

Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Антіпова Катерина Олександрівна

УДК 65.014+519.816

ДИСЕРТАЦІЯ

**«МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ І ВИБОРУ
СКЛАДНИХ ЛІНІЙНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ
СТРУКТУР В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ»**

Спеціальність 122 – «Комп'ютерні науки»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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



К.О. Антіпова

Науковий керівник Коваленко Ігор Іванович, д.т.н., професор

АНОТАЦІЯ

Антіпова К.О. Моделі та інформаційні технології аналізу і вибору складних лінійно-функціональних організаційних структур в умовах невизначеності. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв, 2020.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-практичної задачі розробки нових моделей та інформаційних технологій аналізу та вибору припустимих за оптимальністю складних лінійно-функціональних організаційних структур в умовах багатокритеріальності, невизначеності та наявності конфліктних експертних суджень.

Всі процеси функціонування сучасного промислового підприємства тісно взаємопов'язані і вимагають чіткого централізованого управління. Основні рішення, що приймаються на рівні керівника підприємства, неможливо організувати без розвинутої інформаційної інфраструктури. Якість інформаційного забезпечення управління — один з важливих факторів, що визначають дієвість прийнятих управлінських рішень. Відсутність налагодженої системи інформаційного забезпечення управління призводить до імовірнісного характеру прийнятих управлінських рішень і, як наслідок, до невисокої ефективності управління. Звідси виникає необхідність оптимізувати канали збору і передачі інформації, щоб забезпечити більш повне задоволення інформаційних потреб керівників і колективу в цілому. Чинні системно-технічні інфраструктури більшості підприємств забезпечують в тій чи іншій мірі тільки окремі види виробничо-господарської, фінансово-економічної діяльності та управління.

Метою дисертаційної роботи є розробка моделей та інформаційних технологій, що дадуть змогу підвищити якість прийняття рішень щодо

вибору припустимих за оптимальністю складних лінійно-функціональних організаційних структур за визначеними критеріями.

Вперше розроблена дескриптивно-аналітична модель СЛФОС, яка відображає особливості функціонування структури, як за вертикальними, так і за горизонтальними зв'язками, що дало змогу сформувати три групи критеріїв аналізу організаційних структур: критерій витрат на утримання структур, критерій якості структур та інформаційний критерій, що враховує інформаційне навантаження менеджерів вищої ланки через канали функціональних зв'язків.

Вперше запропоновані інтервали значень показників критерію якості структур як границі для визначення організаційних структур, припустимих за оптимальністю, що, на відміну від існуючих підходів, оснований на побудові функції корисності як умовного кількісного показника переваги тієї чи іншої альтернативи, дозволяє сформувати множину альтернативних структур з оптимізованими показниками на основі початкової структури з метою отримання підсумкового ранжування альтернатив шляхом комбінування групових експертних свідочств.

Дістали подальший розвиток методи вирішення задачі багатокритеріального вибору альтернатив в ситуації значного конфлікту між групами експертних свідочств на основі математичного апарату теорії правдоподібних та парадоксальних міркувань Дезера-Смарандаке і теорії свідочств Демпстера-Шейфера, які, на відміну від існуючих методів обробки групових багатокритеріальних оцінок, дозволяють моделювати ситуації без обмежень на кількість альтернатив, що порівнюються, без необхідності оцінювання всіх альтернатив та при низькому рівні узгодженості експертних оцінок;

Удосконалено процедуру обчислення цінності інформації повідомлень, якими обмінюються менеджери через канали функціональних зв'язків, за рахунок використання отриманих від учасників комунікації суб'єктивних

оцінок її інформативності та показників важливості властивостей інформації, визначених експертом або групою експертів.

Значущість цього дослідження для розв'язання економічних та соціальних проблем полягає в тому, що аналіз, розвиток та розробка моделей аналізу та вибору організаційних структур для систем управління промисловими підприємствами дасть змогу підвищити якість процесу прийняття рішень щодо реструктуризації, що є актуальною задачею для великих регіональних підприємств.

На практиці прийняття рішень не є можливим без урахування різних суджень спеціалістів та базується на використанні сучасних математичних методів аналізу експертних оцінок. Сучасні тенденції в розвитку інформаційних технологій, необхідність отримання найбільш ефективних результатів аналізу і обробки експертної інформації в умовах багатокритеріальності та багатоальтернативності постійно ускладнюють експертну задачу. Це обумовлює необхідність розробки нових моделей, що дозволяють обробляти експертні оцінки, які характеризуються незбіжними або суперечливими судженнями експертів по багатьом критеріям, враховувати різні засоби взаємодії експертних суджень, та створення на їх основі сучасних інформаційних технологій.

