику в даній точці і в даний час стану об'єкта контролю [1]. Мікроситуації мають різну фізичну природу, різні функціональні і інформаційні призначення. При виникненні позаштатних ситуацій для прийняття управлінського рішення використовують групові оцінки за однотипними показниками. Для цього після декомпозиції узагальненої характеристики процесу виконується класифікація отриманих мікроситуацій і приведення їх до певного типу характеристик узагальненого параметра. Для кожної мікроситуації визначається функція приналежності до виду контрольованих параметрів:

$$Q(\text{NSit}_p) = \frac{\sum_{i=1}^a C(\text{NSit}_i) \frac{\text{dist}(\text{NSit}_p, \text{NSit}_i)}{\text{dist}_{\max} - \text{dist}_{\min}}}{a};$$

$$\text{NSit}_i \in \text{NSit}_n, \text{NSit}_n \subseteq \text{NSit};$$

$$\forall \text{NSit}_b \in \text{NSit}_n \text{dist}(\text{NSit}_p, \text{NSit}_b) < p;$$

$$|\text{NSit}_n| = a, C\text{NSit}_i = \begin{cases} 1 & \text{при } Q(\text{NSit}_i) \geq 0,5 \\ 0 & \text{при } Q(\text{NSit}_i) < 0,5 \end{cases};$$

$$\text{dist}_{\max} = \max_{i=1 \dots a} \text{dist}(\text{NSit}_p, \text{NSit}_a);$$

$$\text{dist}_{\min} = \min_{i=1 \dots a} \text{dist}(\text{NSit}_p, \text{NSit}_a),$$

де $Q(\text{NSit}_p)$ – предметна функція приналежності до типового технологічного

процесу; C – функція приналежності до контрольованого технологічного процесу; $NSit$ – множина мікроситуацій в базі знань; p – поріг порівняння, знаходиться експериментально. База знань $NSit$ зберігає в собі всі попередні ситуації, які виникали впродовж функціонування цього вузла мережі моніторингу, і множина мікроситуацій $NSit^*$, яка була отримана з інших вузлів мережі моніторингу. Попередня класифікація існуючих мікроситуацій виконується за допомогою експертів. Для цього виконується кластеризація, яка надає можливість провести якісний аналіз і описати структуру значущих мікроситуацій в залежності від типу технологічного процесу і показань параметрів, що характеризують його протікання. Для контрольованої ситуації можна знайти подібну або близьку мікроситуацію в базі знань прецедентів [2]. Причому для знайденої в базі такої мікроситуації вже є вдале рішення, відповідне ситуації, що виникла. В цьому випадку для контрольованої мікроситуації на прийняття рішення піде мінімальний час. Таку можливість дає використання передісторії вдалих рішень – БЗ для ліквідації наслідків НС в оперативному плануванні та управлінні контрольованим технологічним процесом. За міру однорідності об'єктів прийнята метрика – евклідова відстань. Розглянутий метод є досить інформативним для групування показників оцінки об'єктів: чим ближче вони між собою в даній метриці, тим більше подібні в практиці контролю і порівняння. Доцільно застосовувати методи knowledge discovery in database (KDB), які можуть виділити узагальнену групу критичних ситуацій для різних рівнів системи контролю стану об'єкта [3]. Визначення евклідової відстані передбачає оцінку геометричної відстані в багатовимірному просторі між параметричними структурами технологічних постів (об'єктів) спостереження і контролю, яка розраховується наступним чином: $r_{ia} = \left(\left(\sum_j^Q NSit_{ij} - NSit_{aj} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$, де r_{ia} – відстань між об'єктами; i, a – об'єкти технологічного контролю; $1 \dots N$ – кількість параметрів, якими описуються об'єкти контролю; $j = \overline{1, N}$ – індекс контрольованого параметра; x_{ij}, x_{aj} – чисельні значення j -ої змінної для i -го і j -го об'єктів, що відповідають індексу N (значення показників кожної

технологічної складової i -го та j -го кластера). Така метрика може бути інтегральною мірою ступеня подібності параметричної структури диспетчерських пунктів між собою, що можна представити через двомісну дійсну функцію $D(x_1, x_2)$, з такими особливостями: $D(x_1, x_2) \neq 0!$ – стверджує неможливість негативної відстані; $D(x_1, x_2) = 0$ – в разі подібності тотожних об'єктів: $x_1 = x_2$; $D(x_1, x_2) = D(x_2, x_1)$ – визначає симетричну відстань; $D(x_1, x_2) + D(x_3, x_4) \neq D(x_1, x_3)$ – нерівність трикутника. Тоді симетрична матриця відстаней D може бути представлена наступним чином:

$$D = \begin{pmatrix} 0 & d_{12} \cdots & d_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{p1} & \cdots & 0 \end{pmatrix},$$

де d – відстань між різними параметрами технологічних пунктів; p – кількість кластерів. При великій кількості спостережень доцільно використовувати метод k - середніх за такою процедурою: 1) На нульовому кроці за центри шуканих k кластерів приймають випадково вибрані k спостережень – точки $d_{1p}, d_{2p}, \dots, d_{ap}$. 2) Кожному кластеру привласнюють одиничну вагу. 3) На першому кроці знаходять відстань від точки $d_{ap} + 1$ до центрів кластерів, побудованих на попередньому кроці, а точку $d_{ap} + 1$ відносять до кластеру, відстань до якого є мінімальною, після чого розраховують новий центр ваги цього кластера (як зважене середнє за кожним показником) і вага кластера збільшується на одиницю. 4) Всі інші кластери залишаються незмінними (з колишніми центрами і вагами). 5) На другому кроці аналогічну процедуру виконують для точки $d_{ap} + 2$ і далі до точки $d_{ap} + 402$.

За своїм підходом все алгоритми ієрархічної кластеризації діляться на два типи: зверху вниз і знизу вгору. Перші починають з одного великого кластера що складається з усіх елементів, а потім, крок за кроком розбивають його на більш дрібні кластери. Другі, навпаки, починають з окремих елементів, поступово об'єднуючи їх у більші кластери. Для користувача принципової різниці між цими двома підходами немає, куди більш значущим є те, яким способом алгоритм

використовується для обчислення відстані між кластерами. За цією ознакою ієрархічні алгоритми діляться на алгоритми з одиночної зв'язком і з повним зв'язком (існують також інші підходи, але вони менш поширені). В алгоритмах з одиночної зв'язком відстанню між двома кластерами вважається мінімальна відстань між усіма парами елементів з цих двох кластерів. В алгоритмах з повним зв'язком відстанню вважається максимальна відстань між усіма парами елементів з цих двох кластерів.

3.2. Ідентифікація ризиків нештатної ситуації

Основні вимоги, які висуваються до критичної системі – це стійкість до відмов – при виникненні критичної ситуації звичайні канали для передачі даних можуть бути недоступні; однорангова система – формування єдиного сервера призводить до виникнення точки відмови, яка недопустима для систем моніторингу та оптимізації ризиків; ефективний пошук нових вузлів системи – через змінну структуру мережі при виникненні критичних ситуацій необхідна швидка адаптація до появи нових вузлів в мережі і низька затримка для їх підключення [4–9]. У цій моделі чільне місце займає поняття ситуації. Це поняття можна виразити наступною формулою:

$$Sit = \{x_1, x_2, \dots, x_m, Sit'\}, 0 \leq x_i \leq 1, i = \overline{1, m}, x_i \in X,$$

де x_1, x_2, \dots, x_m – нормальна множина значень датчиків, встановлених на диспетчерському пункті відповідно до вимог до якості технологічного процесу; Sit' – дані про стан технологічного процесу за інформацією з інших диспетчерських пунктів; X – множина значень параметрів зовнішнього середовища, в тому числі задаються штучно. У загальному вигляді принцип роботи системи моніторингу і оптимізації ризиків можна описати таким чином:

$$\left[\begin{array}{c} Sit \\ x_1, x_2, \dots, x_m \end{array} \right] \xrightarrow{\Delta Z} Sit \xrightarrow{\Delta K} N(Sit) \xrightarrow{\Delta P} M(Sit)$$

де ΔZ – фактична затримка отримання показань моніторингу; ΔK обчислюється за допомогою ΔP – затримки, пов'язаної з прийняттям рішення з оптимізації

ризиків в умовах ситуації Sit. Існуючі затримки в системі співвідносяться наступним чином: $\Delta Z < \Delta K < \Delta P$. Таке співвідношення обумовлено кроці прийняття рішень. Зменшення ΔK дозволяє поліпшити контроль над розвитком надзвичайної ситуації і є дуже важливим в процесі оптимізації ризиків. Класичний підхід до вирішення цієї проблеми включає збільшення обчислювальних потужностей системи моніторингу, що призводить до наступних негативних наслідків: збільшення ризиків відмов через ускладнення системи моніторингу; зростання економічних витрат як для створення, так і для підтримки існуючих систем; зростання обсягів оброблюваних даних. Технологія оптимізації ризиків зводиться до використання механізму моніторингу та оптимізації ризиків – безперервної перевірки поточного стану системи і обчислення ймовірності виникнення ситуацій конкретного типу. Якщо ймовірність виникнення критичної ситуації перевищує допустиму, то виникає необхідність в застосуванні заходів щодо попередження критичної ситуації, а згодом, у разі виникнення критичної ситуації – застосовуються рішення з ліквідації наслідків такої ситуації. У пропонованому методі оптимізацію ризиків запропоновано виконувати з урахуванням використання бази прецедентів шляхом пошуку максимально близьких раціональних рішень. На підставі декомпозиції аналогічних ситуацій на мікроситуації проводиться пошук прецедентних вдалих рішень в базі прецедентних рішень.

Модель представлення надзвичайної ситуації у вигляді композиції мікроситуацій з урахуванням зв'язків між ними ґрунтується на використанні розподіленої бази знань, яка забезпечує підвищення швидкодії методів оптимізації ризиків за рахунок використання розподілених обчислень. Кожна з можливих (альтернативних) стратегій має набір властивих їм характеристик, що визначають їх привабливість $K_i(x), i = \overline{1, n}$. Для оператора кожна з характеристик має свою важливість (корисність) залежно від ситуації, що виникає на об'єкті управління. Таким чином, для кожної критичної (нештатної) ситуації існує, в сприйнятті оператора, шкала важливості окремих характеристик для кожної ситуації. В цьому випадку корисність альтернативи в конкретній

ситуації буде визначатися виразом: $P(x) = F[\lambda_i, k_i(x)], i = \overline{1, n}$, де – вид залежності; λ – коефіцієнт значущості i -ї характеристики. При цьому підрахунок здійснюється за формулою:

$$P(x) = F(a_i) \left[\frac{k_i(x) - k_{i\text{нх}}}{k_{i\text{нп}} - k_{i\text{нх}}} \right],$$

де a_i – відносні безрозмірні коефіцієнти важливості характеристики $k_i(x)$ в конкретній ситуації прийняття рішення; $0 \leq a_i \leq 1, \sum_{i=1}^n a_i = 1$. У цьому випадку управління поведінкою оператора в критичній ситуації має бути спрямоване на формування причинно–наслідкового зв'язку «ситуація–альтернатива» x^a (адекватне). Оскільки виникнення критичних ситуацій являє собою процес, що має різноманітний характер, прояв поведінки оператора може здійснюватися за різною моделлю в залежності від конкретного сценарію поведінки зовнішнього середовища. У разі відхилення протікання контрольованого процесу від штатного режиму модель управління оператором полягає в перетворенні інформації вхідного сигналу і формуванні на цій основі вихідного сигналу за заданими правилами. Плануючи відбір, навчання та управління діяльністю операторів слід враховувати специфіку поведінки операторів при постійному контролі й управлінні технологічними процесами різних типів і характеристик, які можна розбити на групи за спеціальними ознаками. Залежно від динамічних властивостей контрольованого процесу планується випадкова участь оператора. Діяльність оператора регламентована встановленими правилами для стаціонарної випадкової появи сигналу. Залежно від ступеня участі оператора в управлінні контрольованим процесом передбачається активна участь оператора, необхідна при відхиленні процесів від заданого діапазону з метою створення керуючого впливу для повернення процесу в штатний режим протікання. Діяльність оператора регламентована на всіх етапах управління процесом. Залежно від способів використання інформації для прийняття рішення з управління в нормальних (штатних) умовах здійснюється пряме формування керуючого сигналу в залежності від вхідного сигналу за відомим правилом. У ситуації протікання контрольованого процесу в

аварійному режимі необхідно за відомими наслідками сформувати вхідний вплив, що усуває виниклі відхилення процесу від штатного режиму протікання. Таким чином готовність оператора до переходу від режиму спостереження за технологічним процесом до режиму активного управління багато в чому залежить від стану функціональної системи діяльності оператора, організації та стабільності психофізичного забезпечення його працездатності, набуття досвіду і професійних знань. Формування цих якостей у операторів, які керують виробничими процесами, відбувається в процесі навчання, тренінгу та підвищення компетентності. Планування трудових ресурсів передбачає необхідність оцінки ресурсів для кадрового забезпечення ділянки робіт. Обсяг і послідовність роботи з набору, навчання та підготовки трудових ресурсів виробництва в змістовному плані забезпечується деякою послідовністю процедур, зміст яких залежить від особливостей конкретного об'єкта контролю і управління та причинно–наслідкових зв'язків виниклої критичної ситуації. У загальній постановці критична ситуація в своїй структурі складається з набору окремих часткових позаштатних ситуацій і вибору стратегії ліквідації нештатної ситуації. Таким чином, виникла критична ситуація є багатофакторним (багатопараметричним) процесом, для ліквідації якого можна скористатися різними стратегіями. Поведінку оператора можна розглядати як вибір і реалізацію деякої альтернативи (стратегії) x^0 з наявної множини X відповідно до наявної (сформованої) привабливості з точки зору досягнення наявної мети – ліквідації нештатної ситуації. Кожна альтернатива (стратегія) характеризується деяким n -вимірним складом характеристик. Оскільки в нештатній ситуації оператор діє імпульсивно, управління його поведінкою ґрунтується на усвідомленні до автоматизму причинно–наслідкового зв'язку ситуація–альтернатива. Таким чином проектувальник технологічних процесів розробляє сценарій можливих нештатних ситуацій в процесі експлуатації об'єктів контролю і управління. Для кожного прогнозованого сценарію формується ранжируваний ряд альтернатив поведінки оператора на основі обчислення функції корисності кожної альтернативи за заданими частковими

характеристиками.

Управління поведінкою операторів здійснюється за рахунок формування його стратегії поведінки для кожного з прогнозованих сценаріїв розвитку нештатної ситуації в керованому об'єкті. Критерії вибору прийнятного варіанту поведінки обумовлюються з урахуванням специфіки об'єкта контролю. Для реалізації програми навчання відібраних операторів необхідно в проєктованих програмах забезпечення кадрового складу передбачити результати для підготовки фахівців. Ресурси спрямовуються на розробку моделей можливої поведінки об'єкта контролю і моделей з парирування, які оператори повинні оперативно реалізувати, залучаючи адекватні альтернативи з заздалегідь відомої ранжируваної послідовності. Виділені ресурси використовуються на формування моделей, ранжируваних за ступенем локалізації часткових характеристик альтернатив, і рангового ряду значущості характеристик окремих альтернатив. Для розробки альтернатив управління ситуаціями протікання контрольованого процесу, проведення тренінгів операторів для оволодіння методиками і освоєння технічних засобів спеціального призначення в структурі проєкту повинні бути передбачені певні ресурси R . Моделі поведінки будуть сприйматися по-різному в залежності від сприйняття різних значень коефіцієнтів значущості λ_i і часткових характеристик r_i . При цьому виконується співвідношення $\sum_1^n (P_{1i} + P_{2i}) \leq R$, де P_{1i}, P_{2i} – ресурси тренінгів. У цьому випадку математична модель формування у оператора найбільшої привабливості розробленої (заданої) альтернативи x^T поведінки буде визначатися як завдання визначення мінімальної кількості ресурсу Q для досягнення поставленої мети [10]:

$$Q = \min_k \sum_1^n r_{1i},$$

$$P(x^T, a_i(P_{1i})) > P(x_j, a_i(r_{1i})) \forall x_j \in X, j = \overline{1, N},$$

$$\sum a_i(r_{1i}) = 1, a_i(r_{1i}) \geq 0, \text{ где } P(x) = F(a_i, P_i[k_i(x)]), i = \overline{1, n},$$

де $P_i[k_i(x)]$ – функція корисності часткової характеристики. Для альтернатив, привабливість яких визначається значеннями часткових характеристик, плани

усунення нештатної ситуації розробляються на ранжирування альтернативи варіантів в залежності від значень коефіцієнтів значущості функції корисності часткових критеріїв. Ця інформація відображає значущість кожного окремого підпроцесу з точки зору обсягу негативу, який може бути заподіяний об'єкту в критичній ситуації. З точки зору оператора (команди операторів) ця інформація визначає черговість ліквідації дестабілізуючих факторів і підпроцесів, що створюють найбільшу небезпеку. У цьому випадку математична модель управління контрольованим процесом на основі оцінки чисельних значень часткових показників альтернатив може бути представлена як задача оцінки альтернатив планів ліквідації нештатної ситуації за значеннями часткових характеристик альтернатив з урахуванням витрат ресурсів. Завдання, зворотне вищенаведеній задачі розподілу ресурсів при плануванні стратегії поведінки в критичній ситуації: $P(x^T) = \max F(a_i, P_i[k_i(x, r_{2i})])$,

$$\sum_{i=1}^n r_{2i} \leq Q.$$

3.3 Компетентнісний підхід до оцінки персоналу

Ефективне управління трудовими ресурсами є визначальним фактором функціонального і економічного успіху кожного підприємства. При цьому воно покликане не тільки забезпечити кожне робоче місце компетентними кадрами, але й створити сприятливе середовище, в якому реалізується трудовий потенціал працівника, підвищується його кваліфікація, розвиваються його індивідуальні здібності, а співробітники організації отримують моральне задоволення від виконаної роботи і суспільне визнання своїх досягнень. Це означає, що в сфері управління трудовими ресурсами відбувається поступове зміщення акцентів з технократичних підходів, які регламентуються змістом трудового процесу, до системного підходу, в основі якого лежить перспективний розвиток трудового та соціального потенціалу працівників. Це змістовно змінює завдання системи управління планування людських ресурсів: від простого оперативного

вирішення проблем, що виникають, вона переходить до стратегічного прогнозування і визначення майбутніх потреб у трудових ресурсах, потреб працівників організації та розвитку їх потенціалу. Особливо важливий такий підхід для набору операторів критичних людино–машинних систем, безпосередньо пов'язаний з підвищенням професійної компетентності оператора, що забезпечується системою професійної підготовки і регулярними заходами по її контролю [11–12], а також фізичним, морально–психологічним станом і рівнем соціальної відповідальності. Компетентність (когнітивна, операціональна, технологічна) – сукупність знань, досвіду, необхідних для ефективної і безпечної діяльності в заданій предметній області а також мотиваційні, етичні, соціальні і поведінкові чинники. Кадрові ресурси – це організована сукупність людей, кожен з яких виконує певну роль і несе відповідальність за виконання певної роботи. Це не виключає того, що кожен працівник може виконувати одну з декількох функцій, кілька працівників є взаємозамінними або володіють декількома компетенціями. Професійні знання є основою компетенцій. Їх використання має місце в різних ситуаціях: при вирішенні складних проблем, в процесі спілкування, для придбання (нарощування) нових знань, умінь, навичок, установок, цінностей. Тому система управління кадрами повинна стимулювати і створювати умови для підвищення рівня професійних знань. Розрізняють також ключові компетенції (КК), які іноді характеризують як універсальні. Вони реалізуються в умовах, які не обмежені, не дуже специфічні, універсальні. Це компетенції широкого спектра. Ключові компетенції – «метапрофесіональні». Вони базуються на загальній освіченості і забезпечують зв'язок з конкретними актуальними компетенціями з точки зору особистості (світогляду) [14].

У сучасній практиці термін «професійна компетенція» найчастіше визначає здатність співробітника виконувати конкретні завдання у відповідності до заданих стандартів (вимог документації). Вимоги до посади – це завдання і стандарти їх виконання, прийняті в організації або галузі. Узагальнюючи всі підходи до розуміння професійних компетенцій, можна виділити два основних

напрямки тлумачення поняття компетенції: здатність людини діяти у відповідності із заданими стандартами, характеристики особистості, пов'язані з результатами роботи. У компетенції також можуть бути включені мотиваційні аспекти, особисті якості та навички, необхідні співробітникам для досягнення успіху в своїй роботі [15].

На практиці прийнято розділяти поняття "компетентність" і "компетенція". Компетентність визначають як інтегральну характеристику, яка розпадається на спектр часткових компетенцій. За допомогою компетентнісного підходу можливо всебічно більш повно і обгрунтовано оцінювати рівень підготовки фахівця, рівень кваліфікації якого передбачає не тільки його готовність, а й здатність до роботи в сучасних умовах динамічного зміни в світі технологій і суспільного життя [16]. Всі перераховані якості відображені у визначенні компетентності як «здатності реалізувати свій потенціал (знання, вміння, навички) для успішної творчої діяльності». Якщо врахувати сказане, то компетентність фахівця – це проявлені їм на практиці прагнення і здатність (готовність) реалізувати свій потенціал (знання, вміння, досвід, особистісні якості) для успішної діяльності в професійній і соціальній сфері, усвідомлюючи соціальну значущість і особисту відповідальність за результати цієї діяльності. З огляду на сказане, корпоративна система управління кадрами повинна всіляко стимулювати, створювати умови і контролювати результати підвищення компетентності співробітників.

Компетенції визначають як здатність працювати ефективно і кваліфіковано, як інтегровану здатність випускника системи підготовки кадрів виконувати соціальні та професійні ролі на рівні, що забезпечує його максимальну самореалізацію і саморозвиток. Компетенції (особливо ключові) формуються за рахунок систематичного інтегрування в цілісний освітній процес. Для цього використовуються методи [18]: позитивного здійснення помилок, творчо-проблемний, зворотного зв'язку через інтенсивне соціальну взаємодію (взаємодія з зовнішнім світом), дослідження рольових моделей, презентація ідей.

Досягнення глобальної мети на рівні конкретного підприємства вимагає

вирішення комплексу взаємопов'язаних завдань. До них відносяться: формування множини кандидатів на вакансію з урахуванням їх професійної компетентності, оцінювання і ранжування претендентів за набором компетенцій, необхідних для виконання конкретної роботи, прийняття рішення про працевлаштування, управління процесом адаптації на конкретному робочому місці, планування перспективи і створення умов для розвитку компетентності.

Таким чином, перелік завдань, які повинна вирішувати система управління кадровими ресурсами (СУКР) будь-якого підприємства дуже великий і, головне, всі ці завдання повинні вирішуватися безперервно. Це вимагає великих трудовитрат колективу висококваліфікованих фахівців для забезпечення своєчасності прийнятих рішень зі збору, накопичення, зберігання та обробки великих обсягів інформації. Слід підкреслити, що більшість цих процесів мають рутинний характер. В даний час розвиненим шляхом зниження таких трудовитрат є автоматизація зазначених процесів на основі широкого використання обчислювальних засобів та інформаційних технологій. Тому, підвищення ефективності СУКР можливо тільки на основі глибокої і широкої автоматизації функціональних процесів, створення систем управління кадровими ресурсами (СУКР). Використання компетентнісного підходу дозволить підвищити ефективність навчання фахівців за рахунок: посилення діяльнісної, актуальної сутності навчання, акцентування, на відміну від знанієвої спрямованості – «що», на спосіб і характер дій – «як», зміцненні взаємозв'язку з особистісною, зокрема, мотиваційною характеристикою особистості.

На думку ряду дослідників компетентнісного підходу [19], ефективність дій фахівців не просто складається з їх певних навичок і вмінь, а множить за рахунок відповідної ціннісно-сміслової орієнтації. У сучасній практиці термін «професійна компетенція» найчастіше визначає здатність співробітника виконувати конкретні завдання у відповідності з заданими стандартами (вимогами документації). Вимоги до посади – це завдання і стандарти їх виконання, прийняті в організації або галузі. Узагальнюючи все підходи до розуміння професійних компетенцій, можна виділити два основних напрямки

тлумачення поняття компетенції: здатність людини діяти у відповідності з заданими стандартами; характеристики особистості, пов'язані з результатами роботи. У компетенції також можуть бути включені мотиваційні аспекти, особисті якості та навички, необхідні співробітникам для досягнення успіху в своїй роботі [15].