Результати дисертаційної роботи у вигляді моделей та інформаційних технологій вирішення задачі прийняття рішень в умовах невизначеності дають змогу підвищити якість процесу прийняття рішень при виборі оптимальних організаційних структур великих машинобудівних підприємств. Розроблені моделі та інформаційні технології були використані у виробничій діяльності Дирекції з персоналу ДП «Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря»-«Машпроект» (Договір про співробітництво від 17.03.2015).

У вступі дисертаційної роботи визначено актуальність обраної теми, зазначено зв'язок роботи з іншими науковими програмами, планами і темами,

визначено об'єкт і предмет дослідження, мету та задачі дисертаційної роботи, наведено методи дослідження. Також подана анотація одержаних у дисертації результатів, їх наукова новизна і практичне значення, зазначено особистий внесок здобувача, наведено дані про впровадження, апробацію та публікації результатів дисертаційних досліджень.

У першому розділі проведено огляд джерел, які присвячені аналізу і оптимізації загальноприйнятих структур організаційних систем, виділено клас складних лінійно-функціональних структур організаційних систем, які притаманні великим наукомістким підприємствам. Цей клас покладено в основу досліджень дисертаційної роботи. Проведено аналіз сучасних методів оптимізації ієрархічних організаційних структур, який вказав на відсутність комплексного підходу в застосуванні критеріїв оптимізації СЛФОС, що враховує і вертикальні (лінійні), і горизонтальні (функціональні) зв'язки. Була доведена необхідність формування системи критеріїв вибору оптимальних СЛФОС, яка створює основу для постановки і вирішення багатокритеріальної задачі прийняття рішень, і дана загальна характеристика задачі пошуку оптимальних ієрархій.

У другому розділі запропонована описивно-аналітична модель організаційної структури, яка враховує вертикальні (лінійні) та горизонтальні (функціональні) зв'язки. На основі побудованої аналітичної моделі інформаційних потоків в організаційній структурі запропоновано три групи критеріїв, що характеризують витрати на утримання структури, якість її топологічних властивостей та критерій оптимізації, що враховує інформаційне навантаження на елементи структури, що знаходяться на верхніх рівнях ієрархії (топ-менеджер, менеджери вищої ланки). Ця система лягла в основу постановки і вирішення багатокритеріальної задачі прийняття рішень.

У третьому розділі розроблена модель вибору рішень на множині отриманих експертних ранжувань. Також була вирішена задача експертного

оцінювання та наступного вибору ієрархічних організаційних структур, які є припустимими за оптимальністю. Розроблені моделі аналізу експертних оцінок на основі моделі Демпстера-Шейфера і моделі Дезера-Смарандаке. Були використані альтернативні підходи комбінування свідочств в рамках моделі Демпстера-Шейфера на основі кон'юнктивного консенсусу. У рамках гібридної моделі Дезера-Смарандаке було розглянуто метод отримання агрегованої оцінки, який при комбінуванні експертних свідочств використовує класичне правило комбінування Дезера-Смарандаке та правило перерозподілу конфліктів PCR5.

В четвертому розділі розроблені інформаційні технології аналізу та вибору оптимальних організаційних структур в умовах невизначеності на основі розроблених моделей; запропонована структурно-функціональна схема інструментальних засобів реалізації СППР для формування рекомендацій ОПР щодо прийняття рішень на основі розроблених інформаційних технологій, які були реалізовані у вигляді програмних модулів. Також проведена апробація розроблених інформаційних технологій на прикладах організаційних структур великих наукомістких підприємств: машинобудівного, суднобудівного заводів і морського порту, та формування рекомендацій щодо їх реструктуризації. Рекомендації були використані для прийняття рішень щодо вибору оптимальної організаційної структури на наступних чинних підприємствах: машинобудівний завод (із застосуванням правила комбінування свідочств Ягера на основі моделі Демпстера-Шейфера); суднобудівний завод (із застосуванням класичного правила комбінування свідочств Дезера-Смарандаке на основі гібридної моделі Дезера-Смарандаке); морський порт (із застосуванням правила пропорційного перерозподілу конфліктів PCR5 на основі моделі Демпстера-Шейфера).

Ключові слова: витрати на утримання, потоки інформації, організаційні структури, правила перерозподілу конфліктів, теорія Дезера-Смарандаке, теорія Демпстера-Шейфера.

ABSTRACT

Antipova K.O. Models and information technologies for analysis and selection of complex linear functional organizational structures under conditions of uncertainty. – Qualified scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the Doctor of Philosophy degree in specialty 122 Computer Science. – Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, 2020.