3.5 Модель багатокритеріальної оцінки персоналу

Завдання такого роду на описовому рівні відноситься до проблеми прийняття рішення щодо вибору найкращого рішення (кандидата) з набору наявних кандидатів або ранжирування списку кандидатів за ступенем їх відповідності вимогам, що пред'являються. З формальної точки зору завдання складається з наступних етапів: 1) формування множини варіантів вибору кандидатів для роботи в критичних системах; 2) вибір системи визначення оцінок розглянутих варіантів (кандидатів); 3) визначення правила вибору кращого варіанту або формування порядку відносин. Оскільки кожен з варіантів вирішення характеризується набором часткових критеріїв, необхідна система оцінки взаємної важливості часткових критеріїв (завдання оцінювання значущості окремих критеріїв). Теоретичною основою інженерної практики формування скалярних оцінок може бути прийнятий принцип корисності. В основі цього принципу лежить твердження про існування кількісної оцінки переваги рішень (претендентів) так, що якщо рішення $\tilde{o}_1 > \tilde{o}_2$ (\tilde{o}_1 важливіше \tilde{o}_2), то і $P(\tilde{o}_1) > P(\tilde{o}_2)$, де $P(\tilde{o}_1)$ і $P(\tilde{o}_2)$ – функції корисності, можуть вважатися кількісною мірою переваги рішення \tilde{o}_1 по відношенню до вирішення \tilde{o}_2 [20]. Таким чином, рішення задачі вибору найкращого варіанту \tilde{o}^0 , може вирішуватися на основі методів багатокритеріального оцінювання й оптимізації. Тоді вид функції корисності можна представити у вигляді: $P(x) = F[\lambda_i, k_i(x)], i = \bar{1}, n$, де λ_i – коефіцієнт значущості i -ї характеристики в конкретній ситуації вибору; F – оператор перетворення.

Найбільш відомою і широко вживаною формою представлення функції корисності є адитивна форма, наступного виду

$$P(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i K_i(\tilde{\sigma}); i = \overline{1, n},$$

де $K_i(\tilde{\sigma})$ – набір часткових критеріїв, розглянутих варіантів. У формулі коефіцієнт λ_i враховує ступінь важливості часткових критеріїв і приводить часткові оцінки $K_i(\tilde{\sigma})$ до єдиної розмірності і інтервалу зміни. Тоді адитивна форма функції корисності набуде вигляду:

$$P(\tilde{\sigma}) = \sum_{i=1}^n a_i K_i^H(\tilde{\sigma}),$$

де a_i – відносні безрозмірні вагомні коефіцієнти виду:

$$0 \leq a_i \leq 1, \sum_{i=1}^n a_i = 1,$$

де $K_i^H(\tilde{\sigma})$ – нормалізовані значення часткових критеріїв, (приведені до ізоморфного виду).

$$K_x^H = \left[\frac{K_i(x) - K_{iHX}}{K_{iHL} - K_{iHX}} \right]$$

де K_{iHL}, K_{iHX} – відповідно найгірше і найкраще значення i -ї характеристики на множині X . Виходячи з викладеного можна записати ізоморфну функцію корисності часткової характеристики у вигляді:

$$P_i[k_i(x)] = \left[\frac{K_i(x) - K_{iHX}}{K_{iHL} - K_{iHX}} \right]^\alpha,$$

де K_{iHL}, K_{iHX} – відповідно найкраще і найгірше значення i -ї характеристики на множині X . Спираючись на поняття функції корисності часткових критеріїв можна уявити завдання визначення багатофакторної оцінки альтернативи у вигляді: $P^X = F[Q(a_i), P_i[k_i(x)]], i = \overline{1, n}$, где $P_i[k_i(x)]$ – функції корисності часткових критеріїв, $Q(a_i)$ – форма подання оцінки відносної важливості функцій корисності часткових критеріїв. У цьому виразі всі часткові критерії представлені в ізоморфній формі K_i^H , і основним питанням прийняття рішення

є оцінка ЛПР відносної важливості часткових критеріїв і форми їх подання $Q(a_i)$. Будемо вважати, що необхідна інформація буде представлятися в вигляді безрозмірних коефіцієнтів $a_i, i = \overline{1, n}$, де n – число часткових критеріїв із заданим інтервалом зміни:

$$a_i \in [0, 1], \sum_{i=1}^n a_i = 1$$

Тоді завдання визначення багатofакторної оцінки альтернативи, можна записати у вигляді: $P(x) = F[a_i, P_i[K_i(x)]], i = \overline{1, n}$.

Аналіз особливостей завдань багатокритеріального оцінювання в задачах управління людськими ресурсами дозволяє зосередити основну увагу на ситуаціях детермінованого представлення значень коефіцієнтів важливості часткових критеріїв $K_i(x)$ інформації $Q(a_i)$, що найбільш часто зустрічаються в практиці формування команд проекту. Для ситуації, коли відомі точні кількісні значення вагових коефіцієнтів a_i часткових критеріїв $K_i(x)$ або їх функцій корисності $P_i[K_i(x)]$, узагальнену корисність альтернативи $\delta \in X$, можна визначити як адитивну функцію виду

$$P(x) = \sum_{i=1}^n a_i p_i [K_i(x)], i = \overline{1, n}, \sum_{i=1}^n a_i = 1;$$

а принцип оптимальності

$$x^0 = \arg \max_{x \in X} \sum_{i=1}^n a_i p_i [K_i(x)], i = \overline{1, n}, \sum_{i=1}^n a_i = 1.$$

У цих виразах $K_i(x)$ – часткові критерії оцінки професійних якостей кандидатів в проект. Коефіцієнти значущості окремих критеріїв a_i , визначаються експертами, виходячи з особливостей робіт в проекті і корпоративних традицій організації. Інша ситуація при детермінованому підході формулюється в такий спосіб. Коефіцієнти a_i задані кількісно, але не точно, а у вигляді деякого інтервалу $[a_i \min, a_i \max]$. При цьому $\sum_{i=1}^n a_i \min \neq 1, \sum_{i=1}^n a_i \max \neq 1$. Визначення кращого рішення в цих умовах, можливо, отримати в два етапи. На

початку визначається область можливих рішень в залежності від значень $K_i(x)$ при змінах Δa_i , вважаючи $\sum_{i=1}^n a_i = 1$, і вирішується п задача оптимізації виду

$$x_i^0 = \arg \max [a_i \max P_i[k_i(x)] + \sum_{i=1}^n a_j P_j[k_j(x)]]; \\ \sum_{j=1}^n a_j = 1 - a_i \max, a_j \in [a_j \min, a_j \max]; j = \overline{1, n}, j \neq i,$$

де $a_i \max$ – максимальне можливе значення і-го вагового коефіцієнта. Потім за значеннями $x_i^0, i = \overline{1, n}$, обчислюється

$$K_{i\text{нл}} = \max_i K_i(x_i^0); K_{i\text{нл}} = \min_j K_i(x_j^0), j = \overline{1, n}, i \neq j.$$

Таким чином, встановлюються межі області, в якій на другому етапі визначається компромісне рішення. Досить поширеною при оцінці персоналу проекту є ситуація, при якій експерти не можуть уявити інформацію про коефіцієнти a_i , але формулюють відносну взаємну важливість оцінюваних критеріїв: $K_1(\delta) > K_2(x) > \dots > K_n(x)$. У цій ситуації з усього складу претендентів в команду проекту X виділяється частина, еквівалентна за найбільш важливим критерієм і вирішується однокритеріальне завдання оптимізації: $x_1^0 = \arg \max_{x \in X} [k_i(x)]$ або $x_1^0 =$. Якщо x_1^0 складається з декількох кандидатів, то вирішується завдання вибору претендентів за другим за важливістю критерієм. Рішення триває поки не буде отримано єдиного кандидату або не закінчатся критерії. У разі, коли експерти не мають інформації про коефіцієнти a_i , вважаються рівними значення важливості критеріїв $a_i = \frac{1}{n}, i = \overline{1, n}$ та рішення буде мати вигляд:

$$P(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i[K_i(x)], i = \overline{1, n}.$$

Застосування тієї чи іншої моделі для вирішення задач оцінювання та оптимізації прийнятих рішень в області формування команди визначається специфікою сформульованої мети, рівнем інформації для попереднього оцінювання та обізнаністю експертів і ЛПР. Кінцевим результатом виконання завдання підбору кандидатів в проект є формування рангового ряду кандидатів

за ступенем близькості робіт планованого проекту і аналога. В процесі пошуку кандидатів область пошуку задається діапазоном значень, що визначаються виваженою мірою близькості пари аналогів l_p та l_q у виразі

$$d_{pq} = \left[\sum_{j=1}^n W_j^2 (x_{pj} - x_{qj})^2 \right]^{1/2}, W_j (W_j \in (0,1), j = 1 \dots n)$$

В результаті, в заданому діапазоні значень міри близькості, може виявитися кілька кандидатів, які претендують на одну позицію в ранжируваному ряду.

В цьому випадку, визначення порядку серед цієї категорії кандидатів проводиться на основі порівняння сумарних значень величини відхилень характеристик кожного кандидата від значень цих характеристик портрета «ідеального працівника», сформованого експертами. Тоді можна записати вираз для сумарного узагальненого показника у вигляді:

$$P(x_i) = \sum_{i=1}^n a_i \Delta x_i,$$

де $\Delta x_i = x_{iy} - x_{in}$; $i = \overline{1, n}$, $\sum_{i=1}^n a_i = 1$. Ранжування проводиться відповідно до принципу оптимальності

$$x_{\Pi}^0 = \arg \min_{x \in X} \sum_{i=1}^n a_i \Delta x_i.$$

Стійкість рішень зміни, в поведінці зовнішнього середовища $y(t)$, є дестабілізуючим фактором стабільності достовірності прогнозів поведінки досліджуваного процесу в часі. У зв'язку з цим, в базових моделях прийняття рішень необхідно передбачити і реалізувати методики оцінки чутливості до варіацій сценаріїв поведінки зовнішнього середовища. Аналіз моделей прийняття рішень в задачах управління людськими ресурсами дозволяє вважати, що оптимізаційна модель прийняття рішень в загальній постановці має вигляд:

$$x^0 = \arg \text{extr } F [a_i, k_i(x), y, t], x \in E_N, y \in E,$$

$$h_s(x, q_n, y, t) \leq 0; S = \overline{1, S};$$

$$g_i(x, q_g, y, t) = 0; l = \overline{1, L};$$

Для завдань цього дослідження зміна поведінки зовнішнього середовища, в першу чергу, впливає на кількісні значення вагових коефіцієнтів важливості часткових критеріїв $K_i(\delta)$, і тоді цільова функція буде мати вигляд:

$$P = F[a_i, k_i(x), y, t], x \in E_N, y \in E_M,$$

Вважається, що цільова установка на момент прийняття рішень, залишається незмінною, тоді можна вважати, що оператор F , не залежить від $y(t)$, а зовнішнє середовище може змінювати кількісні характеристики $a_i, i = \overline{1, n}$. При цьому, значення керованих змінних залишаються незмінними: $x \in x^0$ і відповідними сценарію $y(t)$. Тоді функцію мети можна представити:

$$P = \sum_{i=1}^n a_i(y) x_i,$$

$$P^0 = \sum_{i=1}^n a_i(y_0) x_i^0.$$

Для будь-якого іншого сценарію поведінки зовнішнього середовища $y_j(t), j = \overline{1, m}$, цільова функція буде:

$$P_j = \sum_{i=1}^n a_i(y_j) x_i^0.$$

Тоді оцінка прогнозування впливу зовнішнього середовища на досліджуваний процес визначиться виразом:

$$\Delta P_j = \sum_{i=1}^n a_i(y_0) x_i^0 - \sum_{i=1}^n a_i(y_j) x_i^0.$$

З урахуванням сказаного, цільова функція в загальному вигляді буде мати вигляд: $P = F(x, y)$, і її оптимальне значення буде: $P = F[x^0, y_0(t)]$. Оцінка наслідків зміни сценарію поведінки зовнішнього середовища щодо отриманого опорного рішення x^0 визначиться: $\Delta P_j = P^0 - F[x^0, y_j(t)], j = \overline{1, m}$. Отриманий вираз може розглядатися в якості моделі процедури оцінки (обчислення) певних чисельних значень ступеня впливу прогнозованої поведінки зовнішнього середовища. В окремому випадку рішення даного завдання полягає в необхідності визначення залежності кожного з параметрів, що характеризують поняття «зовнішнє середовище», і кожного з параметрів (часткових критеріїв)

досліджуваного процесу. І на основі цих оцінок уточнюються переваги і значущість a_i часткових критеріїв $K_i(\delta)$.

В рамках цього дослідження методів формування проектних команд зміни параметрів зовнішнього середовища, що стосуються соціально–економічних питань, які найбільшою мірою впливають на групові та індивідуальні переваги і привабливості, що позначається на переоцінці ваг коефіцієнтів a_i при проведенні періодичних опитувань за планами боротьби з плинністю кадрів. В системі завдань розвитку персоналу програми підвищення компетенцій співробітників призводять до підвищення коефіцієнта близькості фактичного досвіду і знань до необхідних видів робіт за окремим частковим критерієм $K_i(\delta)$, що позначається на оцінці значущості цих критеріїв при відборі програм планування розвитку підприємства. При плануванні складу проектної команди, виникає необхідність оцінювання стабільності роботи команди в перспективі. Вирішення цього завдання пов'язане з прогнозуванням реакції колективу на зміну параметрів зовнішнього середовища і пов'язану з ним зміну складу часткових критеріїв та їх значущості. В основі формування прогнозних рішень лежать імовірнісні параметри вектора зовнішнього середовища $y_j(t)$ і опорних рішень x_j^0 .

Вибір необхідних критеріїв і правил прийняття рішення ЛПР залежить від виду інформації, яка є у розпорядженні ОПР. Найбільш частими є ситуації умов прийняття рішень ЛПР: умови ризику, умови невизначеності. У разі прийняття рішення в умовах ризику передбачається, що відомі ймовірності реалізацій різних сценаріїв поведінки зовнішнього середовища $y_j(t)$, і в якості критерію використовується маточікування значень цільової функції:

$$M(P_i^0) = \sum_{j=1}^m V_j(P_{ij} + \Delta P_{ij}),$$

де V_j – ймовірність реалізації j - того сценарію. Правило прийняття рішення для цього сценарію матиме вигляд:

$$x^0 = \arg \max_i \sum_{j=1}^m V_j(P_{ij} + \Delta P_{ij}), i = \overline{1, m}$$

Ухвалення рішення в умовах невизначеності ґрунтується на пошуку компромісу між ефективністю і стійкістю шуканого рішення, і визначається видом критерію вибору рішення. Найбільш вживані критерії вибору компромісу в умовах ризику і невизначеності можуть розглядатися як окремі випадки адитивної системи компромісу. Так, наприклад, якщо з множини можливих значень, задано два критерії $K_1(\tilde{\theta})$, і $K_2(\tilde{\theta})$, тоді схема вибору компромісного рішення матиме вигляд:

$$x^0 = \arg \max \sum_{i=1}^r a_i k_i(x); \sum_{i=1}^r a_i = 1.$$

Вибір значень a_i визначає конкретний вид критерію прийняття рішення і схему компромісу. Значення параметру a_i призначається ЛПР, переваги якого формуються на основі його досвіду й евристики.

3.6 Висновки

1) Удосконалено метод метричного інтегрального оцінювання пошуку квазіоптимального покриття посадових функціональностей, що дає можливість істотно зменшити часові та матеріальні витрати на виконання проекту або критичних робіт.

2) Отримав подальший розвиток комп'ютеринговий метод прийняття рішень, який відрізняється від аналогів вичерпним онлайн моніторингом і цифровим управлінням, що дає можливість істотного зменшення помилок оператора в процесі функціонування критичної системи.

3) Показано, що прийняття рішення в умовах невизначеності ґрунтується на метричному пошуку компромісу між ефективністю і стійкістю шуканого актюаторного впливу і визначається видом критерію вибору рішення, який може розглядатися як окремий випадок адитивної системи компромісу.

4) Запропоновано модель багатокритеріальної оцінки персоналу з

урахуванням професійних і психологічних факторів, яка зведена до проблеми прийняття рішення щодо вибору найкращого кандидата з набору наявних, метрично ранжированих за ступенем їх відповідності вимогам, що пред'являються.

3.6 Список використаних джерел до розділу 3

1. Климов И.Н. Метод оптимизации рисков чрезвычайных ситуаций природного происхождения в распределенной системе центров мониторинга / И.Н. Климов // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики: Сб. науч. трудов. – Харьков, 2011. – Выпуск 154. – С. 53 – 61.
2. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Поиск решения на основе структурной аналогии для интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Известия РАН. Теория и сист. управления. – 2005. – № I. – С. 97–109.
3. Soibelman S. Hyuntoo Kit. Data Preparation Process for Construction Knowledge Generation through Knowledge Discovery in Databases C Journal of Computing in Civil Engineering, January 2002. pp 39–47.
4. Самарский А.А. Математическое моделирование. Процессы в сложных экономических и экологических системах / А.А. Самарский. – М.: Наука. – 1986. – 296 с.
5. Самарский А.А. Разностные методы решения задач газовой динамики / А.А. Самарский, Ю.П. Попов. – М.: Наука, 1992. – 424 с.
6. Сергиенко И.В. Математическое моделирование и исследование процессов в неоднородных средах / И.В. Сергиенко, В.В. Скопецкий, В.С. Дейнека. – К.: Наук, думка, 1991. – 432 с.
7. Сергиенко И.В. Общая концепция управления риском экологических, техногенных и социогенных катастроф / И.В. Сергиенко, В.М. Яненко, К.Л. Атоев // Кибернетика и сист. анализ. – 1997. – № 2. – С. 65 – 86.
8. Сергієнко І.В. Інформатика в Україні: становлення, розвиток, проблеми / І.В. Сергієнко. – К.: Наук. думка, 1999. – 354 с.

9. Смит Дж. М. Модели в экологии.– М.: Мир, 1975. – 180 с.
10. Петров Э.Г. Формирование функций полезности частных критериев в задачах многокритериального оценивания / Э.Г. Петров, В.В. Бескорвайный, В.П. Писклакова // Радиоэлектроника и информатика. – 1997. – №1. – С. 71–73.
11. Определение профессионально значимых, личностных качеств работников атомных электростанций // Психологические проблемы совершенствования кадровой службы в энергетике / Под ред. В.Н.Абрамовой, Г.С. Журавлева, В.А. Заргарова.– М.: Информэнерго, 1984.– С. 30–32.
12. Ломов Б.Ф. Методологические и теоретические проблемы психологии. М.: Наука, 1999. – 349 с.
13. Беляев Г.С., Лобзин В.С., Копылова И.А. Психогигиеническая саморегуляция. Л., 1977. – 279 с.
14. Болотов В.А., Сериков В.В. Компетентностная модель: от идеи к образовательной программе // Педагогика.–2003.–№10.
15. Бобиенко О.М. Ключевые компетенции профессионала: проблемы развития и оценки / О.М.Бобиенко. – Казань: КГУ, 2006. – 146 с.
16. Демин В.А. Профессиональная компетентность специалиста: понятие и виды.//Стандарты и мониторинг в обр. 2000. – № 4. – С.34–42.
17. Равен Дж. Компетентность в современном обществе: выявление, развитие и реализация/Пер. с англ. –М.: Когито–Центр, 2002. 396 с.
18. Кирсанов А.А. Методологические проблемы создания прогностической модели специалиста. Казань: КГТУ, 2000. – 288 с.
19. Хуторский А. Ключевые компетенции как компонент личностно–ориентированной парадигмы образования//Народное образование. 2003. – №2. – С.58–64.
20. Петров Э.Г. Многокритериальная оценка технических средств (ТС) при интервальном задании значений весовых коэффициентов критериев / Э.Г. Петров, Л.В. Батай // Вестник Херсонского государственного технического университета. – 2003. – № 2(18). – С. 27–32

РОЗДІЛ 4

ВИЗНАЧЕННЯ ПІДМНОЖИНИ ЕФЕКТИВНИХ ВАРІАНТІВ У
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ ПРИЙНЯТТЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

Розглядаються практичні аспекти виділення підмножин ефективних проектних рішень з множин допустимих варіантів в інформаційних технологіях прийняття проектних рішень. В результаті аналізу сучасного стану проблеми виявлено, що з огляду на комбінаторний характер більшості завдань синтезу кількість альтернативних варіантів рішень різко збільшується з ростом розмірності задач проектування. При цьому переважна більшість варіантів є неефективними. Вони можуть бути поліпшені одночасно за всіма показниками якості. Це призводить до необхідності розробки методів для процедур виділення підмножин ефективних проектних рішень з урахуванням особливостей вихідних множин, вимог за трудомісткістю і точністю рішення задач.

4.1 Вступ

Для вирішення завдань різної розмірності на опуклих і неопуклих множинах допустимих варіантів обрані точні й наближені методи, засновані на попарному аналізі варіантів, теоремах Карліна, Гермейера. Для зниження часової складності методів вирішення задачі запропоновано попередньо виділяти наближені множини ефективних рішень методами «сектора» і «сегмента». За результатами аналізу оцінок обчислювальної складності методів як функцій від розмірності вихідної множини, альтернатив і кількості локальних критеріїв оптимізації встановлено, що виділення наближених множин ефективних рішень при великій потужності вихідної множини і альтернатив завжди є доцільним. Це дозволяє істотно знижувати трудомісткість вирішення завдань прийняття рішень без втрати ефективних альтернатив. Проведений аналіз часової складності

методів дозволив встановити, що найбільш раціональним для задач великої розмірності є використання схеми, що базується на модифікованому методі «сегмента». Отримані результати рекомендується використовувати в процедурах прийняття багатофакторних рішень в системах проектування та управління. Їх застосування дозволить підвищити ступінь автоматизації процесів. Ефективність антропогенних об'єктів, що використовуються в різних сферах людської діяльності, багато в чому визначається рішеннями, прийнятими в процесі їх проектування [1–3]. Процеси проектування припускають ітераційне розв'язання множини задач структурної, топологічної, параметричної, технологічної оптимізації в умовах неповної інформації за множиною функціональних і вартісних показників (критеріїв ефективності) [4–5]. Вибір найкращого рішення з множини ефективних тільки в найпростіших ситуаціях може здійснюватися особою, яка приймає рішення. З огляду на комбінаторний характер більшості завдань синтезу кількість альтернативних варіантів рішень різко збільшується з ростом розмірності задач проектування. При цьому переважна більшість варіантів є неефективними (домінованими). Кожен з таких варіантів може бути поліпшений на множині допустимих рішень одночасно за всіма показниками. Виникає проблема формування підмножини тільки ефективних (неудосконалених, Парето–оптимальних) проектних рішень, що складають множину компромісів, або виділення такої підмножини на сформованій множині допустимих варіантів [11–12]. Крім того, для багатьох об'єктів сучасного дизайну згенерована або вибрана підмножина ефективних опцій може бути досить великою, непридатною для остаточної експертної оцінки та відбору. Це призводить до необхідності скорочення набору ефективних варіантів на основі запрограмованої переваги між показниками якості.

4.2 Стан досліджень

В рамках системного підходу до проектування об'єктів нової техніки розроблено формалізоване подання цього процесу у вигляді логічної схеми побудови проектного рішення [13]:

$$T = \langle P, In, Res, DD, PD \rangle \quad (1)$$

де $P = \{P_i\}, i = \overline{1, p}$ – впорядкована множина завдань (моделей) проектування; In – множина вихідних даних завдань; Res – множина обмежень завдань; DD – множина проектних рішень; PD – відображення у вигляді проектної процедури (методу рішення), що ставить у відповідність кожній парі $\langle In_i, Res_i \rangle$ непорожню підмножину, $\langle DD_i \rangle, i = \overline{1, p}$. З точки зору інформаційних технологій кожна із завдань проектування представляється як перетворювач вхідних даних у вихідні:

$$P_i: In_i \rightarrow Out_i, i = \overline{1, p}. \quad (2)$$

Впорядкована множина завдань в (1) є повністю розв'язаною, якщо для кожної з них існують процедури, $PD_i, i = \overline{1, p}$ і кожне рішення є єдиним [14]:

$$|PD_i(\langle In_i, Res_i \rangle)| = 1, i = \overline{1, p} \quad (3)$$

Сучасні технології проектування складних об'єктів є ітераційними, що передбачають чергування процедур генерації, аналізу варіантів, вибору кращого з них. Суть проблеми прийняття рішення представляється логічним висловлюванням «потрібно s^0 » або формально $\langle -, s^0 \rangle$ (де s^0 – оптимальне проектне рішення) [15]. При цьому для проблеми характерним є те, що ситуація прийняття рішення Sit визначена недостатньо точно, так як присутня деяка невизначеність цілей і (або) вихідних даних (2). Для переходу до задачі прийняття рішення виду $\langle Sit, s^0 \rangle$ потрібна декомпозиція проблеми і вирішення допоміжних завдань виду: «дано $\langle Sit, - \rangle$, потрібно $\langle Sit, s^0 \rangle$ », тобто $\langle \langle Sit, - \rangle, \langle Sit, s^0 \rangle \rangle$ або «дано $\langle -, s^0 \rangle$, потрібно $\langle Sit, s^0 \rangle$ », тобто $\langle \langle -, s^0 \rangle, \langle Sit, s^0 \rangle \rangle$. Подальша деталізація завдання прийняття рішень дозволяє представити її у вигляді $\langle S, \Pi \rangle$, де $S = \{s\}$ – множина варіантів проектних рішень (альтернатив); Π – принцип оптимальності [16]. В якості вирішення задачі виду $\langle S, \Pi \rangle$

розглядають підмножину $S_{\Pi} \subseteq S$, отриману на основі прийнятого принципу оптимальності Π . Принцип оптимальності може бути представлений певною функцією вибору C_{Π} , яка зіставляє підмножину його частині $C_{\Pi}(S_{\Pi})$. Рішенням S_{Π} вихідної задачі є множина $C_{\Pi}(S)$. Залежно від ступеня визначеності ситуації прийняття рішень розрізняють: загальну задачу (проблему) прийняття рішень (S і Π – невідомі; завдання вибору (S відомо); спільне завдання оптимізації (S і Π відомі). Рішення задач виду $\langle S, \Pi \rangle$ виробляється шляхом формування множини допустимих альтернатив S з подальшим вирішенням завдання вибору. При формуванні множини S вважається відомою універсальна множина альтернатив S^U . Завдання формування множини допустимих альтернатив S розглядається як задача вибору $\langle S^U, \Pi' \rangle$, де Π' – принцип оптимальності, що виражає умови допустимості альтернатив. Її рішення $S = C_{\Pi'}(S^U)$ називають вихідною множиною альтернатив. З огляду на це завдання прийняття рішення може бути зведене до вирішення двох послідовних завдань вибору [16]. В кінцевому підсумку процес прийняття рішень представляється сукупністю завдань [17]: формалізація мети, визначення універсальної множини альтернатив S^U , визначення множини допустимих альтернатив $S \subseteq S^U$, виділення підмножини ефективних альтернатив $S^E \subseteq S$, ранжирування альтернатив $s \in S^E$, вибору найкращої альтернативи $s^0 \in S^E$.

Завдання формалізації мети в системах автоматизації проектування в найпростішому випадку зводиться до побудови цільової функції $P(s)$ на основі одного або множини показників (локальних критеріїв) ефективності $k_i(s), i = \overline{1, m}$, що приймає дійсні значення на множині альтернатив $s \in S$. При цьому локальні критерії $k_i(s), i = \overline{1, m}$, зазвичай, мають різний фізичний зміст, розмірність, інтервал вимірювання і є суперечливими. Рішення задачі визначення універсальної множини альтернатив S^U проводиться виходячи із специфіки вихідної задачі проектування. Завдання визначення множини допустимих альтернатив $S \subseteq S^U$ полягає у виключенні з універсальної множини S^U підмножини варіантів \bar{S} , яка не задовольняє обмеженням розв'язуваної задачі

проектування $S = S^U / \bar{S}$. При цьому потрібно визначати функціональні і вартісні характеристики варіантів $s \in S^U$. Основними засобами оцінки локальних властивостей $k_i(s), i = \overline{1, m}$ варіантів $s \in S^U$ є аналітичне та імітаційне комп'ютерне моделювання. Для отримання узагальнених оцінок якості варіантів $P(s)$ використовуються методи експертного та багатofакторного оцінювання на основі функцій корисності локальних критеріїв (ФПЧК) [2, 4, 17]. Завдання виділення підмножини ефективних альтернатив S^E полягає у виключенні з множини допустимих S , домінованих (неоптимальних) альтернатив, що належать множині згоди S^S . Рішення називають ефективним $s^E \in S$ (Парето-оптимальним, непокращуваним, недомінованим), якщо не існує більш кращого рішення $s \in S$, тобто $s^0 \succ s \forall s \in S$ [17].

Рішення задачі ранжування альтернатив здійснюється на основі парадигми максимізації корисності. Для її вирішення використовуються два підходи: ордіналістичний і кардіналістичний [18]. При використанні ордіналістичного підходу впорядкування варіантів проводиться особою, яка приймає рішення. В рамках кардіналістичного підходу проводиться формування узагальненого критерію ефективності і зведення розв'язання задачі до задачі оптимізації. При цьому в обох підходах вважається, що кожному з варіантів з множини допустимих $s \in S$ приписується деяка корисність (цінність) $P(s)$, значення якої і визначають їх порядок [17]: $\forall s, v \in S: s \succ v \leftrightarrow P(s) = P(v); s \succ v \leftrightarrow P(s) > P(v); s \geq v \leftrightarrow P(s) \geq P(v)$. Завдання вибору найкращої альтернативи $s^0 \in S^E$ в обумовлених вище умовах зводиться до екстремізації функції узагальненої корисності:

$$s^0 = \arg \max_{s \in S^E} P(s) \quad (4)$$

Вибір найкращого варіанта $s^0 \in S^E$ може проводитися особою, яка приймає рішення, або на основі сформованого узагальненого критерію шляхом вирішення задачі оптимізації виду (4) методами математичного програмування. В обох випадках передбачається визначення оцінок $k_i(s), i = \overline{1, m}$ для всіх сформованих альтернатив $s \in S$ (де m – кількість локальних критеріїв оцінки і

вибору). Переважна більшість відомих точних методів рішення задач проектування мають неполіноміальну часову складність. При їх реалізації потрібні генерація і аналіз величезної кількості варіантів $n = \text{Card}(S)$. Так при вирішенні задач структурного синтезу в класі централізованих радіально-вузлових структур з використанням методу перебору локальних екстремумів функції мети потрібен аналіз порядку $\text{Card}(S) = 2^r$ варіантів (де r – кількість елементів системи), а кількість всіляких кільцевих структур для несиметричної матриці вартостей становить $\text{Card}(S) = (r - 1)!$ варіантів. Виникає запитання генерації і аналізу тільки ефективних варіантів. При цьому варіант проектного рішення $s^E \in S^E$ називається ефективним (недомінованим), якщо на множині допустимих S не існує варіанту $s \in S$, для якого виконувалися б нерівності:

$$k_i(s) \geq k_i(s^E), \text{ якщо } k_i(s) \rightarrow \max, \quad (5)$$

$$k_i(s) \leq k_i(s^E), \text{ якщо } k_i(s) \rightarrow \min \quad (6)$$

і хоча б одне з них було строгим. Потужність підмножини ефективних радіально-вузлових структур $\text{Card}(S^E)$, $S^E \subseteq S$ для $r = 15 \div 40$ може становити від декількох відсотків до декількох тисячних відсотка $\text{Card}(S)$ [14]. Залежно від особливостей завдань проектування використовують різні методи і алгоритми виділення підмножин ефективних варіантів $S^E \subseteq S$: дискретного вибору, вагового методу [1, 3], парних порівнянь, на основі теорем Карліна і Гермейера [20], еволюційного пошуку на основі генетичних алгоритмів [21–23].

Методи дискретного вибору і парних порівнянь [3, 20] дозволяють коректно виділяти підмножини ефективних варіантів. Однак, зважаючи на високу часову складність, ці методи можна застосовувати лише на відносно невеликих множинах допустимих рішень. Вагові методи, включаючи методи на основі теорем Карліна і Гермейера [1, 3, 15], мають меншу регульовану часову складність, ніж точні методи. Однак вони дозволяють виділяти неповні підмножини S^E . При цьому метод, побудований на основі теореми Карліна, як і метод сектора, призначений для опуклих множин допустимих рішень [20]. При використанні генетичних алгоритмів до вирішення задач багатокритеріальної

оптимізації їх ефективність перевіряється рішенням двох завдань: здатністю алгоритму давати збіжність до оптимального фронту Парето (завдання збіжності) і давати хороший розподіл оптимальних рішень за всім Парето-фронтом (завдання поширення). Одним з широко використовуваних для вирішення завдань формування підмножин ефективних рішень (фронту Парето) на допустимих множинах надвеликих розмірів є генетичний алгоритм з недомінантним сортуванням NSGA-II [24]. Його особливостями є: бінарне представлення даних, яке може бути використано спільно з класичними генетичними операторами (одноточкове схрещування і точкова мутація); для завдань безперервної оптимізації з декількома цільовими функціями рекомендується використовувати реалістичне представлення даних. Останнє вимагає використання генетичних операторів, імітаційного бінарного кросовера і поліноміальну мутацію.

В роботі [25] запропонований спосіб зменшення кількості цільових функцій на основі методу головних компонент. Основна ідея полягає в тому, що якщо дві цільові функції мають негативне значення кореляційної функції, то вони є конфліктними і включаються в множину даних (матрицю даних) для аналізу фронту Парето. Для аналізу цієї множини даних (цільових функцій) та її подальшої редукції використовується метод головних компонент (власні вектори кореляційної матриці). Вибираючи в старшому власному векторі компоненти з найбільшим від'ємним значенням і з найбільшим позитивним значенням, виділяються дві конфліктні цільові функції. Далі досліджуються власні вектори, які йдуть за старшим власним вектором. Вибирають такі власні вектори, щоб їх власні значення в сумі перевищували граничне значення. Тоді для використання цієї ідеї в будь-якому алгоритмі (наприклад, в NSGA-II) процедури розглядають як ітеративний процес, і отриману множину цільових функцій редуциують за допомогою кореляційного аналізу. Ітераційний процес зупиняється, коли поточна підмножина збігається з підмножиною, сформованою в попередній ітерації. Недоліком цього методу є те, що він не гарантує збереження структури домінування. Головним недоліком еволюційних методів, реалізованих за

допомогою генетичних алгоритмів, є відсутність процедур перевірки або операторів, які реалізують механізми прискорення збіжності до множини глобальних оптимумів. Наприклад, ефективність генетичних алгоритмів сімейства NSGA-II / III може бути підвищена включенням оператора, що реалізує метод головних компонент [25]. Огляд публікацій з питання виділення підмножин життєздатних опцій в інформаційних технологіях при прийнятті проектних рішень [26–27] показує, що існуючі математичні моделі, методи, алгоритми та процедури, орієнтовані на конкретні типи допустимих наборів опцій, істотно відрізняються часовою складністю і точністю рішення.

4.2 Методи виділення підмножин ефективних проектних рішень

Тенденції в технологіях формування підмножин ефективних проектних рішень проявляють наростаючу тенденцію універсалізації використовуваних математичних моделей, методів і алгоритмів вирішення подібних завдань. Це дозволяє сформулювати вимоги до ефективних технологій вирішення завдань формування і виділення підмножин невідомованих альтернатив. З огляду на це, метою даного пункту є розробка методів для процедур виділення підмножин ефективних проектних рішень з урахуванням особливостей вихідних множин, вимог за трудомісткістю і точністю розв'язання задачі. При розробці засобів для виділення підмножин ефективних варіантів будемо враховувати характерні особливості технологій підтримки прийняття проектних рішень: тісний взаємозв'язок завдань формалізації мети, визначення універсальної множини альтернатив, визначення множини допустимих альтернатив, виділення підмножини ефективних альтернатив, ранжирування альтернатив, вибору найкращої альтернативи, що вимагає їх спільного вирішення; комбінаторний характер більшості завдань (підзадач), що входять до її складу; необхідність розв'язання задач великої розмірності; наявність в постановках задач важко формалізованих чинників; висока динамічність або невизначеність вихідних даних; широкий діапазон умов вирішення завдань.

Аналіз наведених вище особливостей завдань дозволяє сформулювати вимоги, яким повинні задовольняти ефективні інформаційні технології підтримки прийняття рішень: 1) тісний взаємозв'язок і неповна інформаційна визначеність завдань формалізації мети, визначення універсальної множини альтернатив, визначення множини допустимих альтернатив, виділення підмножини ефективних альтернатив, ранжирування і вибір найкращої альтернативи (1) за наборами вихідних даних In_i і обмежень $Re s_i, i = \overline{1, p}$, що обумовлює ітераційний характер методів і процедур їх вирішення. Таким способом буде забезпечуватися можливість розв'язання комплексу задач прийняття рішень $P = \{P_i\}, i = \overline{1, p}$, по входах; 2) висока складність точних методів рішення (вирішальних процедур) $PD_i, i = \overline{1, p}$ (1), обумовлена комбінаторним характером деяких завдань, і широкий діапазон умов їх вирішення вимагають при їх вирішенні використання множини методів, що мають різну складність і точність рішення. Це забезпечить можливість розв'язання задач прийняття проектних рішень за ресурсами; 3) для більш повного використання досвіду проектувальників і обліку важкоформалізованих факторів процеси прийняття проектних рішень доцільно будувати на основі інтерактивних (людино–машинних) процедур. Процес пошуку найкращого рішення при цьому буде складатися з взаємодоповнюючих процедур автоматичного та інтелектуального синтезу с участю системних аналітиків і операторів, застосуванням CASE–засобів і експертних систем; 4) на всіх етапах доцільно використовувати прийоми, що знижують трудомісткість вирішення завдань, $P = \{P_i\}, i = \overline{1, p}$ (1). З цією метою можуть бути використані різного роду евристики, що враховують специфіку завдань, вирішення, одержувані за допомогою «швидких» процедур, формальні або експертні оцінки.

Методи вирішення задачі. Для вирішення завдання виділення підмножин ефективних варіантів в рамках адаптивної технології підтримки прийняття проектних рішень сформуємо банк методів з урахуванням опуклості і неопуклості вихідних множин, вимог за трудомісткістю і точністю рішення

задачі. Завдання виділення підмножини ефективних проектних варіантів $S^E \subseteq S$ розглядається в такій постановці. Задана множина допустимих проектних рішень $S = \{s\}$, кожне з яких задається значеннями m локальних критеріїв ефективності $\{k_i(s)\}_{i=1}^m$. Необхідно виділити з $S = \{s\}$ підмножини альтернатив $S^E \subseteq S$, для кожної з яких оцінки по локальним критеріям не задовольняють нерівностям (5) і (6).

Метод парних порівнянь. Комбінаторний метод парних порівнянь дозволяє виділити підмножини ефективних варіантів $S^E = \{s\}$ як на опуклих, так і на неопуклих множин альтернатив S . Його суть полягає в наступному. Перший з альтернативних варіантів $s \in S$ включається в множина ефективних S^E . Кожен з наступних варіантів $v \in S$ порівнюється з кожним з варіантів $s \in S^E$ (на першому кроці з одним варіантом). Якщо такий варіант $v \in S$ краще будь-якого виду з S^E хоча б за одним з показників $\{k_i(s)\}_{i=1}^m$, він включається в S^E . Якщо деякий варіант $s \in S^E$ гірше, ніж поточний варіант $v \in S$, він виключається з S^E , а варіант v включається в підмножину S^E . Після перегляду всіх альтернативних варіантів $s \in S$ буде виділено підмножину ефективних варіантів $S^E \subseteq S$. Таким чином множина допустимих проектних рішень буде розбита на дві непересічних підмножини:

$$S = S^E \cup S^{-E}, S^E \cap S^{-E} = \emptyset \quad (7)$$

Цей метод дозволяє отримувати точне рішення задачі, проте має досить високу часову складність.

Метод на основі теореми Карліна. Підмножина ефективних S^E на опуклій множині допустимих альтернатив S на основі теореми Карліна знаходиться шляхом об'єднання варіантів $s_i^0, i = \overline{1, m}$, що оптимізують кожен з локальних критеріїв $k_i(s)$, з рішеннями завдання параметричного програмування відносно параметрів [28]:

$$\lambda_i \in \Lambda = \{\lambda_i: \lambda_i > 0 \forall i = \overline{1, m}, \sum_{i=1}^m \lambda_i = 1\}, \quad (8)$$

$$s_i^0 = \arg \max_{s \in S} \{P(s) = \sum_{i=1}^m \lambda_i \xi_i(s)\}, \quad (9)$$

де $\overline{\xi_i(s)}, i = \overline{1, m}$ – нормоване значення або значення функції корисності i -го

локального критерію. Корисність (цінність) значень часткових критеріїв $k_i(s), i = \overline{1, m}$ пропонується висловлювати з використанням функцій їх приналежності розмитій множині «кращий варіант». Ці функції повинні задовольняти множині вимог [17]: бути монотонними і безрозмірними; мати єдиний інтервал зміни (наприклад, від 0 до 1); бути симетричними до виду екстремуму часткового критерію (min або max); дозволяти реалізувати як лінійні, так і нелінійні залежності від значень локальних критеріїв. Для лінійної апроксимації оцінок значень локальних критеріїв $k_i(s)$ будемо використовувати функцію цінності:

$$\xi_i(s) = \bar{k}_i(s) = \frac{k_i(s) - k_i^-}{k_i^+ - k_i^-}, i = \overline{1, m}, \quad (10)$$

де $k_i(s), k_i^+, k_i^-$ – відповідно, значення часткового критерію для варіанта $s \in S$, найкраще і найгірше значення критерію $k_i(s), i = \overline{1, m}$. Функція (10) вимагає мінімальної кількості машинних операцій для обчислення своїх значень серед відомих функцій [20]. Для більш точної нелінійної (S– і Z–образної) апроксимації оцінок значень локальних критеріїв будемо використовувати універсальну функцію цінності [30]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{a}(b_1 + 1) \left(1 - \left(b_1 / \left(b_1 + \frac{\bar{k}(s)}{\bar{k}_a} \right) \right) \right), 0 \leq \bar{k}(s) \leq \bar{k}_a \\ \bar{a} + (1 - \bar{a})(b_2 + 1) \times \left(1 - \left(b_2 / \left(b_2 + \frac{\bar{k}(s) - \bar{k}_a}{1 - \bar{k}_a} \right) \right) \right), \\ \bar{k}_a < \bar{k}(s) \leq 1 \end{array} \right.$$

де $\xi_i(s) = \bar{k}_i(s); \bar{k}_a \bar{a}$, – нормовані значення координат точки склеювання, $0 \leq \bar{k}_a \leq 1, 0 \leq \bar{a} \leq 1$; b_1, b_2 – коефіцієнти, що визначають вид залежності на початковому і кінцевому відрізках функції. Функція (11) має краще значення комплексного показника «точність–складність» для обчислення своїх значень серед відомих нелінійних функцій [29]. На практиці за прийнятний час побудувати все множина ефективних альтернатив $S^E \subseteq S$ за допомогою методу на основі теореми Карліна в зв'язку з труднощами вирішення завдань параметричного програмування (8) – (9) вдається тільки для відносно невеликих

множин допустимих рішень $S = \{s\}$ [30].

Метод на основі теореми Гермейера. Підмножина ефективних варіантів $S^E \subseteq S$ на основі теореми Гермейера знаходиться шляхом об'єднання $s_i^0, i = \overline{1, m}$, оптимізують кожен з локальних критеріїв $k_i(s)$ з рішеннями завдання параметричного програмування щодо параметрів [28]:

$$\lambda_i \in \Lambda = \{\lambda_i: \lambda_i > 0 \forall i = \overline{1, m} \sum_{i=1}^m \lambda_i = 1 \}, \quad (12)$$

$$s_i^0 = \arg \max_{s \in S} \{P(s) = \min_i \lambda_i \xi_i(s)\}. \quad (13)$$

Цей метод дозволяє виділяти підмножини ефективних варіантів як на опуклих, так і на неопуклих множинах альтернатив $S = \{s\}$. У більшості випадків побудувати всі множини ефективних альтернатив $S^E \subseteq S$ за допомогою методу на основі теореми Гермейера не представляється можливим у зв'язку з труднощами вирішення завдань параметричного програмування (12) – (13) [20].

Методи виділення наближених множин ефективних рішень. Для зниження часової складності розглянутих методів пропонується використовувати процедури виділення наближених множин ефективних рішень (ПМЕР) S^* . Для таких підмножин має виконуватися вимога $S^E \subseteq S^* \subseteq S$. Для побудови ПМЕР пропонується використовувати методи «сектора» і «сегмента» [20]. З цією метою на множини допустимих рішень $S = \{s\}$ попередньо визначаються варіанти, що лежать на кордонах наближеної множини S^* в просторі локальних критеріїв, $k_i(s), i = \overline{1, m}$. Через точки $\langle k_i^+, k_i^- \rangle, i = \overline{1, m}$, (10), що лежать на кордоні множини допустимих рішень $S = \{s\}$, проводять гіперплоскості, які розділяють варіанти на підмножини, що потрапляють відповідно в сектор $S^*_1 \supseteq S^E$ або сегмент $S^*_2 \supseteq S^E$ і заздалегідь неефективні S^{-E} :

$$S = S^*_1 \cup S^{-E}, S^*_1 \cap S^{-E} = \emptyset;$$

$$S = S^*_2 \cup S^{-E}, S^*_2 \cap S^{-E} = \emptyset.$$

Метод «сектора». Суть базового методу «сектора» для виділення підмножини $S^*_1 \supseteq S^E$ на опуклій множині допустимих проектних рішень $S = \{s\}$

полягає в наступному. На множині $S = \{s\}$ проводиться оптимізація за кожним з локальних критеріїв $k_i(s), i = \overline{1, m}$, в результаті чого визначаються найкращі за кожним критерієм рішення:

$$s_i^0 = \underset{s \in S}{\operatorname{argextr}} k_i(s), i = \overline{1, m}$$

і відповідні їм значення інших локальних критеріїв $k_j(s_i^0), j = \overline{1, m}, j \neq i$. Тоді, оптимальне значення локального критерію $k_i(s)$ одно $k_i^+ = k_i(s_i^0)$, а найгірші серед значень локального критерію $k_i(s)$ в точках екстремумів за іншими критеріями дорівнюють:

$$k_i^- = \max_j k_i(s_j^0), \text{ якщо } k_i(s) \rightarrow \min,$$

$$k_i^- = \min_j k_i(s_j^0), \text{ якщо } k_i(s) \rightarrow \max.$$

Отримані пари значень $\langle k_i^+, k_i^- \rangle, i = \overline{1, m}$ є межами відображення наближеної множини $S_1 \supseteq S^E$ на простір локальних критеріїв $K(s) = [k_i(s)]_{i=1}^m$. Всі варіанти проектних рішень $s \in S$, для яких виконуються умови $k_i(s) \in [k_i^-, k_i^+], \forall i = \overline{1, m}$, включаються в ПМЕР $S_1 \supseteq S^E$. Всі інші варіанти потрапляють в підмножину свідомо неефективних S^{-E} . Далі на отриманому ПМЕР $S_1 = \{s\}$ реалізується метод парних порівнянь. В результаті буде виділено підмножину ефективних варіантів $S^E \subseteq S$, для якої буде виконуватися умова коректності (7). Ступінь скорочення множини варіантів, які підлягають аналізу $\gamma = \operatorname{Cond}(S) / \operatorname{Cond}(S_1)$, багато в чому залежить від кількості локальних критеріїв m , особливостей розв'язуваної задачі проектування і використовуваних при цьому методів. У разі рівномірного розподілу характеристик допустимих варіантів при використанні методу виділення підмножини S_1 для кількості локальних критеріїв m скорочення становить близько $\gamma = 2^m$ раз. Це дозволяє істотно скоротити витрати в порівнянні з методом парних порівнянь.

Метод «сегмента». Для опуклих множин допустимих рішень $S = \{s\}$ пропонується також використовувати більш складний метод «сегмента», що дозволяє отримувати ПМЕР набагато меншого розміру. Суть його полягає в наступному. Попередньо виконується перетворення значень локальних критеріїв

$k_i(s), i = \overline{1, m}$ в значення функцій корисності виду (10) або (11). Потім на множині допустимих рішень $S = \{s\}$ визначаються найкращі рішення за кожним з локальних критеріїв

$$s_i^0 = \underset{s \in S}{argextr} \bar{k}_i(s), i = \overline{1, m}$$

Отримані при цьому значення локальних критеріїв

$$\bar{k}_{ij} = \bar{k}_i(s_j^0), i, j = \overline{1, m} \quad (14)$$

визначають крайні точки кордону відображення наближеної множини $S_2 \supseteq S^E$ на простір локальних критеріїв $K(s) = [k_i(s)]_{i=1}^m$. Побудуємо площину (m -площину, гіперплощину), що проходить через граничні точки (14) і, що відсікає від області допустимих рішень $S = \{s\}$ наближену множину ефективних рішень $S_2 \supseteq S^E$ (рис. 1):

$$\det \begin{bmatrix} (\bar{k}_1(s) - \bar{k}_{11}) & \dots & (\bar{k}_m(s) - \bar{k}_{m1}) \\ (\bar{k}_{12} - \bar{k}_{11}) & \dots & (\bar{k}_{m2} - \bar{k}_{m1}) \\ \dots & \dots & \dots \\ (\bar{k}_{1m} - \bar{k}_{11}) & \dots & (\bar{k}_{mm} - \bar{k}_{m1}) \end{bmatrix} = 0. \quad (15)$$

Представимо рівняння гіперплощини (15) в нормальній формі:

$$F[a_1, \dots, a_{m+1}, \bar{K}(s)] = a_1 \bar{k}_1(s) + a_2 \bar{k}_2(s) + \dots + a_m \bar{k}_m(s) + a_{m+1} = 0, \quad (16)$$

де $\bar{K}(s) = [\bar{k}_1(s), \bar{k}_2(s), \dots, \bar{k}_m(s)]$; $a_i, i = \overline{1, m}$, – коефіцієнти рівняння гіперплощини (15). Для поділу точок на підмножини неефективних S^{-E} і ПМЕР S_2^E визначатимемо їх розташування відносно площини (16). Для цього скористаємося критерієм взаємного розташування точок $M_1(x_1, y_1, \dots, z_1)$ та $M_2(x_2, y_2, \dots, z_2)$ щодо площини:

$$Ax + By + \dots + Cz + D = 0, \quad (17)$$

де A, B, C, D – коефіцієнти нормальної форми рівняння площини.

Точки $M_1(x_1, y_1, \dots, z_1)$ та $M_2(x_2, y_2, \dots, z_2)$ розташовані по різні боки площини, якщо числа

$$Ax_1 + By_1 + \dots + Cz_1 + D,$$

$$Ax_2 + By_2 + \dots + Cz_2 + D$$

мають протилежні знаки. Точка лежить на площині, якщо відповідне число дорівнює нулю. У якості першої точки будемо використовувати початок координат, тобто $M_1(0,0, \dots, 0)$. В якості другої використовуємо точку M_2 з координатами $M_2(\bar{k}_{i1}, \bar{k}_{i2}, \dots, \bar{k}_{im})$, відповідними значенням локальних критеріїв альтернативного варіанту $s_i \in S$, тобто $\bar{k}_1(s_i), \bar{k}_2(s_i), \dots, \bar{k}_m(s_i)$. Тоді точка, що лежить в області S^*_2 , повинна лежати з протилежного боку або на площині (16) відносно початку координат $M_1(0,0, \dots, 0)$. Визначимо за співвідношенням (16) значення $F(M_1)$ для точки початку координат. Обчислимо значення

$$F[\bar{K}(s_i)] = a_1 \bar{k}_{i1} + a_2 \bar{k}_{i2} + \dots + a_m \bar{k}_{im} + a_{m+1},$$

для точки M_2 з координатами $\bar{k}_{i1}, \bar{k}_{i2}, \dots, \bar{k}_{im}$, відповідної черговому варіанту $s_i \in S$. Якщо отримане значення $F[\bar{K}(s_i)] = 0$ або має знак протилежний $F(M_1)$, віднесемо варіант $s_i \in S$ до наближеної множини $S^*_2 \supseteq S^E$, в іншому випадку до множини неефективних S^{-E} . Для даної задачі завжди $F(M_1) < 0$, отже, потрібна перевірка виконання тільки однієї умови $F[\bar{K}(s_i)] \geq 0$. Далі на отриманому ПМЕР $S^*_2 = \{s\}$ реалізується метод парних порівнянь. В результаті буде виділено підмножину ефективних варіантів $S^E \subseteq S$, для якої буде виконуватися умова коректності (7). Ступінь скорочення множини варіантів, які підлягають аналізу $\gamma = Cond(S)/Cond(S^*_2)$, також залежить від кількості локальних критеріїв m , особливостей розв'язуваної задачі проектування і використовуваних при цьому методів. У тих же умовах запропонований метод виділення підмножини S^*_2 дає набагато більшу компактну підмножину варіантів проектних рішень, ніж метод «сектора» (рис. 4.1).

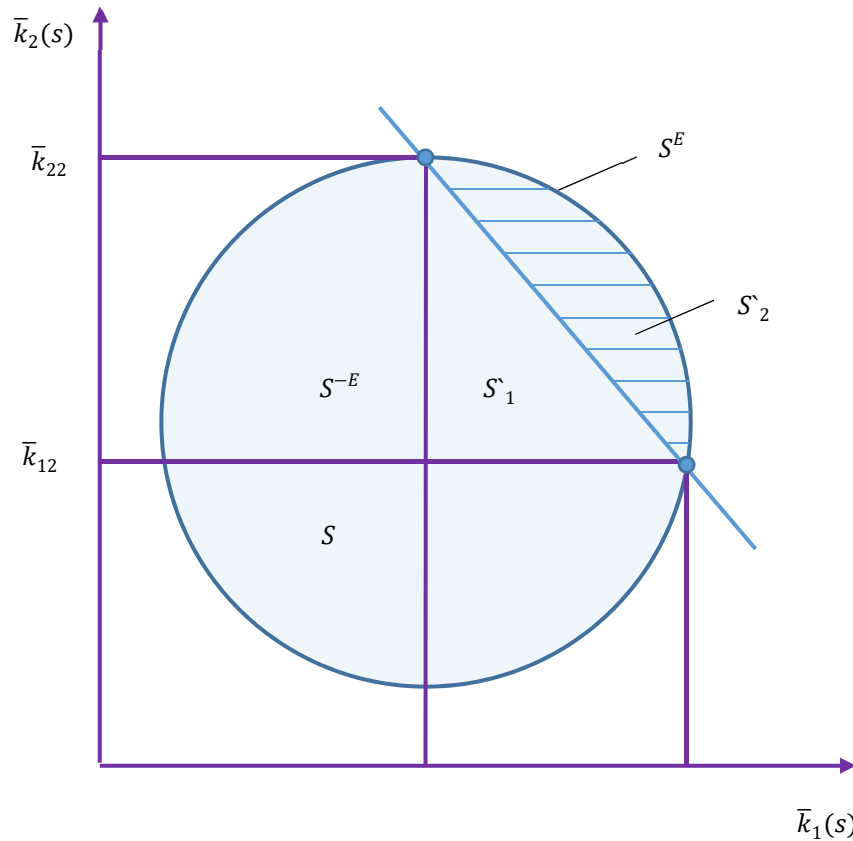


Рисунок 4.1 – Границі підмножин S_1 і S_2 на опуклій множині альтернатив в просторі нормованих критеріїв $\bar{k}_1(s)$ і $\bar{k}_2(s)$

Для рівномірного розподілу координат варіантів проектних рішень в просторі локальних критеріїв для $m = 2$ використовуємо в якості оцінки ступеня скорочення ПМЕР $Card(S_2)$ і $Card(S_3)$ відносини площ сектора S_1 , сегментів S_2 і S_3 . Для базового методу «сегмента» ступінь скорочення S_2 щодо S_1 становить 2,75 рази, а S_3 щодо S_1 порядку 11,02. З метою зниження часової складності запропонована модифікація методу «сегмента». У ній передбачається визначення додатково r опорних варіантів $s_1, s_2, \dots, s_r \in S^E$, Координати яких в просторі часткових критеріїв $k_j(s_i), j = \overline{1, m}$ визначають точки, як можна більш рівномірно розподілені в S^E . В якості опорних можуть бути обрані варіанти $s_1, s_2, \dots, s_r \in S^E$, що є рішеннями завдань параметричного програмування для r точок:

$$\lambda_j \in \Lambda^+ = \left\{ \lambda_j : \lambda_j > 0 \forall j = \overline{1, m, \Sigma} \quad \sum \lambda_j = 1 \right\} \quad (18)$$

$$s^* = \arg \max_{s \in S^*} \sum_j \lambda_j \bar{k}_j(s), \quad (19)$$

де $\bar{k}_j(s) = [(k_j(s) - k_j^-) / (k_j^+ - k_j^-)]$, $j = \overline{1, m}$, – лінійні монотонні перетворення локальних критеріїв. Зокрема, для $r = 1$ в якості опорного вибирається варіант $s^* \in S^E$, координати якого в просторі критеріїв $k_j(s)$, $j = \overline{1, m}$ визначають точку, що лежить найближче до центру множини S^E щодо знайдених кордонів $s^* = \arg \max_{s \in S} \sum_j \bar{k}_j(s)$. Побудуємо площини, що проходять через різні набори з граничних точок $s^*_1, s^*_2, \dots, s^*_r \in S^E$ з координатами $k_{ji} = k_j(s_i^0)$, $i, j = \overline{1, m}$, що відтинають від множини S підмножину $S^*_3 \supseteq S^E$. Рівняння площин, що проходять через m заданих точок, визначаються виразом (15). На наступному етапі для визначення підмножини ефективних варіантів $S^E \subseteq S$, що задовольняє умові коректності (7), на отриманому ПМЕР $S^*_3 = \{s\}$ реалізується метод парних порівнянь.

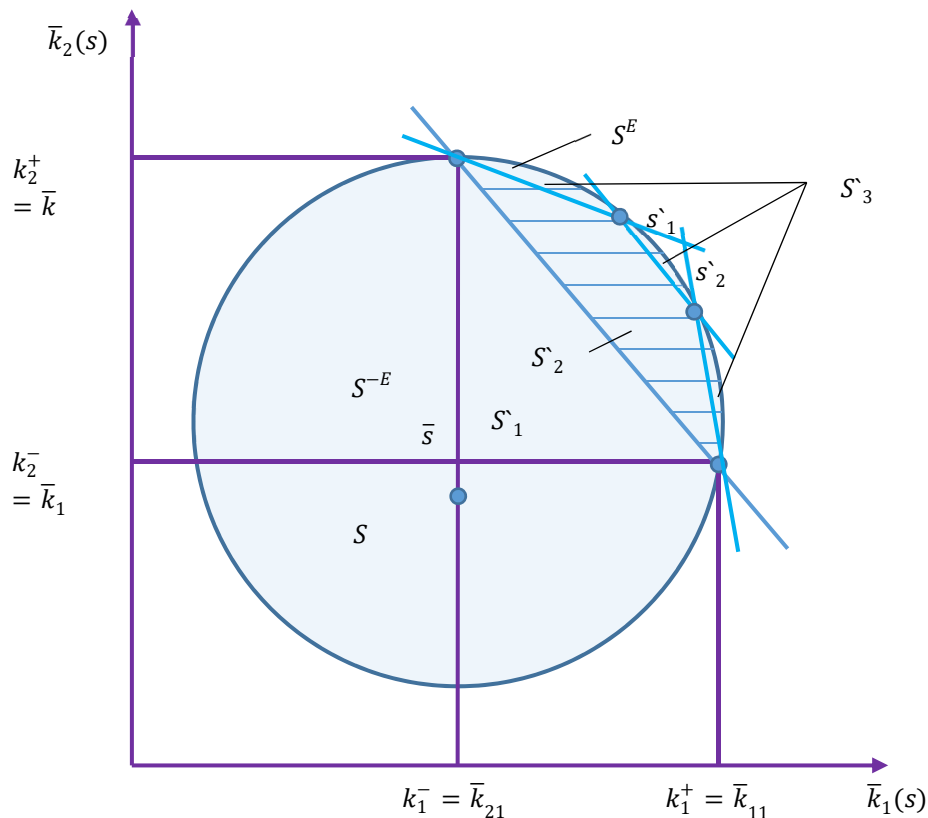


Рисунок 4.2 – Межі підмножин S^*_1 , S^*_2 і S^*_3 на опуклої множині альтернатив для $r = 2$, $k_1 \rightarrow \max$ і $k_2 \rightarrow \max$

Запропонована модифікація методу «сегмента» реалізується більш складним з обчислювальної точки зору алгоритмом, проте дозволяє визначати наближену підмножину S^3 набагато меншого розміру, ніж початкова версія методу «сегмента» (S^2) і метод «сектора» (S^1) (рис. 4.2).

Для двох локальних критеріїв $m = 2$ і використання одного опорного варіанта $r = 1$ скорочення ПМЕР S^3 щодо S складає 40,1 рази; щодо S^1 – 9,8 разів; щодо S^2 – 3,6 рази. Для $r = 2$ скорочення ПМЕР S^3 збільшується і становить: щодо S – складає 88.75 рази; щодо S^1 – 22,1 рази; щодо S^2 – 8,1 разів. Зі збільшенням кількості локальних критеріїв m і кількості опорних варіантів r спостерігається прискорення скорочення наближених множин ефективних варіантів S^3 . Однак при цьому збільшується часова складність методу внаслідок необхідності r -кратного розв'язання задачі (18) – (19) і розгортання визначників (15) більшого розміру.

Оцінка часової складності методів. Формування підмножини S^E комбінаторним методом безпосередньо з множини допустимих варіантів S в гіршому випадку вимагає попарного порівняння всіх варіантів $s \in S$ за всіма локальними критеріями $k_j(s), j = \overline{1, m}$. Для цього на множини S , що складається з $N = \text{Card}(S)$ елементів, потрібно виконати порядку $f_0(m, N) = O[m, C_N^2], N = \text{Card}(S)$ операцій порівняння. Визначення ПМЕР S^1 методом «сектора» передбачає вибір кращого варіанта за кожним з критеріїв (порядку $m N$ операцій порівняння), формування кордонів (близько m^2 операцій), перевірку попадання кожного з варіантів за всіма критеріями в виділені кордону (близько $2 m N$ операцій). Таким чином, часова складність методу формування S^1 становить $f_1(m, N) = O[m^2 + 3m N]$. Перші два етапи визначення множини S^2 методом «сегмента» збігаються з етапами методу «сектора» і передбачають виконання порядку $m N + m^2$ операцій. Складання рівняння гіперплощини (15) вимагає розгортання визначника матриці розміром $m \times m$ (близько $m! m$ операцій). Рішення про приналежність точки S^2 передбачає обчислення значення функції $F[\bar{K}(s_i)]$ ($2 m N$ операцій для всіх точок множини допустимих

варіантів S). З огляду на це, часова складність методу «сегмента» становить близько $f_2(m, N) = o[m! m + m^2 + 3m N]$. З причини того, що на практиці $N \gg m$ можна вважати, що розглянуті методи мають практично однакову часову складність $f(m, N) = o[3m N]$. Модифікація методу «сегмента» передбачає додатково побудову в задачах з двома критеріями $r + 1$ площини, що вимагає розгортання $r + 1$ визначника розмірності 2×2 . З урахуванням того, що $N \gg m$ це практично не позначається на часовій складності методу. У завданнях з кількістю локальних критеріїв $m \geq 3$ при одному опорному варіанті $r = 1$ і великих розмірах множин допустимих рішень $N = \text{Card}(S)$ обсяг обчислень істотно не підвищується. При $m \geq 3$ і $r \geq 2$ задача побудови S^*_3 істотно ускладнюється, тому що вимагає рішення допоміжних завдань визначення множини опорних варіантів і побудови системи площин, що утворюють опуклу поверхню. Це робить неефективним застосування цієї модифікації методу «сегмента» з кількістю опорних варіантів $r \geq 2$. З урахуванням отриманих вище оцінок часові складності процедур формування підмножини ефективних проектних рішень S^E складають: за схемою $S \rightarrow S^*_1 \rightarrow S^E$: $f_1(m, N, N_1) = o[m^2 + 3m N + m C_{N_1}^2]$; за схемою $S \rightarrow S^*_2 \rightarrow S^E$: $f_2(m, N, N_2) = o[m! m + m^2 + 3m N + m C_{N_2}^2]$; за схемою $S \rightarrow S^*_3 \rightarrow S^E$: $f_3(m, N, N_3) = o[m! m + m^2 + 3m N + m C_{N_3}^2]$, де N_1, N_2, N_3 – потужності підмножин S^*_1, S^*_2, S^*_3 .

При цьому слід враховувати, що на практиці при великих розмірах множини допустимих рішень $N = \text{Card}(S)$ і великій кількості локальних критеріїв $m \geq 3$: $N_1 \gg N_2 \gg N_3$. Різниця в розмірах множин N_1, N_2 і N_3 різко зростає зі збільшенням кількості альтернатив у вихідній множині варіантів $N = \text{Card}(S)$ і кількості часткових критеріїв m . Проведений аналіз ступеня зниження часової складності для методів, які базуються на попередньому виділенні ПМЕР, показав, що найбільш раціональним є використання схеми $S \rightarrow S^*_3 \rightarrow S^E$.

4.4 Висновки

1. Запропоновано вдосконалені методи сегментного пошуку підмножини ефективних проектних рішень, що враховують параметри трудомісткості і якості, які відрізняються від існуючих структурною відмінністю множин опуклих і неопуклих допустимих варіантів, що дає можливість істотно зменшити час аналізу вихідної інформації для прийняття рішень без зниження їх якості.

2. В результаті аналізу сучасного стану проблеми підтримки прийняття проектних рішень виявлено, що з огляду на комбінаторний характер більшості завдань синтезу кількість альтернативних варіантів рішень різко збільшується з ростом розмірності задач проектування. При цьому переважна більшість варіантів є неефективними. Вони можуть бути поліпшені одночасно за всіма показниками якості. Це призводить до необхідності розробки методів для адаптивної технології виділення підмножин ефективних проектних рішень з урахуванням особливостей вихідних множин, вимог за трудомісткістю і точністю рішення задачі. Для вирішення завдань різної розмірності на опуклих і неопуклих множинах допустимих варіантів обрані точні і наближені методи, засновані на попарному аналізі варіантів, теоремах Карліна, Гермейера.

3. За результатами аналізу оцінок обчислювальної складності методів як функцій від розмірності вихідної множини альтернатив і кількості локальних критеріїв оптимізації встановлено, що виділення наближених множин ефективних рішень при великій потужності вихідної множини альтернатив практично завжди є доцільним. Це дозволяє істотно знижувати трудомісткість вирішення завдань прийняття рішень без втрати ефективних альтернатив. Проведений аналіз часової складності методів дозволив встановити, що найбільш раціональним для задач великої розмірності є використання схеми, що базується на модифікованому методі «сегмента». Застосування технології виділення підмножин ефективних рішень дозволило істотно скорочувати час вирішення практичних проектних завдань [19].

4. Отримані результати можуть бути використані в процедурах прийняття

багатофакторних рішень в системах проектування та управління. Їх застосування дозволить підвищити ступінь автоматизації процесів, скоротити час прийняття рішень завдяки зниженню часової складності процедур і гарантувати якість прийнятих рішень за рахунок вибору тільки підмножини ефективних.

4.5 Список використаної літератури до розділу 4

1. Безрук В.М., Чеботарева Д.В., Скорик Ю.В. Многокритериальный анализ и выбор средств телекоммуникаций. Харьков: ФОП Коряк С.Ф. 2017. 268 с.
2. Губаренко Е.В., Овезгельдыев А.О, Петров Э.Г. Модели и методы управления устойчивым развитием социально–экономических систем: монография; под общ. ред. Э.Г. Петрова. Херсон: Гринь Д.С. 2013. 252 с.
3. Чеботарева Д.В., Безрук В.М. Многокритериальная оптимизация проектных решений при планировании сотовых сетей мобильной связи. Харьков: Компания СМИТ. 2013. 148 с.
4. Маляр М.М. Моделі і методи багатокритеріального обмежено–раціонального вибору: Монографія. Ужгород: РА «АУТДОР–ШАРК», 2016. 222 с.
5. Э.Г. Петров, Н.А. Брынза, Л.В. Колесник, О.А. Пискалова. Д.С. (2014) «Методы и модели принятия решений в условиях многокритериальности и неопределенности» Украина, Херсон: Гринь Д.С. 192 с.
6. Ataei, M., Shahsavany, H. & Mikaeil, R. (2013). “Monte Carlo Analytic Hierarchy Process (MAHP) approach to selection of optimum mining method”. *International Journal of Mining Science and Technology*, Vol. 23, pp. 573–578.
7. Bagočius, V., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2014). “Multi–person selection of the best wind tur–bine based on the multi–criteria integrated additive–multiplicative utility function”. *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol. 20, pp. 590–599.

8. Baky, I. A. (2014). “Interactive TOPSIS algorithms for solving multi-level non-linear multi-objective decision-making problems”. *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 38, pp. 1417–1433.
9. Baky, I. & Abo-Sinna, M. A. (2013). “TOPSIS for bi-level MODM problems”. *Applied Mathematical Modelling*, No. 37, pp. 1004–1015.
10. Bernasconi, M., Choirat, C., & Seri, R. (2014). “Empirical properties of group preference aggregation methods employed in AHP: Theory and evidence”. *European Journal of Operational Research*, No. 232, pp. 584–592.
11. Greco S., Ehrgott M., Figueira J.R. Multiple Criteria Decision Analysis – State of the Art Surveys. New York: Springer, 2016. 1346 p.
12. Kaliszewski I., Kiczkowiak T., Miroforidis J. Mechanical design, Multiple Criteria Decision Making and Pareto optimality gap // *Engineering Computations*. 2016. Vol. 33(3). P. 876–895.
13. Тимченко А.А. Основи системного проектування та аналізу складних об'єктів: У 2-х кн. Кн. 1. Основи САПР та системного проектування складних об'єктів / За ред. В.І.Бикова. К.: Либідь, 2000. 272 с.
14. Синтез логической схемы системного проектирования систем контроля крупномасштабных объектов / В.В. Бескорвайный, З.А. Имангулова, С.В. Петров, [и др.] // *Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил*. 2016. №4 (49). С. 70–74.
15. Вилкас Э.Й., Майминас Е.З. Решение: теория, информация, моделирование. М.: Радио и связь, 1981. 328 с. Овезгельдиев А.О., Петров Е.Г., Петров К.Е. Синтез та ідентифікація моделей багатofакторного оцінювання і оптимізації. К.: Наук. думка, 2002. 164 с.
16. Теория выбора и принятия решений / И.М. Макаров, Т.М. Виноградская, А.А. Рубинский, В.Б. Соколов. М.: Наука, 1982. 328 с.
17. Овезгельдыев А.О., Петров Э.Г., Петров К.Э. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации. К.: Наук. думка, 2002. 164 с.

18. Бескорвайный В.В., Подоляка К.Е. Выбор многокритериальных решений при реинжиниринге топологических структур систем крупномасштабного мониторинга / В.В. Бескорвайный // Системи обробки інформації. 2016. № 5(142). С. 80–86.

19. Бескорвайный В.В., Красько А.Ф. Автоматизация процессов выбора эффективных решений при автоматизированном проектировании систем управления и автоматики // Вестник Херсонского национального технического университета. 2007. №4 (27). С. 208–212.

20. Kalyanmoy Deb & Debayan Deb. (2014). “Analysing mutation schemes for real-parameter genetic algorithms”. *International Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing*, No. 4(1), pp. 1–28.

21. Kalyanmoy Deb & Himanshu Jain (2014). “An evolutionary many-objective optimization algorithm using reference-point-based nondominated sorting approach”. Part I: Solving problems with box constraints. *IEEE Trans. Evolutionary Computation*, No. 18(4), pp. 577–601.

22. Deb, K. (2011) “Multi-objective Optimisation Using Evolutionary Algorithms: An Introduction”. In book: Multi-objective Evolutionary Optimisation for Product Design and Manufacturing *Springer London*, pp.3–34. DOI: 10.1007/978-0-85729-652-8_1.

22. Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S. & Meyarivan, T. (2002). “A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II”. *IEEE transactions on evolutionary computation*, Vol. 6(2), pp. 182–197.

23. Шадура О. Модифікація генетичних алгоритмів на основі методу нецетрованих головних компонент та стандартні тести // World Science. 2019. № 4(44). С. 4 – 11.

24. Mark Velasquez1 & Patrick T. Hester (2013). “An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods”. *International Journal of Operations Research*, Vol. 10, No. 2, pp. 56–66.

25. Abbas Mardani, Ahmad Jusoh, Khalil MD Nor, Zainab Khalifah, Norhayati Zakwan & Alireza Valipour (2015) Multiple criteria decision-making

techniques and their applications – a review of the literature from 2000 to 2014
Economic Research–Ekonomiska Istraživanja, 28:1,516–571,
DOI: [10.1080/1331677X.2015.1075139](https://doi.org/10.1080/1331677X.2015.1075139)

26. Михалевич В.С., Волкович В.Л. (1982). «Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем». Москва, Российская Федерация, Наука, 288 с

27. Beskorovainyi V., Berezovskyi G. Estimating the properties of technological systems based on fuzzy sets // Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2017. № 1 (1). С. 14–20.

28. Beskorovainyi V., Berezovskyi H. Identification of preferences in decision support systems // ECONTECHMOD. 2017. Vol. 06. №4. P. 15–20.

РОЗДІЛ 5

МОДЕЛІ ЦИФРОВІЗАЦІЇ КРИТИЧНИХ СИСТЕМ

5.1 Цифровізація – безальтернативний технологічний уклад

Світові тенденції [1] представлені вченими та аналітичними центрами, встановлюють новий формат технологічної культури, пов'язаний з уже сформованим переходом від САПР до креативного комп'ютингу. Відмінності між ними очевидні в їх визначеннях. САПР – [2] організаційно–технічна система, що входить в структуру проектної організації і здійснює проектування за допомогою комплексу засобів автоматизованого проектування. Сучасна модифікація даного визначення виглядає наступним чином – хмарно–термінальний (cloud–edge) комп'ютинг глобальних онлайн сервісів для синтезу та аналізу кіберфізичних процесів і явищ, об'єднаний уніфікованими стандартами технологічних мов, структур даних і придатної виробленої продукції (рис. 5.1). Hyperautomation is the reason of organization's digital twin. Тут мається на увазі застосування передових технологій, штучного інтелекту (ІІ) і машинного навчання (МЛ), для повної human–free автоматизації процесів пошуку, аналізу, проектування, вимірювання, управління [3].



Рисунок 5.1 – Апаратні рішення для цифровізації виробничих процесів і явищ

Новий рівень проектування програмно–апаратних обчислювачів пов'язаний із застосуванням штучного інтелекту, машинного навчання, коли на зміну людино–машинного взаємодії в рамках САПР приходять ML–computing (EDA – Electronic Design Automation), здатний до самонавчання на малих вибірках даних шляхом стимулювання успішних рішень. Відомо, що на розробку чіпа йдуть роки, а еволюція алгоритмів машинного навчання рухається набагато швидше. Отже, необхідно створювати чіп, оптимізований для сучасного ML–computing. Рішення Google: розробка ML–chip для створення спеціалізованих SoC довільної конфігурації. Same ML–chip (computing) є технологією для скорочення циклу проектування продуктів і сервісів шляхом створення симбіотичних відносин "Hardware–ML", де кожен з компонентів взаємно стимулює прогрес в іншому. Існуючі алгоритми або архітектури нейронних мереж працюють неефективно на сучасній апаратурі, спроектованій два роки тому, коли цих нейронних мереж не існувало. Вчені компанії створили нейронну мережу, яка шляхом навчання виконує трудомістку частину проектування для процесора обробки Tensor Google за 24 години, що багаторазово (10–20) перевершує зусилля, витрачені фахівцями–людьми. Використаний підхід неглибокого навчання з підкріпленням шляхом налаштування параметрів в нейромережах відповідно до сигналів винагороди за успішне рішення.

IEEE, як всесвітня організація технологічної досконалості людства, ставить нові цілі на 2020–2025: 1) імплементація глобальних інновацій через широку співпрацю і обмін знаннями; 2) впровадження в суспільне розуміння технологічної культури, техніки і стандартів для їх практичного застосування; 3) створення IEEE, як надійного джерела освітніх послуг і ресурсів для підтримки навчання людини протягом усього життя; 4) надання можливостей людині для кар'єрного зростання і професійного розвитку; 5) створення спільнот для міжнародної аудиторії, які просувають технічний прогрес, пропонують і розширюють технологічну культуру і знання на благо людства.

Компанія Gartner, будучи лідером передбачення технологічних та індустріальних трендів, опублікувала цікаву статистику з переходу планетарного

бізнесу–2020 на сегмент автоматичного cloud–edge computing управління всіма складовими компонентами:

Cloud–Driven Enterprise Components	Companies
Cloud–Edge Computing Users:	511,272
Enterprise Resource Planning – ERP Users:	293,065
Customer Relationship management – CRM Users:	209,035
Human Capital Management – HCM Users:	270,049
Business intelligence – BI Users:	175,850
Accounting Cloud Services Users:	405,597

Якщо врахувати, що кількість транснаціональних компаній в світі близько 800000, то близько 40 відсотків з них вже перебуває в сегменті цифрового бізнесу з хмарно–сенсорним управлінням усіма ланками підприємства. Все сказане вище, дає підстави вважати: 1) цифровізація індустрії, як cloud–edge computing, не має альтернативи, якщо компанія бажає бути успішною; 2) автоматизація процесів і явищ трансформується в комп'ютинг, що передбачає їх автоматичне виконання і управління без участі людини; 3) управління критичними системами має інтегрувати досвід людства в рамках надійного і захищеного cloud–edge computing для уникнення локальних і глобальних колізій і катастроф.

5.2 Метрика управління персоналом

Сукупність факторів, які впливають на роботу користувача в КС прийнято ділити на дві групи. До першої відносяться психофізіологічні чинники, такі як: тяжкість і напруженість праці, робочі пози, величина навантаження на м'язовий скелет, центральну нервову систему, завантаженість мозку інформацією, що надходить, характер режиму праці та відпочинку, характер і швидкість прийняття рішень та інші. До другої групи прийнято відносити компетентнісні фактори, такі як: знання в конкретній області, вміння і навички, здатність до виконання заданих видів робіт, здатність до навчання. Професіографія – це детальний опис професії, в якому визначено мету і завдання праці, умови праці

та основні виробничі функції. Загальна структура психологічного відбору кандидата на посаду оператора складається з чотирьох компонентів (рис. 5.2).

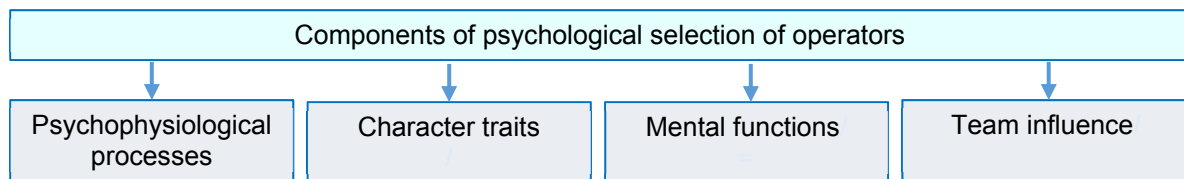


Рисунок 5.2 – Психологічний відбір оператора

Методики оцінки особистісних і психологічних характеристик кандидатів для роботи в критичних системах аналогічні, виконуються послідовно і включають наступні етапи: 1) визначення планованих робіт і критеріїв оцінки особливостей їх виконання; 2) визначення переліку критеріїв оцінки характеристик виконавців робіт, окремо особистісних і психологічних; 3) визначення функції корисності часткових критеріїв оцінки особистісних і психологічних характеристик виконавців; 4) тестування за відповідними методиками і формування оцінки в балах для кожного кандидата окремо за особистісними і психологічними характеристиками; 5) обчислення індивідуальної для кожного кандидата функції корисності альтернативи окремо за особистісними і психологічними характеристиками; 6) формування ранжированного списку за величиною функції корисності альтернатив за результатами особистісного і психологічного тестування. В результаті виходять два ранжированих списку з оцінки особистісних і психологічних характеристик кандидатів в проект. На етапах 1 і 2 технологічна служба на основі аналізу конструкторської документації визначає склад технологічних процесів, перелік видів робіт і трудомісткість їх виконання. Визначається перелік і обсяг нових робіт і їх професійні особливості. На етапі 3 проводиться визначення значень функції корисності часткових критеріїв. В рамках цього завдання проводиться нормалізація значень часткових критеріїв в балах і приведення їх до єдиної шкалою вимірювань. Це завдання вирішується за допомогою визначення функції

корисності часткових критеріїв на основі виразу для K_i критерію:

$$P_i[k_i(x)] = \left[\frac{K_i(x) - K_i^{I\tilde{O}}}{K_i^{IE} - K_i^{I\tilde{O}}} \right],$$

де $K_i(x)$ – значення часткового критерію; $K_i^{IE}, K_i^{I\tilde{O}}$ – відповідно найкраще і найгірше значення часткового критерію у всіх тестованих кандидатів. Залежно від виду домінування при складанні рангової бальної шкали (ранжированного списку), необхідно враховувати наступне:

$$K_i^{IE} = \max_{x \in X} K_i(x), \text{ если } K_i(x) \rightarrow \max; K_i^{I\tilde{O}} = \min K_i(x), \text{ если } K_i(x) \rightarrow \min.$$

$$K_i^{I\tilde{O}} = \min_{x \in X} K_i(x), \text{ если } K_i(x) \rightarrow \max; K_i^{IX} = \max K_i(x), \text{ если } K_i(x) \rightarrow \min.$$

Оскільки результати тестування кандидатів подаються у вигляді кількості балів, обчислення значень функції корисності часткових критеріїв (характеристик параметрів) не викликає ускладнень, і остаточний вираз для визначення функції корисності альтернативи кандидата можна представити для оцінки особистісних $P^L(x)$ та $P^1(x)$ психологічних характеристик кандидатів відповідно:

$$P^L(x) = \sum_{i=1}^n a_i^L P_i^L[K_i(x)], i = \overline{1, n}, \sum_{i=1}^n a_i^L = 1,$$

де m, n – числа часткових критеріїв із заданим діапазоном змін для оцінки психологічних та особистісних критеріїв кандидатів. В умовах промислових виробничих підприємств найчастіше розглядаються переліки вимог, що складаються з набору характеристик за кожним з ознак в різній пропорції в залежності від специфіки робіт, нормативних документів і існуючої практики організації. До таких варіантів можна віднести комбінації набору вимог: професійно–особистісний, професійно–психологічний, професійно–особистісно–психологічний. Формування колективів зі складу кандидатів за професійно–особистісними характеристиками найчастіше відноситься до видів робіт, об'єднаних загальною тематикою професійної діяльності, коли досягнутий загальний результат є сумою індивідуальних результатів кожного члена

команди. Прикладами такого колективу організаційно можуть служити ділянки верстатників, команда боксерів, штангістів. У таких колективах, поряд з індивідуальним професійною майстерністю, цінуються й особистісні якості, що впливають на досягнення кінцевого особистісного успіху. Кожен кандидат має значення показників оцінки його професійних і особистісних якостей $P(x_i), L(k_i)$ нормалізованих і таких, що мають однаковий інтервал значень $[0,1]$. В цьому випадку, узагальнена оцінка професійно–особистісних характеристик кожного кандидата буде визначатися значенням функції корисності виду $Q(k_i) = S_1P(x_i) + S_2L(k_i)$, де S_1 та S_2 – коефіцієнти значущості професійних і особистісних характеристик кандидатів. Ранжируваний ряд буде має вигляд

$$Q_1(k_i) > Q_2(k_i) > Q_3(k_i) \dots$$

$$0 \leq C_1 \leq 1, 0 \leq C_2 \leq 1, C_1 + C_2 = 1.$$

Відбір кандидатів за професійно–психологічними характеристиками проводиться в основному в колективах, робота в яких вимагає високих командних рис психології індивідуума. У таких колективах загальний результат роботи є органічним поєднанням результатів роботи кожного члена команди у загальному підсумку. На основі наявних у кожного кандидата оцінок їх професійних і психологічних характеристик будується ранжируваний ряд кандидатів за узагальненою оцінкою кожного кандидата у вигляді функції корисності узагальненої професійно–психологічної характеристики: $Z(k_i) = \check{S}_1P(k_i) + \check{S}_2\Psi(k_i)$, де \check{S}_1 та \check{S}_2 – коефіцієнти значущості професійних і психологічних характеристик кандидатів. Ранжируваний ряд матиме вигляд $Z_1(k_i) > Z_2(k_i) > Z_3(k_i) \dots$ Кандидати за професійно–особистісно–психологічними характеристиками комплектуються в підрозділи технічних, контрольно–обслуговувальних служб, де успіх виробничої діяльності залежить поряд з професійним досвідом також від комфортного психологічного клімату в колективі. За аналогією з попереднім, узагальнена оцінка кандидатів за професійними, особистісними і психологічними характеристиками визначається значенням функції корисності виду: $F(k_i) = C_1P(k_i) + C_2S^E(k_i) + C_2S^I(k_i)$,

де C_1, C_2, C_3 – коефіцієнти значущості професійних $P(k_i)$, особистісних $S^E(k_i)$ і психологічних $S^I(k_i)$ характеристик кандидатів. Значення коефіцієнтів значущості C_1, C_2, C_3 формують експерти і ЛПР $0 \leq C_1 \leq 1, 0 \leq C_2 \leq 1, 0 \leq C_3 \leq 1; C_1 + C_2 + C_3 = 1$. Розглянуті моделі оцінки кандидатів в команду проекту дозволяють виробляти кадрові операції з формування нової команди, доукомплектування існуючої команди, проведення конкурсних процедур і кадрових переміщень, служать інформаційною підтримкою для прийняття інших кадрових рішень.

5.3 Теоретико–множинна ієрархічна модель вибору рішень

Розглядається комп'ютинг вибору технологічних рішень (ТР) при варіантному синтезі та оцінці технологічних процесів (ТП) приладобудівного виробництва. На основі концепції єдиного інформаційного кібер–простору підприємства і знання–орієнтованої підтримки прийняття технологічних рішень пропонується ієрархічна теоретико–множинна модель вибору технологічних рішень, яка вирішується в три етапи: вибір матеріалу і виду обробки поверхонь деталі, а також способу отримання та виду заготовки для ТП заготівельної фази виробництва; вибір операцій технологічного процесу, обладнання, пристосувань, допоміжних матеріалів виготовлення деталей для ТП обробної фази; вибір обладнання та комплектуючих для ТП основного виробництва – складання виробів. Настав етап критичного осмислення існуючих підходів до менеджменту, їх трансформації. Виникла задача вироблення варіантів реінжинірингу виробництва і оцінки ефективності цих варіантів на передпроектній стадії [1]. Рішення такого завдання однозначно пов'язане з цифровізацією всіх компонентів процесу для виконання виробничого технологічного комп'ютингу на основі моніторингу просторово–часових критичних точок для подальшого онлайн кіберфізичного управління. Одним з основоположних процесів на будь–якому підприємстві є технологічна підготовка виробництва (ТПВ). Саме рішення задач ТПВ дозволяє отримати

відповіді на питання про вартість продукції, терміни її виготовлення, необхідні витрати на придбання/створення основних засобів виробництва і допоміжних матеріалів. Слід підкреслити, що саме комп'ютеризація процесів ТПВ призводить до скорочення часу підготовки виробництва, зниження собівартості продукції і збільшення номенклатури виробів [2]. Основним напрямом зниження трудомісткості і складності технологічної підготовки є розробка формалізованих процедур оцінювання існуючих технологічних рішень і пропонування нових технологій, їх вплив на загальний рівень і витрати виробництва. Існує підхід до оцінки технологічних рішень на основі використання даних групової технології [3]. З метою отримання кращого варіанту технологічного процесу, в порівнянні з базовим, використовується метод генетичних алгоритмів [4]. Варіанти оцінюються за критерієм собівартості технологічного процесу. При прийнятті рішення про розробку нових виробів необхідний аналіз змісту та ресурсного забезпечення всіх стадій і етапів життєвого циклу планованого до виробництва виробу, аналіз стану і прогноз зміни споживчих властивостей і конкуруючих виробів, попиту, виробничих можливостей підприємства і суміжних компонентів системи виробництва. Системне рішення всіх задач технологічного моніторингу системи виробництва здійснюється при моделюванні з використанням математичного апарату теорії поліхроматичної множини і графів [5]. Підсистема висновків містить процедури підтримки прийняття рішень при плануванні, фінансуванні та стимулюванні виробництва, засновані на проектуванні адаптивних механізмів функціонування [6]. Основним недоліком існуючих підходів є слабе використання накопиченого досвіду при формуванні варіантів технологічного проектування внаслідок відсутності формалізованого подання інформаційного забезпечення технологічних рішень. Формальні методи не є придатними для вирішення більшості завдань з проектування ТП, які характеризуються неповнотою і різноманітністю даних, варіантністю правил виведення рішень, що обумовлено умовами невизначеності. Тому актуальним є залучення засобів знання-орієнтованої підтримки прийняття технологічних рішень. Метод оцінки технологічних рішень (ТР) на основі прецедентного

підходу передбачає використання технологічної бази знань. Застосований підхід ґрунтується на організації комп'ютерних типових технологічних рішень (ТР) для конкретного підприємства, в яких реалізовані логічні алгоритми підбору і обчислення даних, необхідних для формування ТР в окремому ТП. Як ТР можуть розглядатися елементи структури ТП (на рівні операцій), які містять цифрові автоматні механізми підбору і розрахунку елементів ТП (підбір обладнання, оснащення). Пошук в базі знань близьких ТР здійснюється на основі формалізованих елементів – складових ієрархічної моделі задачі вибору.

Позначимо загальну задачу вибору технологічних рішень через Z_p .

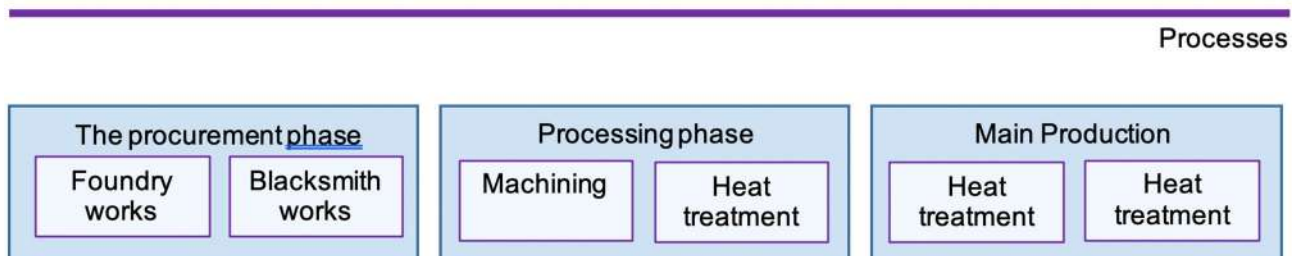


Рисунок 5.3 – Основні фази приладобудівного підприємства

У відповідності зі схемою основних виробничих процесів приладобудівного підприємства (рис. 5.3), це завдання вирішується в три етапи: 1) вибір матеріалу і виду обробки поверхонь деталі, а також способу отримання та виду заготовки для ТП заготівельної фази; 2) вибір операцій технологічного процесу, обладнання, пристосувань, допоміжних матеріалів і режимних параметрів виготовлення деталей для ТП обробної фази; 3) вибір обладнання та комплектуючих для ТП основного виробництва – складання виробів. При вирішенні кожної з них необхідно вирішити ряд дрібніших завдань. Комплексне вирішення всіх завдань, спрямоване на отримання рішення задачі Z_p , вимагає створення ієрархічної моделі процесу вибору ТР і визначення його параметрів, в яку крім перерахованих завдань входять також завдання міжрівневої координації і отримання рішення в мінімальні терміни (рис. 5.4).

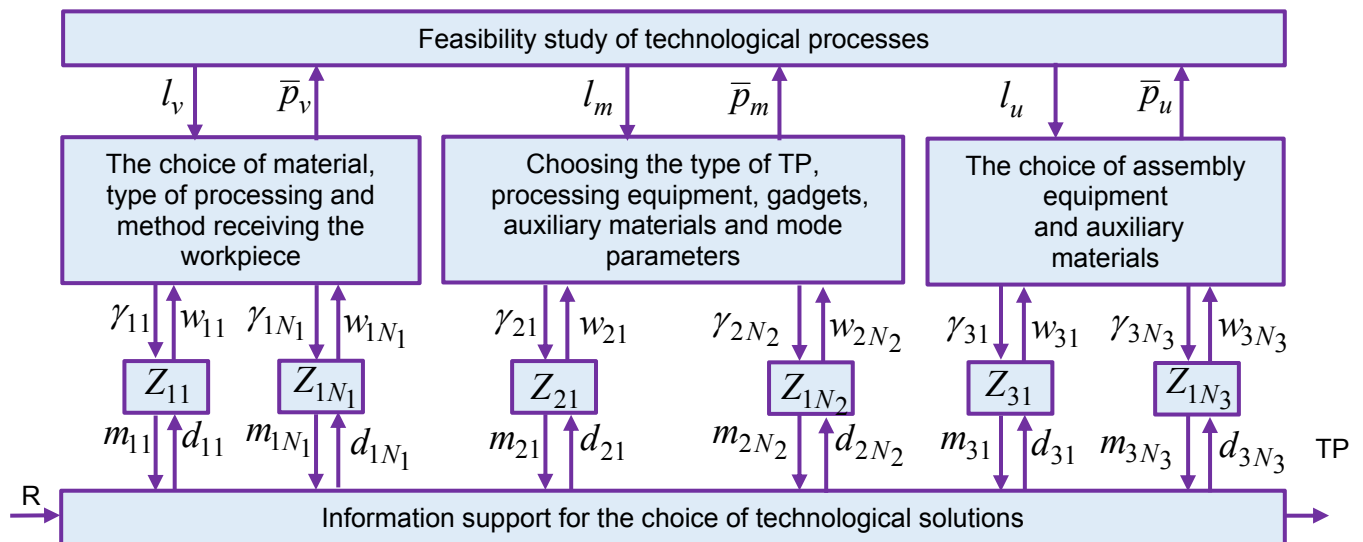


Рисунок 5.4 – Ієрархічна структура моделі задачі вибору рішень

Сформулюємо математичну модель задачі вибору ТР для виробів приладобудування. Нехай X – множина всіх можливих варіантів: допустимих видів матеріалів, які використовуються для виготовлення деталі; видів обробки, що забезпечують задані показники якості виробу; видів заготовок і методів їх отримання; допустимих наборів обладнання для проведення технологічних операцій для обраних способів отримання заготовок; відповідних кожному виду обробки пристосувань, видів допоміжних матеріалів; R – множина варіантів ТП виготовлення виробу; V – множина техніко-економічних оцінок виготовлення виробів з обраного матеріалу з використанням певного обладнання; F – ефективність вибору варіанта рішення задачі з урахуванням його фізичної можливості бути реалізованим, як відображення декартова добутку $R \times X$ в множині оцінок, тобто $F: X \times R \rightarrow V$ і функція граничного значення показника ефективності $Q: R \rightarrow V$. Тоді задачу Z_n можна представити, як задачу вибору:

$$x^* \in X' \subset X \quad (5.1)$$

де X' – множина допустимих варіантів рішень, при якому $F(x^*, r) \geq Q(r)$ при будь-якому $r \in R$. Таким чином, x^* є рішенням задачі Z_n , якщо при $r \in R$ оцінка ефективності $F(x^*, r)$ знаходиться у відношенні U до граничної для цього r величини $Q(r)$. Задача Z_n характеризується набором (X', R, F, Q) . Елемент $x^* \in X'$,

що задовольняє (3.1), є рішенням задачі Z_n і характеризується предикатом:

$$P(x^*, Z_n) \equiv (x^* \in \text{рішення } Z_n) \quad (5.2)$$

Аналогічно позначимо задачу вибору виду матеріалу і виду обробки поверхонь деталі, а також способу отримання та виду заготовки для заготівельної фази через Z_v , вибору виду ТП, обладнання, пристосувань, допоміжних матеріалів і режимних параметрів для обробної фази через Z_m , вибір обладнання та допоміжних матеріалів для фази збірки через Z_u . Будемо характеризувати завдання Z_v, Z_m і Z_u наборами (X_v, R_v, F_v, Q_v) , (X_m, R_m, F_m, Q_m) і (X_u, R_u, F_u, Q_u) , $X = Z_v \times Z_m \times Z_u$, $R = R_v \times R_m \times R_u$ і розглядати задачу Z_v як звуження завдання Z_n на множині X_v , Z_m як звуження завдання Z_n на множині X_m , Z_u як звуження завдання Z_n на множині X_u , при цьому $x^* = (x_v, x_m)$. Окремі завдання вибору елементів ТП $Z_{ij} (i \in \{1,2,3\}, j \in N_1 \subset N_2 \subset N_3)$ також можуть бути сформульовані у вигляді (3.1) і охарактеризовані наборами $(X_{ij}, R_{ij}, F_{ij}, Q_{ij})$. Для них, як і для задач Z_n, Z_v, Z_m і Z_u , має місце умова (3.2). Загальна кількість завдань Z_{ij} дорівнює $N_1 \subset N_2 \subset N_3$. Позначимо вектором $S_r = (x_{11}, \dots, x_{1N_1})$ сукупність рішень задач $Z_{ij}, j = 1 \dots N_1$. При визначенні S_r будуть визначені $x_r \in X_r$, і цей факт будемо характеризувати оператором Θ_r :

$$x_r = \Theta_r(S_r) \quad (5.3)$$

Аналогічні міркування справедливі при визначенні локальних задач в задачах вибору операцій ТП, обладнання, пристосувань, допоміжних матеріалів і режимних параметрів обробки деталі. Використовуючи введені позначення, формалізуємо основні принципи варіантного вибору ТР:

1. Вибір матеріалу, виду заготовки, наборів обладнання, оснащення та допоміжних матеріалів, а також технологічних операцій обробки для деталі, що виготовляється, здійснюються, виходячи з ефективності виробництва виробу. При вирішенні завдань Z_v, Z_m і Z_u формується вектор S_n , який породжує рішення задачі Z_n , що зводить до мінімуму витрати на конструювання і виготовлення виробу при високій ефективності його виробництва. У свою чергу, при

вирішенні завдань нижчого рівня, наприклад, завдань $Z_{1j}, j = 1 \dots N_1$ формується вектор S_v , який породжує рішення задачі Z_v . У формалізованому вигляді це можна записати так:

$$\exists(Z_{1j}, x_{1j}, j = 1 \dots N_1): P(x_{1j}, Z_{1j}) \Rightarrow P(x_r, Z_r) \Big|_{S_v = (x_{11}, \dots, x_{1N_1})}^{x_v = \Theta_n(S_n)} \quad (5.4)$$

Вибір найбільш ефективного варіанту відповідає завданню екстремуму цільової функції F_v , визначеної на множині $H_v = \{x_v | P(x_v, Z_v)\}$ рішень задачі Z . У цьому випадку замість (5.4) маємо:

$$\begin{aligned} \exists(Z_{1j}, x_{1j}, j = 1 \dots N_1): P(x_{1j}, Z_{1j}) \Rightarrow \exists(S_r^*) = (x_{11}^*, \dots, x_{1N_1}^*), x_{1j}^* \\ = \{x_{ij}\}, j = \overline{1, N_1}: F_v(\Theta_v(S_v^*)) = \underset{x \in H_v}{extr} F_v(x_v) \end{aligned} \quad (5.5)$$

Умови, аналогічні (5.4) і (5.5), мають місце в задачах Z_m і Z_u . Метод вибору варіантів технологічних рішень повинен задовольняти принципам ієрархічності (відповідно до структури інформаційного забезпечення) та координації завдань локального пошуку щодо завдань вищого рівня, сумісності і модифікованості елементів технологічного рішення.

2. Ієрархічність структури. У термінах теоретико-множинного моделювання множина Θ технологічних рішень виробів приладобудування можна представити як відношення на декартовому добутку множин:

$$\begin{aligned} \Theta \subset R \times M_v \times M_m \times M_u \times D_v \times D_m \times D_u \times W_v \times W_m \times W_u \times \Gamma_v \\ \times \Gamma_m \times \Gamma_u \times L_v \times L_m \times L_u \times \bar{P}_v \times \bar{P}_m \times \bar{P}_u \times \\ \times \{\times Z_{1j} | j \in N_1\} \times \{\times Z_{2j} | j \in N_2\} \times \{\times Z_{3j} | j \in N_1\} \times \\ \times \{Z_v\} \times \{Z_m\} \times \{Z_u\} \times \{Z_n\} \times \{\times \Theta'_{3j} | j \in N_3\} \\ \times \{\times \Theta''_{2j} | j \in N_2\} \times \{\times \Theta'''_{3j} | j \in N_3\} \times \{\Theta_v\} \times \{\Theta_m\} \\ \times \{\Theta_u\} \times \{CP\} \times \{TP\} \end{aligned} \quad (5.6)$$

де $\{TP\}$ – множина рішень завдання вибору технологічного рішення; M_v, M_m, M_u

– множини параметрів пошуку в задачах (вибору матеріалу і виду заготовки, визначення характеристик допустимого методу отримання заготовки, наборів обладнання та допоміжних матеріалів, а також технологічних операцій обробки) нижнього рівня, наприклад, геометричні розміри деталі, технологічні властивості та характеристики точності поверхні:

$$\begin{aligned} M_v &= \{\times M_{1j} | M_{1j} = \{m_{1j}\}, j \in N_1\}; \\ M_m &= \{\times M_{2j} | M_{2j} = \{m_{2j}\}, j \in N_2\}; \\ M_u &= \{\times M_{3j} | M_{3j} = \{m_{3j}\}, j \in N_3\}; \end{aligned} \quad (5.7)$$

де $D_v, D_m, D_u, W_v, W_m, W_u, \bar{P}_v, \bar{P}_m, \bar{P}_u$ – множини інформаційних сигналів про рішення локальних задач, наприклад, властивості обраних матеріалів, технологічні процеси обробки; типи, характеристики верстатного устаткування; величини критеріїв локальних задач оптимізації:

$$\begin{aligned} D_v &= \{\times D_{1j} | D_{1j} = \{d_{1j}\}, j \in N_1\}; \\ D_m &= \{\times D_{2j} | D_{2j} = \{d_{2j}\}, j \in N_2\}; \\ D_u &= \{\times D_{3j} | D_{3j} = \{d_{3j}\}, j \in N_3\}; \\ \\ W_v &= \{\times W_{1j} | W_{1j} = \{w_{1j}\}, j \in N_1\}; \\ W_m &= \{\times W_{2j} | W_{2j} = \{w_{2j}\}, j \in N_2\}; \\ W_u &= \{\times W_{3j} | W_{3j} = \{w_{3j}\}, j \in N_3\}; \\ \bar{P}_v &= \{\bar{p}_v\}; \bar{P}_m = \{\bar{p}_m\}; \bar{P}_u = \{\bar{p}_u\}; \end{aligned}$$

де $\Gamma_v, \Gamma_m, \Gamma_u, L_v, L_m, L_u$ – множини координувальних сигналів для локальних задач нижчих рівнів, наприклад, категорія значущості і серійність деталі, наявність матеріалу на складі; тривалості окремих технологічних процесів:

$$\begin{aligned} \Gamma_v &= \{\times \Gamma_{1j} | \Gamma_{1j} = \{\gamma_{1j}\}, j \in N_1\}; \\ \Gamma_m &= \{\times \Gamma_{2j} | \Gamma_{2j} = \{\gamma_{2j}\}, j \in N_2\}; \\ \Gamma_u &= \{\times \Gamma_{3j} | \Gamma_{3j} = \{\gamma_{3j}\}, j \in N_3\}; \\ L_v &= \{L_v\}; L_m = \{L_m\}; L_u = \{L_u\}. \end{aligned}$$

Визначимо завдання вибору в такий спосіб: для задач нижнього рівня $Z_{ij}: R \times \Gamma_{ij} \times D_{ij} \rightarrow M_{ij}, i = \{1,2,3\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3$; для завдання вибору матеріалу, виду обробки і виду заготовки на заготівельній фазі $Z_v: R \times L_v \times \{\times W_{1j}|j \in N_1\} \rightarrow \{\times \Gamma_{1j}|j \in N_1\}$; для завдання вибору операцій технологічного процесу, обладнання, пристосувань і технологічних параметрів виготовлення на обробній фазі $Z_m: R \times L_m \times \{\times W_{2j}|j \in N_2\} \rightarrow \{\times \Gamma_{2j}|j \in N_2\}$; для завдання вибору обладнання та допоміжних матеріалів на фазі збирання $Z_u: R \times L_u \times \{\times W_{3j}|j \in N_3\} \rightarrow \{\times \Gamma_{3j}|j \in N_3\}$; для завдання верхнього рівня $Z_n: R \times \bar{P}_v \times \bar{P}_m \times \bar{P}_u \rightarrow L_v \times L_m \times L_u$. Визначимо: $\{CP\}$ – множина операторів вибору технологічних рішень (множина математичних моделей нижчого рівня: технологічних процесів виготовлення виробів приладобудування, прийняття технічних рішень з вибору виду заготовки, виду обробки): $CP: R \times M_v \times M_m \times M_u \rightarrow \{TP\}$; $\Theta_{ij} = \{\Theta_{ij}\}, i \in \{1,2,3\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3$ – множини операторів формування інформаційних сигналів від процесу вибору TP до нижнього рівня ієрархічної системи для задач Z_{ij} : $\Theta'_{ij}: R \times \{\times M_{1j}|j \in N_1\} \times \{\times M_{2j}|j \in N_2\} \times \{\times M_{3j}|j \in N_3\} \rightarrow D_{ij}$, де $\Theta''_{ij} = \{\Theta''_{ij}\}, i \in \{1,2,3\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3$ – множини операторів формування сигналів від другого рівня ієрархії відповідно для задач Z_{ij} : $\Theta'_{ij}: R \times \{\times D_{1j}|j \in N_1\} \times \{\times D_{2j}|j \in N_2\} \times \{\times D_{3j}|j \in N_3\} \times \{\times \Gamma_{1j}|j \in N_1\} \times \{\times \Gamma_{2j}|j \in N_2\} \times \{\times \Gamma_{3j}|j \in N_3\} \rightarrow W_{ij}$. Аналогічним чином визначається множина операторів інформаційних сигналів для підсистеми вищого рівня.

5.4 Комп'ютинг вибору технологічних рішень

Розглядається комп'ютинг вибору технологічних рішень (ТР) при варіантному синтезі та оцінці технологічних процесів (ТП) приладобудівного виробництва. На основі концепції єдиного інформаційного кібер-простору підприємства і знання – орієнтованої підтримки прийняття технологічних рішень пропонується ієрархічна теоретико–множинна модель вибору технологічних рішень, яка вирішується в три етапи: вибір матеріалу і виду обробки поверхонь

деталі, а також способу отримання та виду заготовки для ТП заготівельної фази виробництва; вибір операцій технологічного процесу, обладнання, пристосувань, допоміжних матеріалів виготовлення деталей для ТП обробної фази; вибір обладнання та комплектуючих для ТП основного виробництва – складання виробів. Комп'ютинг ТПВ включає, перш за все, створення таких функцій, як розробка моделей технологічних процесів, проектування засобів технологічного оснащення і пошук інформації. Функція відпрацювання конструкції на технологічність в значній мірі є творчим процесом, тому важко піддається формалізації. Тут працюють механізми машинного навчання. Комп'ютингу перерахованих функцій притаманна висока складність правил їх автоматичного рішення, що призводить до великих витрат на створення алгоритмів і програм рішення. Область застосування алгоритмів і програм часто залишається досить вузькою, що можна бачити на прикладі деяких впроваджених комп'ютерного проектування технологічних процесів. Більшість таких систем носять локальний характер, між ними відсутня спадкоємність в системах кодування, алгоритмах і програмах, що не дозволяє стикувати їх між собою, в той же час витрати на їх створення великі, причому багато зусиль витрачається на дублювання вже готових рішень. У зв'язку з цим, розробляючи комп'ютинг підготовки виробництва, слід прагнути більшої універсалізації системи, щоб в тій чи іншій мірі її можна було використовувати на різних за характером і номенклатурою продукції, що випускається, підприємствах.

Проблема комп'ютингу розробки технологічних процесів полягає в наявності невизначеності зв'язків між якісними показниками виробу, параметрами режимів виготовлення, станом технологічних систем, а також недосконалістю методики розробки процесів, низьким рівнем її формалізації, багатоваріантністю технологічних рішень однієї й тієї ж задачі. Наприклад, при однакових режимах обробки заготовки на верстатах однієї й тієї ж моделі точність обробки буде різною, тому що верстати знаходяться в різному стані, якій ніде не фіксований. Іншими прикладами є вибір технологічних баз при розробці технологічних процесів, який здійснюється не відповідно до строго

формалізованої методики, а по ряду рекомендацій. Все це не дозволяє повністю виключити участь людини в розробці технологічних процесів. На основі запропонованої теоретико–множинної моделі вибору ТР, з урахуванням інформаційного забезпечення (архіву ТП і ТР, семантичної інформаційної моделі опису ТП) розробляються процедури пошуку відповідної технології або технологічних елементів в архіві технологічних рішень. Пошук і оцінка найбільш ефективних рішень дозволить скоротити витрати на технологічний реінжиніринг виробництва, забезпечити високу якість планованої до випуску продукції, скорочення термінів виходу на ринок.

Процес комп'ютерного проектування реалізується відповідно з певним планом, здебільшого у вигляді логічних схем чи логічного графа побудови проекту. Компоненти процесу синтезу: 1) *операція* – дія або формалізована сукупність дій, складова частина процедури, алгоритм якої лишається незмінним для ряду процедур; 2) *процедура* – формалізована сукупність дій, виконання яких закінчується прийняттям рішення; 3) *рішення* – проміжний або кінцевий опис об'єкта, необхідний і достатній для розгляду і визначення подальшого напрямку або закінчення процесу. Процедура складається з елементарних операцій з чітко встановленим порядком їх виконання і направлена на досягнення локальної мети в процесі створення продукту або сервісу. Процедура характеризується набором параметрів, що містять в загальному випадку вхідні дані, обмеження, математичну модель, вирішальну процедуру, сутність рішення і критерії його оцінки. Процедури ґрунтуються на Hardware–Software мовах, які служать засобом лінгвістичного чи/або графічного представлення і перетворення опису при синтезі. Проектна процедура називається типовою, якщо вона призначена для багаторазового використання при створенні багатьох типів об'єктів. Класифікація типових процедур комп'ютерного синтезу та аналізу представлена на рис. 5.5.

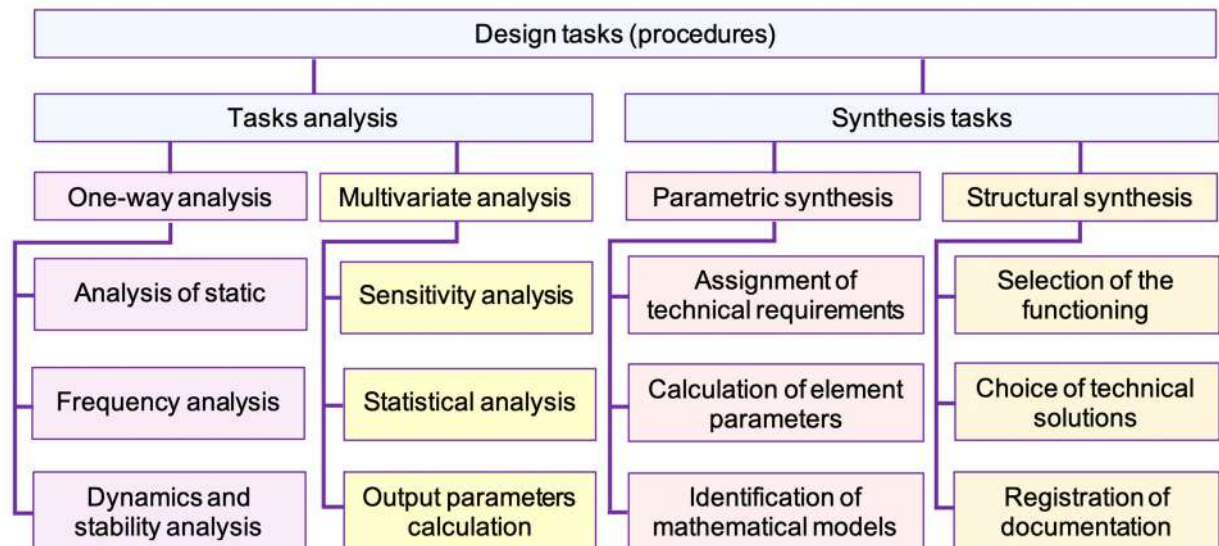


Рисунок 5.5 –Класифікація типових процедур синтезу та аналізу

Розрізняють процедури аналізу і синтезу. Синтез полягає в створенні опису об'єкта, а аналіз – у визначенні властивостей та дослідженні працездатності об'єкта за його описом, тобто при синтезі створюються, а при аналізі оцінюються проекти об'єктів. Процедури аналізу діляться на процедури одно- і багатоваріантного аналізу. При одноваріантному аналізі задано значення внутрішніх і зовнішніх параметрів, необхідно визначити значення вихідних параметрів об'єкта. Багатоваріантний аналіз полягає в дослідженні властивостей об'єкта в деякій області простору внутрішніх параметрів. Процедури синтезу діляться на процедури структурного і параметричного синтезу. Метою структурного синтезу є визначення структури об'єкта – переліку типів елементів, що складають об'єкт та способу зв'язку елементів між собою в складі об'єкта. Параметричний синтез полягає у визначенні чисельних значень параметрів елементів при заданих структурі та умовах працездатності, вихідних параметрах об'єкта, тобто при параметричному синтезі необхідно знайти точку або область в просторі внутрішніх параметрів, в яких виконуються ті чи інші умови.

На рис. 5.5 представлена типова послідовність процедур на одному з етапів створення системи, який починається з синтезу початкового варіанту її

структури. Для оцінювання цього варіанта створюється математична або експериментальна модель. Після вибору початкових значень параметрів елементів виконується аналіз варіанту, за результатами якого стає можливою його оцінка. Звичайно оцінка полягає в перевірці виконання умов працездатності, сформульованих в технічному завданні. Якщо умови виконуються, то отримане проектне рішення приймається і формулюється технічне завдання на синтез елементів наступного рівня. Якщо ж отримане рішення незадовільне, вибирається один з можливих шляхів покращення проекту. Сукупність процедур модифікації, аналізу та оцінювання результатів представляє собою процедуру параметричного синтезу. Якщо модифікації цілеспрямовані та підкоряються стратегії пошуку найкращого значення деякого показника якості, то процедура параметричного синтезу є оптимізація. Якщо шляхом параметричного синтезу не вдається досягти достатнього ступеня виконання умов працездатності, то використовують шлях модифікації структури. Новий варіант структури синтезується і для нього повторюються процедури формування моделі та параметричного синтезу. Якщо не отримують допустимого проектного рішення і цим шляхом, то ставиться питання про корегування технічного завдання. Зі схеми процесу проектування (рис. 5.6) видно взаємозв'язок процедур аналізу і синтезу. Цей взаємозв'язок має характер вкладеності процедури аналізу в процедуру оптимізації (параметричного синтезу) і процедури оптимізації в процедуру синтезу, що об'єднує синтез структурний і параметричний.

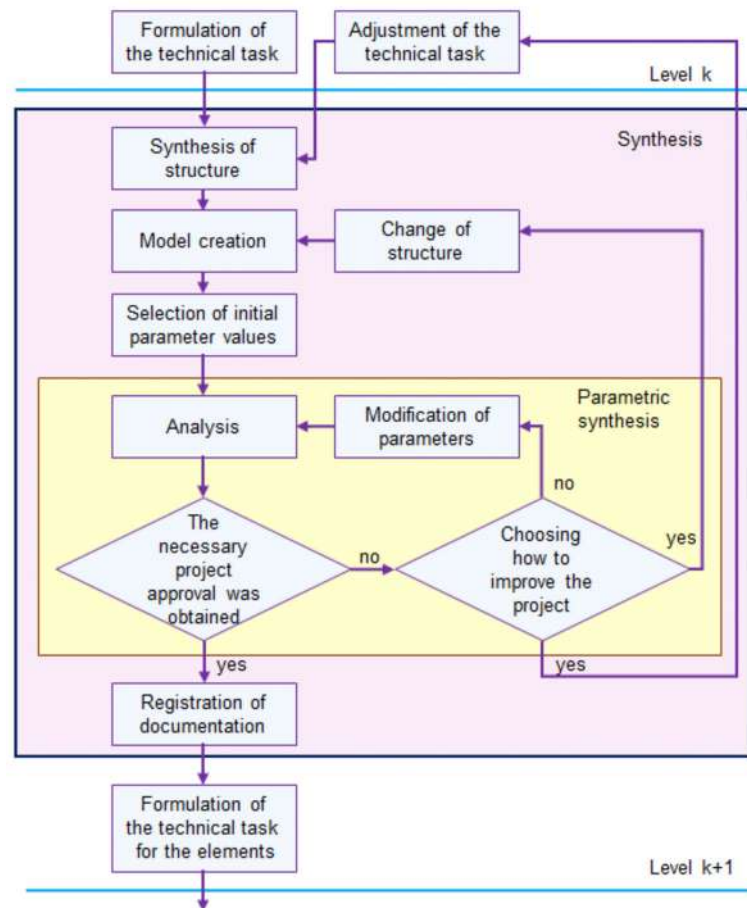


Рисунок 5.6 – Схема процесу проектування

Комп'ютерні системи пошукового типу базуються на ідеології класифікації та кодування деталей. В рамках такого підходу деталі, що виробляються на підприємстві, групуються по класах, які різняться за своїми виробничо-технологічними характеристиками. Для кожного класу деталей встановлюється типовий план виробничого процесу. Цей план заноситься в пам'ять комп'ютера і використовується при появі нових деталей того ж класу. Створення машинних файлів та організація ефективного пошуку планів, що відповідають новим деталям, потребує розробки системи класифікації та кодування деталей. Для деяких нових деталей може виникнути необхідність редагування одного з вже існуючих планів виробничого процесу. Так відбувається, коли технологічні вимоги до нової деталі незначно відрізняються від типових. Технологічний маршрут, що рекомендує машина, може і для нової деталі лишитись стандартним, але конкретні операції, що виконуються на

кожному верстаті, можуть бути іншими. Повний план виробничого процесу повинен фіксувати як окремі технологічні операції, так і послідовність верстатів, через які повинна пройти деталь, що виготовляється. Із-за змін, що вносяться в план виробничого процесу, такі системи називають варіантними системами.

Користувач починає з того, що вводить з терміналу кодівий номер деталі. Після цього програма розробки виробничих процесів приступає до пошуку в файлі класів деталей, для того, щоб визначити, чи існує в файлі введений код. Якщо всередині файлу існує тотожний кодівий номер, то з існуючих машинних файлів дістаються типові схеми маршрутизації та послідовність конкретних операцій для видачі користувачу. Типовий план ведення процесу аналізується користувачем для того, щоб можна було ввести в нього необхідні зміни і привести план у відповідність до проекту нової деталі. Після такого редагування програма формує машинний код типового вигляду. Якщо в машинному файлі не вдалось знайти кодового номеру, який точно співпадає з кодовим номером нової деталі, то користувач може організувати пошук у файлі технологічних маршрутів та у файлі послідовності операцій для виявлення подібних деталей, плани виробництва яких могли б бути використані для визначення схеми виготовлення нової деталі. Один раз встановлений план виробничого процесу для деталі з новим кодовим номером стає типовим для майбутніх деталей тієї ж класифікаційної групи. Цифровізація комп'ютерного створення продукту або сервісу, представлена на рис. 5.7.

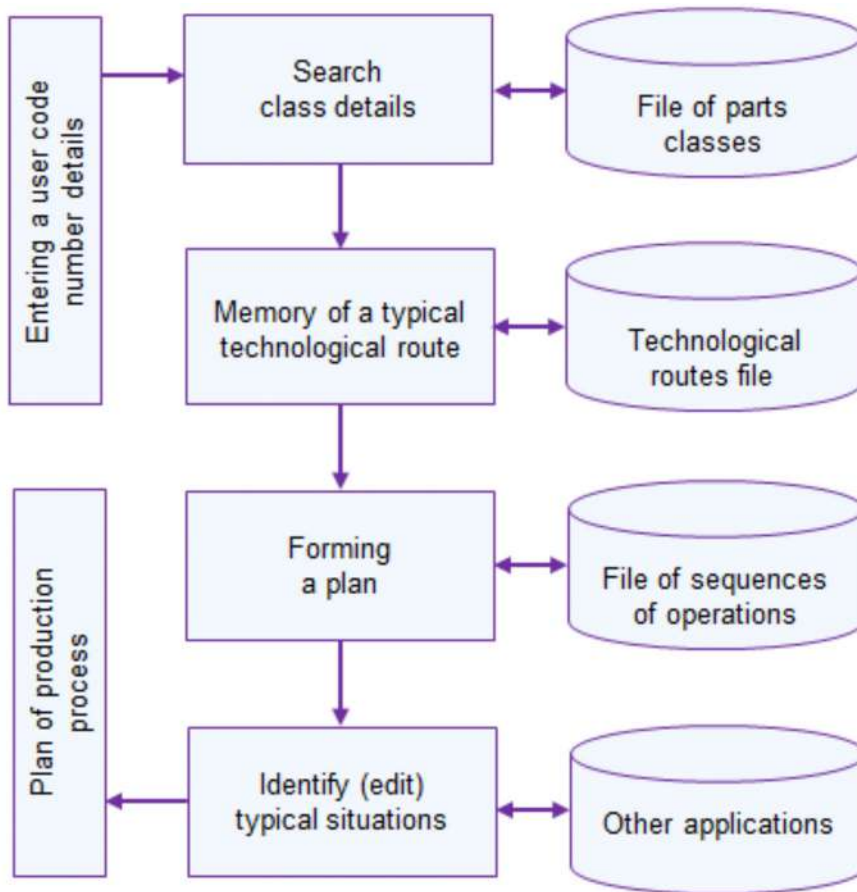


Рисунок 5.7 – Схема цифровізації компонентів для пошуку даних

Математична модель з програмою пошуку утворює ітераційну процедуру пошуку технічних РІШЕНЬ, які задовольняють умовам проектування. Типова структура комп'ютингу для синтезу та аналізу технологічних рішень зі створення продукції або сервісів представлена на рис. 5.8.

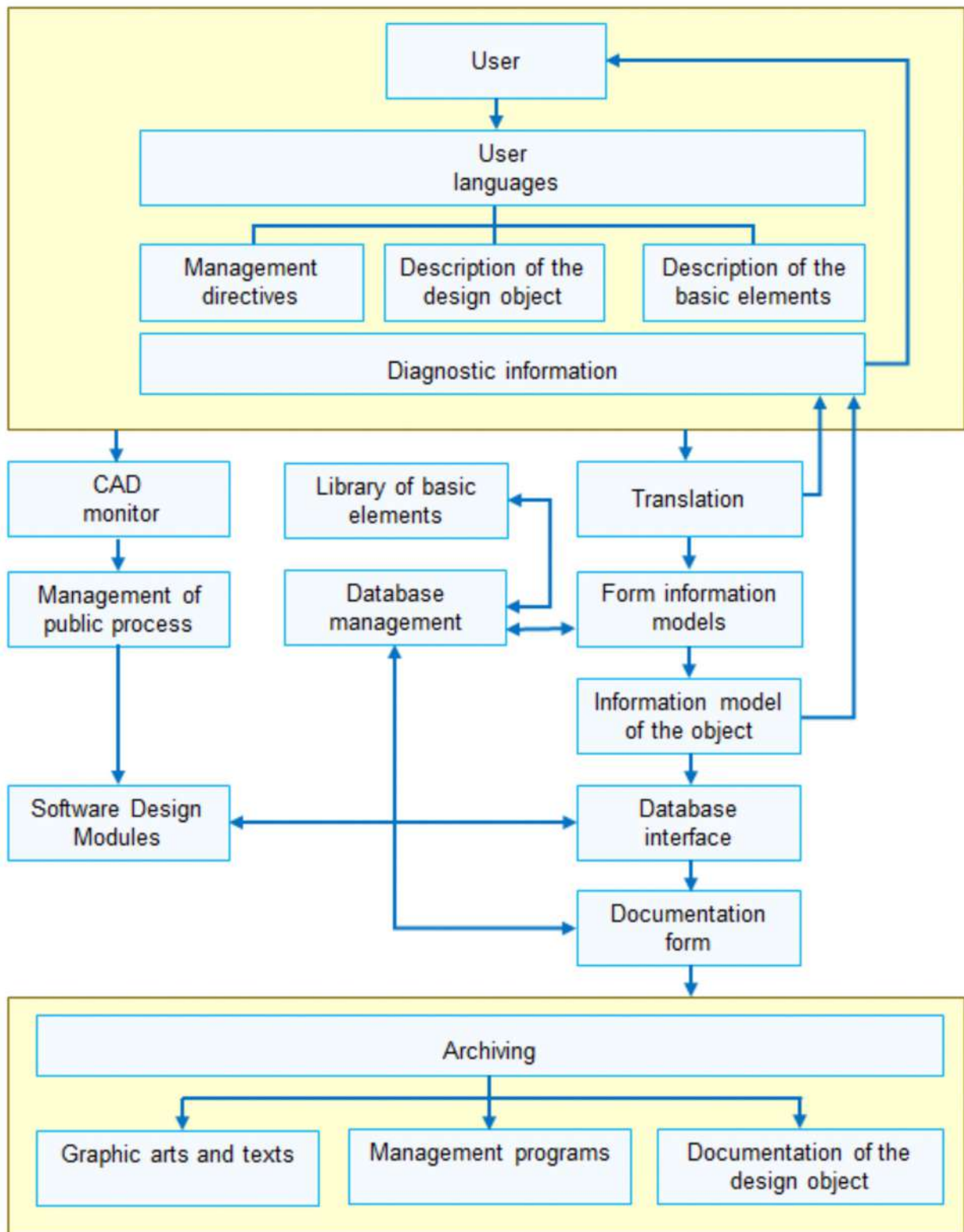


Рисунок 5.8 – Типова структура проект-комп'ютингу

5.5. Додаток для визначення подібності

Технологічним ядром для вирішення практичних завдань управління персоналом в критичних системах є кіберфізичний комп'ютинг, оформлений в структуру SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition. Такий комп'ютинг передбачає аналітику великих даних, яка використовує примітивні теоретико–множинні операції, процедури та алгоритми паралельної дії з метою підвищення продуктивності при знаходженні власних шляхів розв'язання. Тому далі пропонується імплементація в програмний код алгоритму і процедур для пошуку даних за паттерном шляхом порівняння, що дає можливість приймати адекватні управлінські впливи в критичних системах [11–20].

Мета – істотне підвищення продуктивності пошуку даних шляхом визначення подібності–відмінності текстових фрагментів–об'єктів, що дає можливість визначати подібність об'єктів, стратегію трансформування одного об'єкта в інший, а також ідентифікувати рівень спільності (інтересів, конфліктності, плагіарізму, колізій).

Завдання: 1) розробити теорію і структури даних для методу визначення подібності двох об'єктів; 2) синтезувати алгоритм подібності–відмінності текстових фрагментів; 3) виконати тестування і верифікацію методу на прикладах.

У світі пошук–комп'ютингу немає нічого крім метрики подібності–відмінності. Тому важливо мати ефективний спеціалізований процесор, як найпростіше ядро, для паралельного і високопродуктивного рішення задач синтезу і аналізу нових процесів і явищ. Структурно, метрика подібності–відмінності двох процесів, явищ, об'єктів, компонентів використовує дві формули, які оперують в бінарній алгебрі логіки двома паралельними операціями and, хог для отримання результуючих векторів:

$$S(a, b) = a_i \wedge b_i;$$

$$D(a, b) = a_i \oplus b_i.$$

Але такі формули мало, що дають для знання відносин між процесами (явищами), коли необхідно і дуже важливо визначити загальні структури даних, щоб зрозуміти, як трансформуються окремі компоненти (координати векторів) один в одній при синтезі й аналізі. Більш того, тут весь процес синтезу знаходиться в обчислювальній залежності від технологічно досконалих структур даних. Нормована метрика подібності–відмінності використовує дві формули, також оперують в алгебрі логіки двома паралельними операціями, які доповнені арифметикою підрахунку одиничних координат, отриманих в результаті виконання логічних операцій. Крім того, з'являється спільний знаменник у вигляді диз'юнкції однойменних координат векторів, який служить інтегратором розрізнених структур даних, що беруть участь у процесах, в загальний вектор тільки істотних координат, щодо яких виконується нормування подібності та відмінності:

$$S(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i \wedge b_i)}{\sum_{i=1}^n (a_i \vee b_i)},$$

$$D(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i \oplus b_i)}{\sum_{i=1}^n (a_i \vee b_i)}.$$

Наприклад, два вектори $a = 00111100$ та $b = 10101010$, мають несуттєві нульові однойменні координати, які автоматично виключаються з нормованого оцінювання завдяки врахуванню і підрахунку тільки одиничних значень в результуючих векторах:

$$S(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^n (00111100 \wedge 10101010 = 001010000) = 2}{\sum_{i=1}^n (00111100 \vee 10101010 = 101111110) = 6} = 0,33;$$

$$D(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^n (00111100 \oplus 10101010 = 100101110) = 4}{\sum_{i=1}^n (00111100 \vee 10101010 = 101111110) = 6} = 0,66;$$

Природно, немає потреби обчислювати обидві оцінки за даними формулами. Досить визначити одну з них, а другу можна отримати за формулою доповнення:

$$D(a, b) = 1 - S(a, b); S(a, b) = 1 - D(a, b).$$

Тут, відмінністю формованої оцінки від відстані Хеммінга є виключення з метрики і структур даних умови існування двох нулів на координатах з однаковими адресами–індексами, що істотно підвищує адекватність вимірювання двох процесів. Що стосується багатозначної алгебри (теорії множин), де замість алфавіту $\{0,1\}$ виступають символи, літери, цифри, слова, тексти, об'єкти, процеси, то схожість–відмінність, як правило, розглядається в рамках метрики або відстані Левенштайна. У ній фігурують три елементарних операції: заміна символів, вставка і видалення, які трансформують одне слово (процес, явище) в інше. Пропонується інше рішення визначення подібності–подібності між словами, яке характеризується синтезом уніфікованої структури даних, що вирівнює пари слів будь–якої довжини до однієї розмірності за рахунок виконання єдиної операції – вставки порожнього символу. Як наслідок, обчислювальна складність алгоритму для синтезу уніфікованої структури єдиної розмірності зводиться до пошуку місць для вставки кінцевої кількості $n = 0,1,2,3,\dots$ порожніх символів з метою вирівнювання довжини двох слів (об'єктів, процесів). Як приклад далі розглядається перетворення одного слова в інше шляхом вставки порожніх символів:

C	O	N	D	U	C	T	I	O	N
B	O	N	I	A	N	A			

Виконання алгоритму вставки порожніх символів з метою отримання мінімальної відмінності і максимальної схожості при трансформуванні одного слова в інше дає результат:

C	O	N	D	U	C	T	I	O	N	–
B	O	N	D	–	–	–	I	A	N	A

Кількість порожніх символів для вирівнювання двох слів дорівнює чотирьом. Після цього здійснюється тривіальний підрахунок відстані Левенштайна, яка дорівнює числу координат, що мають різні символи в метриці трансформації слів, що означає $D(a, b) = 6$, $S(a, b) = 5$. Таким чином, будь–яку пару процесів або явищ можна привести до структурної метрики однакової

довжини з метою подальшого підрахунку нормованих оцінок подібності–відмінності шляхом арифметичного додавання виконання логічних умов в чисельнику і знаменнику:

$$S(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i = b_i)}{\sum_{i=1}^n (a_i \cup b_i \neq \emptyset)}$$

$$D(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i \neq b_i)}{\sum_{i=1}^n (a_i \cup b_i \neq \emptyset)}$$

Для заданого прикладу трансформованої взаємодії пари слів нормовані оцінки подібності–відмінності мають вигляд:

$$S(a, b) = \frac{6}{11} = 0,55.$$

$$D(a, b) = \frac{5}{11} = 0,45.$$

Більш складна конструкція нормованої подібності–відмінності визначається не за рівністю, а за приналежністю однієї координати вектор–слова іншій координаті другого вектора, якщо координати представлені деякими множинами. В цьому випадку формули для обчислення оцінок матимуть вигляд:

$$S(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i \cap_{i=1,n} b_i)}{\sum_{i=1}^n (a_i \cup_{i=1,n} b_i)}$$

$$D(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i \Delta_{i=1,n} b_i)}{\sum_{i=1}^n (a_i \cup_{i=1,n} b_i)}$$

Тут корисними будуть теоретико–множинні операції для алфавіту Кантора, наприклад, які визначені такими квадратичними таблицями істинності:

\cap	0	1	X	\emptyset	\cup	0	1	X	\emptyset	Δ	0	1	X	\emptyset
0	1	0	0,5	0	0	1	1	1	0,5	0	0	1	0,5	0,5
1	0	1	0,5	0	1	1	1	1	0,5	1	1	0	0,5	0,5
X	0,5	0,5	1	0	X	1	1	1	1	X	0,5	0,5	0	1
\emptyset	0	0	0	0	\emptyset	0,5	0,5	1	0	\emptyset	0,5	0,5	1	0

Елементарні таблиці дають можливість привести теоретико–множинні операції до їх норм, складання яких формує точні оцінки подібності–відмінності. Наприклад, для наступних двох багатозначних векторів $a = 1XX10X1$, $b = 01X00XX1$, оцінки подібності–відмінності, отримані з чисельних таблиць істинності, матимуть вигляд:

$$S(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^n (1XXX10X1 \cap 01X00XX1 = 0 + \frac{1}{2} + 1 + \frac{1}{2} + 0 + \frac{1}{2} + 1 + 1)}{\sum_{i=1}^n (1XXX10X1 \cup 01X00XX1 = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)} = 0,56;$$

$$D(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^n (1XXX10X1 \Delta 01X00XX1 = 1 + \frac{1}{2} + 0 + \frac{1}{2} + 1 + \frac{1}{2} + 0 + 0)}{\sum_{i=1}^n (1XXX10X1 \cup 01X00XX1 = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1)} = 0,44.$$

Загальна структура визначення подібності–відмінності пари векторів за три векторних паралельних чисельних операції (\cap , Δ , \cup) представлена в наступній таблиці:

a	1	X	X	X	1	0	X	1
b	0	1	X	0	0	X	X	1
\cap	0	0,5	1	0,5	0	0,5	1	1
Δ	1	0,5	0	0,5	1	0,5	0	0
\cup	1	1	1	1	1	1	1	1

Таким чином, отримані дві оцінки подібності, які є взаємно–доповнювальними один одного до 1: $S(a, b) = 0,56$; $D(a, b) = 0,44$. Координати наступних векторів проміжних обчислень також є взаємно–доповнювальними до 1, що є умовою валідації процесу визначення подібності–відмінності:

\cap	0	0,5	1	0,5	0	0,5	1	1
Δ	1	0,5	0	0,5	1	0,5	0	0

Обчислювальна складність алгоритму синтезу структурної уніфікованої метрики трансформування одного слова в інше дорівнює $Q = (m \times n)^2$. Багатозначна структура пари векторів, відповідних множині слів–примітивів (T_i, T_j), може бути використана для ефективного визначення подібності текстових фрагментів, а також обчислення рівня плагіаризму. Спрощена діаграма вирішення даного завдання за допомогою трьох векторних логічних операцій може бути представлена у вигляді рис. 5.8

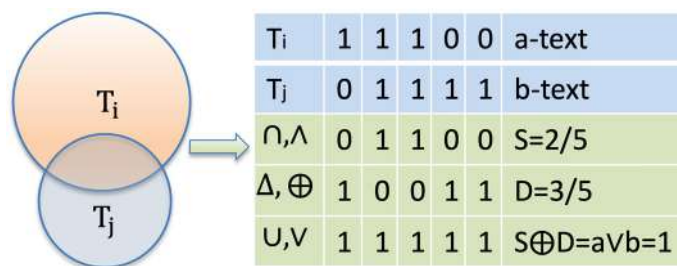


Рисунок 5.8 – Діаграма пошуку подібності текстових фрагментів

У координатах замість одиничних значень можуть бути представлені слова або будь-які інші дані, які фігурують в вектор-множинах (T_i, T_j) . Однак попереднє унітарне кодування слів або пропозицій істотно полегшує виконання алгоритму визначення подібності-відмінності. Слід зауважити, що замість двійкового коду координати вектора можуть бути відзначені частотністю слів або даних у формі дійсних або цілих чисел, а також часовими або іншими параметрами компонентів, що не змінює суті алгоритму для метричного нормованого оцінювання подібності текстових фрагментів. У загальному випадку для вимірювання відносин між двома об'єктами або процесами формуються чотири оцінки, рис. 5.9: 1) подібність – загальний критерій в ог-метриці двох текстів; 2) різниця, як інтегральна оцінка в ог-метриці, яка доповнює подібність до 1; 3) норма відмінності для першого тексту, приведена до загальної ог-метрики текстів; 4) норма відмінності для другого тексту, приведена до загальної ог-метрики текстів. Норми відмінності для двох текстів складають інтегральну відмінність в ог-метриці.

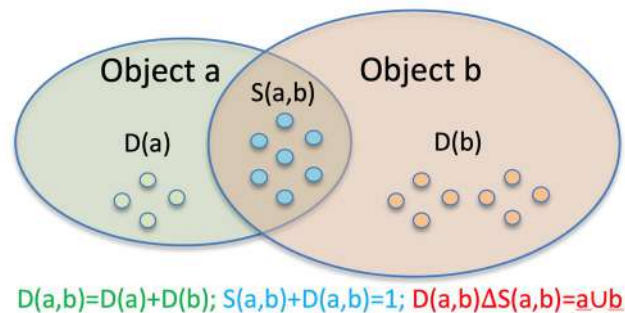


Рисунок 5.9 – Метричні оцінки подібності-відмінності

Слід зауважити, що норма подібності, приведена до загальної ог-метрики об'єктів, є однаковою. Іноді існує необхідність обчислення норм подібності-відмінності, щодо до кожного об'єкту, який бере участь у взаємодії. З урахуванням сказаного, кількість оцінок подібності-відмінності для визначення відношення дорівнюватиме восьми. Істотність ог-метрики для визначення чотирьох оцінок подібності-відмінності проявляється також при формуванні маршруту трансформування одного явища, об'єкта чи процесу в інший шляхом

усунення відмінностей між ними. Завданнями, які підпадають під згадану істотність, є: 1) маршрут навчання, що використовує існуючий статус студента і його кінцеву мету – соціальну позицію; 2) маршрут соціального визнання, що використовує існуючий статус громадянина і його кінцеву мету – соціальну позицію; 3) маршрут наукового визнання, що використовує існуючий статус вченого і задану кінцеву мету – нобелівську або державну премію; 4) маршрут перемоги у виборах, використовує існуючий статус громадянина і метрику–патерн бажаної посади; 5) маршрут трансформації ХНУРЕ в Стенфорд на основі порівняння їх метрик; 6) маршрут трансформування відсталого підприємства (університету, держави, конституції) в успішне, цифрове на основі визначення відмінностей двох метрик. Актуальність цифровізації була представлена раніше в статистиці використання cloud–edge computing; 7) маршрут трансформування (корекції) несправного продукту, цифровий системи, програмного додатка в справний на основі визначення відмінностей двох метрик; 8) маршрут трансформування деструктивного генома вірусу в корисний білок на основі визначення відмінностей двох метрик; маршрут вироблення антитіл, що нейтралізують деструктивні геноми вірусів.

Реалізація модуля подібності–відмінності представлена в наступному коді:

Лістинг 5.1

SimilarityControl.h (created by Sh)

```
#pragma once
#include <QObject>
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <iterator>
#include <set>#include <string>
#include <locale>
#include <algorithm>
#include <regex>
#include <codecvt>
#include <locale>
#include < Windows.h >
#include <QString>
class PlagiatControl : public QObject {
Q_OBJECT
```

```

private:
std::set<std::wstring> m_firstSet;
std::set<std::wstring> m_secondSet;
std::set<std::wstring> m_mergeSet;
std::string m_firstPath;
std::string m_secondPath;
int m_plagiat;
public:
PlagiatControl()
{}
std::wstring s2ws(const std::string& str);
void insertWordsFromFile(std::wifstream& fileStream, std::set<std::wstring>&
_Set);
void setFirstPath(QString _firstPath);
void setSecondPath(QString _secondPath);
public slots:
void clickResult();
signals:
void plagiatChanged(int);
};
SimilarityControl.cpp
#include "plagiatControl.h"
std::wstring PlagiatControl::s2ws(const std::string& str)
{
int size_needed = MultiByteToWideChar(CP_UTF8, 0, &str[0], (int)str.size(),
NULL, 0);
std::wstring wstrTo(size_needed, 0);
MultiByteToWideChar(CP_UTF8, 0, &str[0], (int)str.size(), &wstrTo[0],
size_needed);
return wstrTo;
}
void PlagiatControl::insertWordsFromFile(std::wifstream & fileStream,
std::set<std::wstring>& _Set)
{
std::locale::global(std::locale("ru_RU.UTF-8"));
fileStream.imbue(std::locale());
while (!fileStream.eof())
{
std::wstring currentLine;
std::getline(fileStream, currentLine);
std::wregex word_regex(s2ws("\\w+"));
auto words_begin =
std::wsregex_iterator(currentLine.begin(), currentLine.end()),

```

```

word_regex);
auto words_end = std::wsregex_iterator();
for (std::wsregex_iterator i = words_begin; i != words_end; ++i) {
    std::wsmatch match = *i;
    std::wstring match_str = match.str();
    _Set.insert(match_str);
}
}
fileStream.close();
}
void PlagiatControl::setFirstPath(QString _firstPath)
{
    m_firstPath = _firstPath.toStdString();
}
void PlagiatControl::setSecondPath(QString _secondPath)
{
    m_secondPath = _secondPath.toStdString();
}
void PlagiatControl::clickResult()
{
    m_plagiat = 0;
    m_firstSet.clear();
    m_secondSet.clear();
    m_mergeSet.clear();
    std::wifstream fileStream1(m_firstPath);
    std::wifstream fileStream2(m_secondPath);
    insertWordsFromFile(fileStream1, m_firstSet);
    insertWordsFromFile(fileStream2, m_secondSet);
    std::set_intersection(m_firstSet.begin(), m_firstSet.end(),
        m_secondSet.begin(), m_secondSet.end(), std::inserter(m_mergeSet,
        m_mergeSet.begin()));
    float res1 = (float)((float)m_mergeSet.size() / (float)m_secondSet.size())
;
    int res = std::round(res1 * 100);
    m_plagiat = res;
    if (m_plagiat < 0)
    {
        emit plagiatChanged(0);
    }
    else
    {
        emit plagiatChanged(m_plagiat);
    }
}
}

```


Вхід–вихідний інтерфейс програмного додатку для обчислення подібності–відмінності між об'єктами (текстами, векторами, матрицями, структурами) має вигляд, представлений на рис. 5.10.

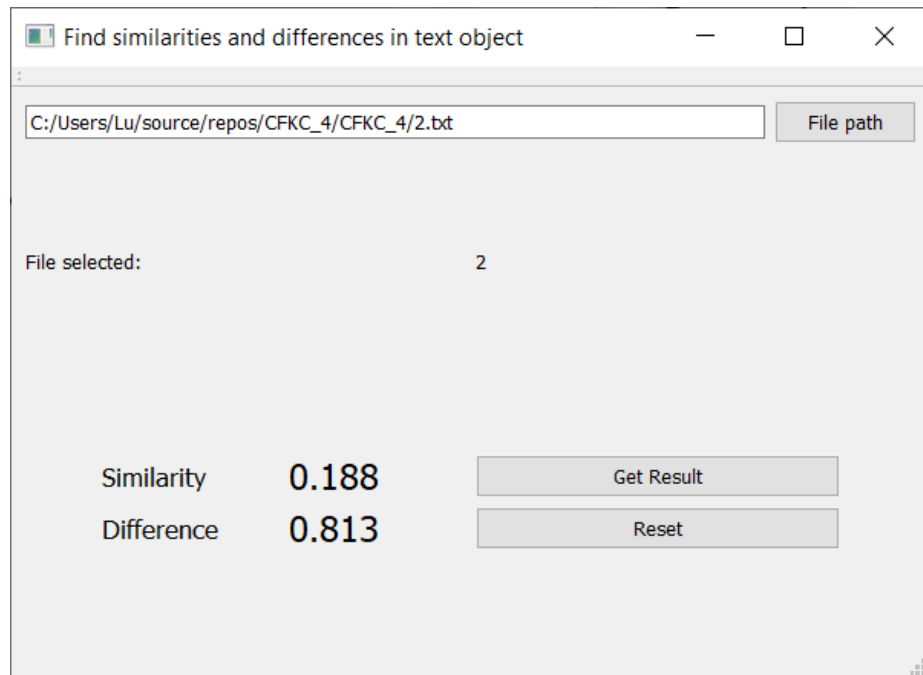


Рисунок 5.10 – Вхід–вихідний інтерфейс програмного додатку для обчислення подібності–відмінності між об'єктами

Тестування програмного додатку виконано на різних текстових файлах, що включають пари: 1) твори відомих авторів; 2) наукові публікації вчених; 3) резюме експертів і новачків в області комп'ютерингу. Список Scopus–публікацій окремих вчених і наукових співробітників. Таблиця метричного порівняння пар об'єктів наведена на рис. 5.11 і графік, наведений на рис. 5.12, відображають стійкий зв'язок між оцінками, отриманими в результаті роботи програмного Similarity–модуля, а також значень, отриманих на основі використання програмного продукту для визначення подібності (плагіаризма) unichack [<https://corp.eu.unichack.com/dashboard/library/browser#100071849>].

Sim-matrix	Resume	Text	Data	Screens	Scopus	Courses	References	E-mails	Papers
Object A (k)	450	150	560	500	40	140	15	3	470
Object B (k)	780	230	120	700	30	100	20	5	500
Similarity U	36	49	47	78	34	57	37	45	70
Similarity N	41	49	42	73	39	52	37	50	64

Рисунок 5.11 – Таблиця метричного порівняння пар об'єктів

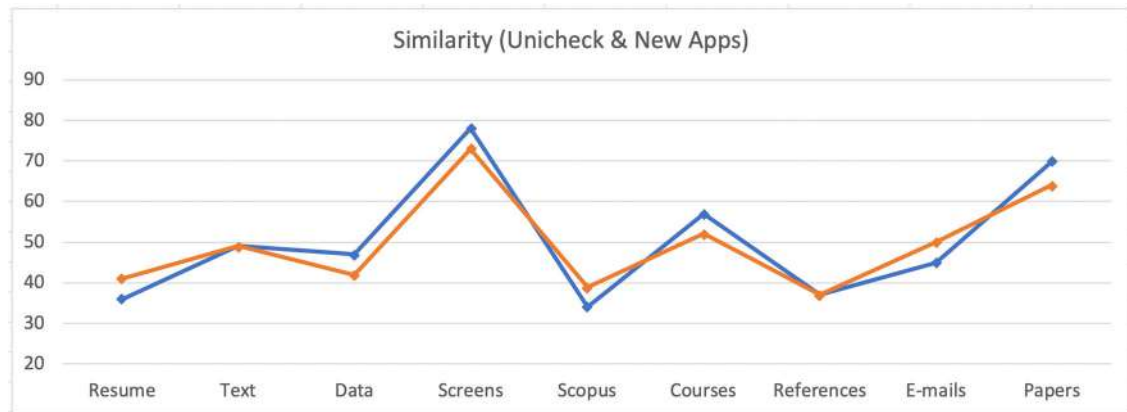


Рис. 5.12. Кореляція між оцінками двох програмних продуктів

Тут спостерігається кореляція між оцінками з максимальним відхиленням в 6 пунктів, отриманими в різних програмних продуктах, що свідчить про спроможність запропонованого теоретико–множинного методу для пошуку подібності–відмінності між процесами і явищами в цілях прийняття адекватних рішень.

5.6 Висновки

1. Запропоновано метричну багатопараметричну модель управління персоналом в критичній системі, яка враховує технічні, технологічні і психофізичні чинники, що формують надійність кіберфізичної структури, складеної з людини, інфраструктури, каналів зв'язку і cloud–edge комп'ютингу.

2. Запропоновано теоретико–множинну ієрархічну модель вибору і оцінки технологічних рішень, яка дає можливість істотно спростити комп'ютинговий процес проектування і експлуатації за рахунок цифрового моделювання варіантів з метою створення високо–продуктивних технічних виробів.

3. Запропоновано модель процесу проектування, яка відрізняється від існуючих різноманітним синтезом і аналізом структур даних, що дає можливість отримувати оптимізовані рішення на основі підрахунку метричних оцінок варіантів, що дає можливість зменшувати time–to market.

4. Запропоновано теоретико–множинний метод і його програмну

імплементацию для істотного підвищення продуктивності пошуку даних, який характеризується *оg*-метрикою визначення подібності-відмінності текстових фрагментів-об'єктів, що дає можливість визначати подібність об'єктів, стратегію трансформування одного об'єкта в інший, а також ідентифікувати рівень цифрової спільності інтересів, конфліктності, плагіаризму, колізій.

5.6 Список використаних джерел до розділу 5

1. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2020/>
2. ГОСТ 23501.101-87
3. <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/semiconductors/design/google-invents-ai-that-learns-a-key-part-of-chip-design>
4. Коробейников В.Г., Буров А.Ю., Поляков А.А., Четверня Ю.В. Автоматизированная компьютерная система психодиагностики операторской деятельности. // Физиологическая и медицинская кибернетика: Сб.науч.тр. / АН Украины. Институт кибернетики им.В.М.Глушкова, Научный совет АН Украины по проблеме "Кибернетика". – Киев, 1993.– С.87–91.
5. Татур, Ю.Г. Компетентность в структуре модели качества подготовки специалистов / Ю.Г. Татур // Высшее образование сегодня. – 2004. – № 3. – С. 20–26.
6. Стрелков Ю.К. Инженерная и профессиональная психология. – М.: Издательский центр "Академия"; Высшая школа, 2001. – 360 с.
7. Tsang E. Clustering and Classification of Cases Using Learned Global Feature Weights / Tsang E., Shin C., Wang X., Lam M. // Proceedings of the Joint 9th IFSA World Congress.– Vancouver ,Canada.– 2001.–pp 2971–2976.
8. Макаренко М.В. Роль індивідуально-типологічних властивостей вищої нервової діяльності людини в успішності навчання та надійності професійної діяльності // Фізіол. журн. – 2002. – Т.48. – № 2. – С.125–138.
9. Bedny G., Karwowsky W. Meaning and sense in activity theory and their role in study of human performance. Ergonomia IJE&HF, 2004.– Vol.26.– P.121–140.

10. Zarakovsky Georgy M. The concept of theoretical evaluation of operators' performance derived from activity theory.– Theoretical Issues in Ergonomics Science, 2004.– Vol. 5.– Number 4.– P.313.
11. Зильбербург Л.И. Реинжиниринг и автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении / Л.И. Зильбербург, В.И. Молочник, Е.И. Яблочников. – СПб.: Компьютербург, 2003. – 152 с.
12. Волков А. Pro / TechDoc – засіб розробки технологічних процесів і підготовки документації по ГОСТ в системі Pro / ENGINEER / А. Волков, І. Пасинків, А. Саранчин, С. Чечика // САПР і графіка. – 2006. – № 2. – С.48–51.
13. Гонсалес–Сабатер А. Система автоматизованого проектування технології інструментального виробництва / А. Гонсалес–Сабатер, А.В. Мітряєв // Системи проектування, технологічної підготовки виробництва і управління етапами життєвого циклу промислового продукту: зб. тез. доп. Міжнар. конф. і виставки CAD / CAM / PDM–2001. – М., 2001. – С. 70–71.
14. Капустин Н.М. Структурный синтез при автоматизированном проектировании технологических процессов производства деталей с использованием генетических алгоритмов / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов // Информационные технологии. – 1998. – № 4. – С. 34 – 37.
15. Павлов В.В. Полихроматические множества в теории систем. Изменение состава ПС–множеств / В.В. Павлов // Информационные технологии. – 1998. – № 1. – С. 4 – 8.
16. Zomaya Albert Y., Sakr Sherif. Handbook of BD–Technologies. Springer. 895 p.
17. Data Science. John D. Kelleher, Brendan Tierney. MIT Press. 2018. 280 p.
18. Abdelhay A. Sallam; Om P. Malik, "Scada Systems," in Electric Distribution Systems, IEEE, 2019, pp.465–485.
19. Hwaiyu Geng, "IoT AND SMART INFRASTRUCTURE," in Internet of Things and Data Analytics Handbook, Wiley, 2017, pp.481–493.
20. E. V. Yurkevich and L. N. Kryukova, "Optimization Mechanisms of Management at the Industrial Enterprise with the use of Cyber Social Systems," 2018 Eleventh International Conference "Management of large–scale system development" (MLSD,

Moscow, 2018, pp. 1–5.

21. M. Stoodley, D. Ashlock and S. Graether, "Data driven point packing for fast clustering," 2018 IEEE Conference on Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology (CIBCB), St. Louis, MO, 2018, pp. 1–8.

22. R. Guo, G. Mao, Y. Liu, Y. Liu, J. Wang and R. Cui, "The Method of Similarity–Difference Comprehensive Evaluation on Test Paper Quality in Colleges and Universities and Its Application," 2009 Second International Conference on Education Technology and Training, Sanya, 2009, pp. 227–230.

23. J. Zhu, H. Zeng, S. Liao, Z. Lei, C. Cai and L. Zheng, "Deep Hybrid Similarity Learning for Person Re–Identification," in IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 28, no. 11, pp. 3183–3193, Nov. 2018.

24. T. Komori, Y. Hijikata, T. Tominaga, S. Yoshida, N. Sakata and K. Harada, "Real Friendship and Virtual Friendship: Differences in Similarity of Contents/People and Proposal of Classification Models on SNS," 2018 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI), Santiago, 2018, pp. 354–360.

25. K. Lin, "New Vague Set Based Similarity Measure for Pattern Recognition," 2019 20th IEEE/ACIS Int. Conf. on Software Engineering, AI–Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD), Toyama, Japan, 2019, pp. 15–21.

ВИСНОВОК

У дисертаційній роботі вирішено актуальну науково–практичну задачу, що має на меті зменшення економічних, технологічних і соціальних втрат, пов'язаних з мінімізацією відмов в критичних системах за рахунок підвищення компетенцій співробітників і послідовного виключення людини з процесів прийняття рішень на основі його заміни детермінованими механізмами комп'ютингу, що використовує цифрове інтелектуальне управління на основі метричного моніторингу кіберсоціальних процесів і явищ, вироблення актюаторних впливів шляхом застосування технологій Machine Learning (теорії прецедентів). Структура кіберфізичного комп'ютингу дисертації орієнтована на метричне управління кадрами і прийняття рішень на основі вичерпного збору даних і подальшого порівняння з еталонними рішеннями, що представлено на рис. 5.13.

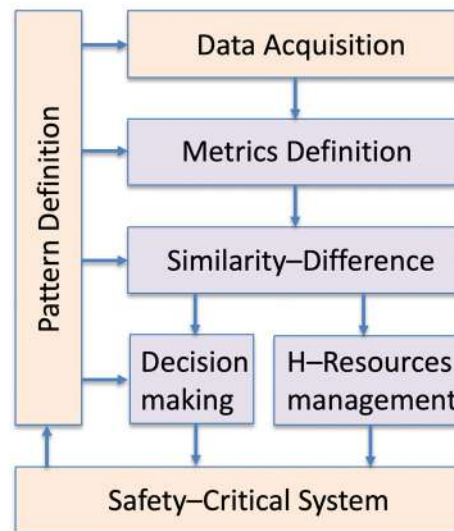


Рисунок 5.13 – Структура комп'ютингу дисертації

Основні результати дослідження:

1) Вперше розроблено структурну модель комп'ютингу, яка характеризується інтерактивною онлайн взаємодією між людиною, критичною системою і механізмами точного цифрового моніторингу–управління, що дає

можливість виключати відмови, що призводять до техногенних катастроф і соціальних колізій.

2) Удосконалено метричний метод відбору співробітників за заданими еталонними компетенціями, який відрізняється від аналогів урахуванням передісторії, психофізіології, досягнень, знань, умінь, навичок, що дає можливість зменшити некоректні призначення на функціональні позиції.

3) Удосконалено метод метричного інтегрального оцінювання персоналу проекту (компанії), який відрізняється від аналогів застосуванням пошуку квазіоптимального покриття посадових функціональностей, що дає можливість істотно зменшити часові і матеріальні витрати на виконання проекту.

4) Отримав подальший розвиток комп'ютеринговий метод прийняття рішень, який відрізняється від аналогів онлайн моніторингом і цифровим управлінням, що дає можливість істотно зменшити кількість помилок оператора в процесі функціонування критичної системи.

5) Запропоновано вдосконалені методи сегментного пошуку підмножини ефективних проектних рішень, що враховують параметри трудомісткості і якості, які відрізняються від існуючих структурною відмінністю множин опуклих і неопуклих допустимих варіантів, що дає можливість істотно зменшити час аналізу вихідної інформації для прийняття рішень без зниження їх якості.

6) Запропоновано новий теоретико–множинний метод і його програмну імплементацію для істотного підвищення продуктивності пошуку даних, який характеризується og -метрикою визначення подібності–відмінності текстових фрагментів–об'єктів, що дає можливість визначати подібність об'єктів, стратегію трансформування одного об'єкта в інший, а також ідентифікувати рівень цифрової спільності інтересів, конфліктності, плагіаризму, колізій.

7) Практична значущість. Результати моделювання, проведеного тестування та верифікації розроблених моделей і методів онлайн моніторингу та цифрового управління компонентами сучасної критичної системи показали істотне зменшення помилкових дій операторів за рахунок зменшення відмінностей між метриками еталонних компетенцій і реальних фахівців.

ДОДАТОК А

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. *Шевченко О.Ю.* Оценка полноты и достоверности информационного обеспечения технологической подготовки производства [Текст] / О. Ю. Шевченко, А. С. Котов, Д. Э. Лысенко // Системи обробки інформації. – Харків, 2009. – Вип. 4 (78). – С. 199–202. (Входить до міжнародних наукометричних баз: Ulrich’s Periodicals Directory, CrossRef, Index Copernicus, General Impact Factor, Scientific Indexed Service, Citefactor, ResearchBib, Orcid, Academic Resource Index, Google Scholar).
2. *Котов А.С.* Концептуальное моделирование информационного обеспечения автоматизированного проектирования технологических процессов / А.С. Котов, О.Ю. Шевченко // Системи управління навігації та зв’язку. – 2009. – № 3 (11). – С. 211–215. (Входить до міжнародних наукометричних баз: Index Copernicus, Google Scholar).
3. *Котов А.С.* Иерархическая теоретико–множественная модель задачи выбора технологических решений / А.С. Котов, О.Ю. Шевченко // Радіоелектронні і комп’ютерні системи. – 2010. – № 1. – С. 149–153. (Входить до міжнародних наукометричних баз: наукової електронної бібліотеки eLIBRARY.RU, Index Copernicus; INSPEC IDEAS; Google Scholar).
4. *Шевченко О.Ю.* Модели и методы киберсоциального компьютеринга управления персоналом для критических систем / О.Ю. Шевченко, В.И. Хаханов, С.В. Чумаченко // Радиоэлектроника и информатика. – № 1. – 2020. – С. 42-46. (Входить до міжнародних наукометричних баз: Index Copernicus, Google Scholar, OECSP, OAJI, Scholar Steer, SIS, Cyberleninka, TIU Hannover, I2OR, Національною бібліотекою України ім. В.І. Вернадського).
5. *Shevchenko O.Y.* Specific subset effective option in technology design decisions / O. Y. Shevchenko, V. V. Beskorovainyi, L. B. Petryshyn // Applied Aspects of Information Technology, 2020. – Vol. 3. – No. 1. – С. 443–455. (Входить до міжнародних наукометричних баз: Academia.edu, ROAD, the National Library of

Ukraine named after V.I. Vernadsky, Djerelo, RISC, Ukraine Naukova, Index Copernicus).

6. *Shevchenko O.Yu.* Search and Analysis of Data Based on Similarity-Difference Metric / O.Yu. Shevchenko, Hahanov I.V., Hahanov V.I. // East European Scientific Journal. – 2021. – № 65. – P. 54-60. (Польский науковий журнал, входить до міжнародних наукометричних баз: Index Copernicus, Google Scholar, РИНЦ).

ДОДАТОК Б
АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Результати, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. *Котов А.С.* Применение прецедентного подхода при разработке научно–технической продукции / А.С. Котов, *О.Ю. Шевченко* // VII Международная научно–практическая конференция «Современные информационные технологии в экономике и управлении предприятиями, программами и проектами», Алушта, 2009. – С. 119.
2. *Котов А.С.* Структурное моделирование информационного обеспечения проектирования технологических процессов / А.С. Котов, *О.Ю. Шевченко* // Современные проблемы управления производством // Сб. тезисов 4–й Международной науч.–практ. конф. – Донецк. – 2009. – С. 152.
3. *Бескорвайный В.В.* Оценка деятельности операторов сложного технологического оборудования / В.В. Бескорвайный, *О.Ю. Шевченко* // Информационные системы и технологии: материалы 4–й Междунар. науч.-техн. конф. ИСТ–2015. – Харьков, НТМТ. – 2015. – С. 34–35.
4. *Бескорвайный В.В.* Формирование компетентностного резерва операторов критических систем в рамках прецедентного подхода / В.В. Бескорвайный, *О.Ю. Шевченко* // Міжнародна науково–практична конференція «Математичне моделювання процесів в економіці та управлінні проектами і програмами (ММП–2017)». – Коблево. – 2017. – С.25–26.
5. *Бескорвайный В.В.* Модель системної оптимізації технологічних об'єктів / В.В. Бескорвайный, *О.Ю. Шевченко* // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання». – Івано-Франківськ. – 14 - 19 травня 2018. – С. 327–330.
6. *Semenets V.* Technological Chain Modeling to Control the Quality of New Product Manufacturing / V. Semenets, V. Beskorovainyi, *O. Shevchenko* // Proceedings of the 7–th International Scientific and Technical Conference Information Systems and Technologies, IST–2018. – 2018. – Kobleve–Kharkiv. – P. 69–72.

7. *Abdullayev V.* Structure and Metrics of Emerging Computing / V. Abdullayev, H. Khakhanova, I. Hahanov, V. Hahanov, S. Chumachenko, E. Litvinova, O. Shevchenko // The XIII IEEE International Conference TCSET. – 2020. – Lviv–Slavsk, Ukraine. – P. 920-925. (Входить до міжнародних наукометричних баз: Scopus, IEEE Xplore).

8. *Семенець В.В.* Виділення підмножин ефективних рішень в задачах реінжинірингу технологічних систем / В.В. Семенець, В.В. Безкоровайний, О.Ю. Шевченко, О.М. Драз // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання". – Івано–Франківськ. – 2019. – С. 53–56.

9. *Бескоровайный В.В.* Стратегии генерации вариантов в технологиях оптимизации структур территориально распределенных объектов / В.В. Безкоровайний, О. Шевченко, О.М. Драз // Міжнародна науково–технічна конференція «Інформаційні системи та технології» ICT–2019. – Харків. – 2019. – С. 18–21.

10. *Бескоровайный В.В.* Моделирование задачи выбора технологических решений / В.В. Безкоровайний, О.Ю. Шевченко, О. М. Драз // Міжнародна науково–практична конференція «Інтелектуальні системи та інформаційні технології». – 2019. – Одеса, Україна. – 2019. – С. 31–35.

11. *Semenets V.* Parametric Synthesis of Multi–Criteria Evaluation Models for UAV Design Technologies / V. Semenets, V. Beskorovainyi, O. Shevchenko // 2019 IEEE 5th International Conference “Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments” (APUAVD). – Oct. 22–24, 2019. – Kyiv, Ukraine. – P. 83–86. (Входить до міжнародних наукометричних баз: Scopus, IEEE Xplore).

12. *Abdullayev V.H.* Big Data Critical Computing Based on the Similarity-Difference Metric / V.H. Abdullayev, L.N. Shapa, V. Hahanov, A. Mishchenko, O. Shevchenko, S. Chumachenko, E. Litvinova // 18-th IEEE East-West Design & Test Symposium, EWDTs 2020. – Varna, Bulgaria. – 2020. – P. 218-223. (Входить до міжнародних наукометричних баз: Scopus, IEEE Xplore).

ДОДАТОК В

ДОКУМЕНТИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Д О В І Д К А

про можливість впровадження методів та моделей
інфраструктури кіберсоціального комп'ютерного
управління персоналом для критичних систем

Розроблена на кафедрі Автоматизації проектування обчислювальної техніки Харківського національного університету радіоелектроніки за участю (30%) здобувача Шевченко Ольги Юріївни структурна модель комп'ютерного, яка характеризується інтерактивною онлайн взаємодією між людиною, критичною системою і механізмами точного цифрового моніторингу-управління, дає можливість виключати відмови, які призводять до техногенних катастроф і соціальних колізій, базується на наступних методах:

1. Удосконалений метричний метод відбору співробітників за заданими еталонним компетенцій, який відрізняється від аналогів урахуванням передісторії, психофізіології, досягнень, знань, умінь, навичок, що дає можливість зменшити некоректні призначення на функціональні позиції.

2. Удосконалений метод метричного інтегрального оцінювання персоналу проекту (компанії), який відрізняється від аналогів застосуванням пошуку квазіоптимального покриття посадових функціональностей, що дає можливість істотно зменшити тимчасові і матеріальні витрати на виконання проекту.

3. Комп'ютерний метод прийняття рішень, що отримав подальший розвиток та який відрізняється від аналогів вичерпним онлайн моніторингом і цифровим управлінням, що дає можливість істотного зменшення помилок оператора в процесі функціонування критичної системи.

Вказані елементи інфраструктури можуть бути інтегровані як окремі складові у виробничий процес компанії для підвищення якості технологічного процесу, рівня менеджменту та прийняття рішень.

Обризан Володимир Ігорович, к. т. н.
Директор ТОВ «Проектування та діагностування систем»

30.11.2020



«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Перший проректор ХНУРЕ
Рубан І.В.
" 26 " 11 2020 р.

АКТ

про впровадження у навчальний процес ХНУРЕ результатів дисертаційної роботи Шевченко Ольги Юріївни «Моделі і методи кіберсоціального комп'ютингу управління персоналом для критичних систем», представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти


Комісія у складі зав. каф. АПОТ проф. Чумаченко С.В., доц. каф. АПОТ Шкіля О.С., доц. каф. АПОТ Філіпенко І.В. розглянула матеріали дисертаційної роботи асистента Шевченко О.Ю., які використовуються у навчальному процесі кафедри АПОТ ХНУРЕ у 2019/2020, 2020/2021 навчальних роках, і прийшла до наступного висновку.


Розроблені у дисертаційній роботі методи кіберфізичної інфраструктури кіберсоціального комп'ютингу управління персоналом для критичних систем, а саме:


– теоретико-множинний метод і його програмна імплементація для істотного підвищення продуктивності пошуку даних, який характеризується огметрикою визначення подібності-відмінності текстових фрагментів-об'єктів, що дає можливість визначати подібність об'єктів, стратегію трансформування одного об'єкта в інший, а також ідентифікувати рівень цифрової спільності інтересів, конфліктності, плагіаризма, колізій;

– комп'ютинговий метод прийняття рішень, що отримав подальший розвиток, який відрізняється від аналогів вичерпним онлайн моніторингом і цифровим управлінням, що дає можливість істотного зменшення помилок оператора в процесі функціонування критичної системи;

впроваджені у навчальний процес кафедри АПОТ ХНУРЕ та використовуються у навчальній дисципліні «Cloud-Fog кіберфізичні системи» для магістрантів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» освітньо-професійної програми «Спеціалізовані комп'ютерні системи» у лекційному матеріалі за темами «Структури секвенсорів для прийняття рішень», «Архітектура взаємодії кіберпростору і процесора для вибору рішення», «Схеми для вибору оптимального рішення при аналізі big data».

 Зав. каф. АПОТ проф. Чумаченко С.В.,

 Доц. каф. АПОТ Шкіля О.С.,

 Доц. каф. АПОТ Філіпенко І.В.