The dissertation is devoted to the development of models and information technologies for analysis and selection of complex linear-functional organizational structures in the conditions of multicriteria, uncertainty and conflicting expert judgments.

All the work processes in a modern industrial enterprise are closely interconnected and require strict centralized management. The basic decisions made at the top level cannot be organized without the developed informational infrastructure. The quality of management information is one of the important factors that determine the effectiveness of management decisions. The lack of a well-established informational management system leads to the probabilistic nature of the decisions made and, as a consequence, to low management effectiveness. Hence, there is a need to optimize the channels for collecting and transmitting information to better meet the informational needs of executives and the company's team as a whole.

The developed models and information technologies increase the effectiveness of decision-making process regarding the selection of organizational structures by the following groups of criteria: criteria of structure maintenance costs, criteria of structure quality, informational criteria.

For the first time:

– a descriptive-analytical model of complex linear-functional organizational structures is proposed, which reflects the peculiarities of structure functioning, including its vertical and horizontal links. It enables formulation of three groups of

criteria for analysis of organizational structures: criterion for optimizing the cost of maintaining structures, quality analysis of their topological properties and an information criterion that takes into account the information load of senior managers through functional communication channels;

– intervals for indicators of quality criterion are proposed for defining admissible linear functional organizational structures. In contrast to existing approaches that use the utility function as a conditional quantitative indicator of an alternative's prevalence, the proposed method uses assembled set of alternative structures, based on the initial structure, to obtain final ranking of alternatives by combining group expert judgments.

Improved:

the method for calculating the value of information exchanged by managers through functional links. The proposed method uses subjective assessments of communication informativeness obtained from its participants and indicators of the information properties' importance defined by an expert or a group of experts.

Further developed:

methods for solving the problem of multicriteria selection of alternatives in a situation of significant conflict between groups of expert evidence based on the Dezert-Smarandache theory of plausible and paradoxical reasoning and Dempster-Shafer theory of evidence, which, in contrast to existing methods of processing multicriteria group expert judgments, enable modelling without restrictions on the number of alternatives being compared, without the need to evaluate all alternatives and with a low level of consistency of expert judgments.

The analysis, development and improvement of decision-making models for industrial enterprise management systems increase production efficiency and reduce costs, and are therefore a top priority for large regional enterprises. It also signifies the importance of this study for solving economic and social problems. In practice, decision-making is not possible without taking into account various expert judgments and is based on the use of modern mathematical methods for the

analysis of expert assessments. The current trends in the development of information technology, the need to obtain the most effective analysis results and the processing of expert information in terms of multiple criteria and alternatives constantly complicate the expert task. This necessitates the development of new models and algorithms for processing of expert judgments, characterized by inconsistent or contradictory expert judgments on multiple criteria. It is also necessary to take into account different means of interaction between expert judgments, and the creation of modern information technologies based on them.

The results of the dissertation in the form of models, methods, algorithms and information technology for decision-making under complex uncertainty are used to increase the efficiency of production and reduce the costs of maintaining organizational structures of large machine-building enterprises. The developed models, algorithms and information technology have been used in the working process of HR management of the Gas Turbine Research & Production Complex Zorya-Mashproekt (Cooperation Agreement dated 17.03.2015).

The introduction states the relevance of the chosen topic, indicates the relationship of this work to other scientific programs, plans and topics, defines the object and subject of the research, along with the purpose, objectives and methods of research. An abstract of the results obtained in the dissertation, their scientific novelty and practical significance are given, as well as the personal contribution of the applicant and the information about the implementation, testing and publication of the dissertation results.

The first chapter contains an overview of the sources devoted to the analysis and optimization of conventional structures of organizational systems, as well as the classification of complex linear-functional structures of organizational systems used in large enterprises. This classification is the basis of the research. Furthermore, an analysis of modern optimization methods of hierarchical organizational structures was conducted, which indicated the lack of a comprehensive approach in the application of selection criteria for complex linear

functional organizational structures. The criteria which take into account both vertical (linear) and horizontal (functional) links between employees. Moreover, it was proved necessary to form a system of criteria for the selection of complex linear functional organizational structures. The system serves as the basis for formulating and solving a multicriteria decision-making problem. Finally, a general characteristic of the problem of finding optimal hierarchies was also given.

In the second chapter a descriptive-analytical model of organizational structures is proposed. This model includes vertical (linear) and horizontal (functional) links. Based on the analytical model of information flows in the organizational structure, a system of three groups of criteria is proposed. The groups are as follows: criteria of the structure maintenance costs, criteria of the quality of structure's topological properties and the optimization criteria. The latter takes into account the information load on the elements of the structure located at the top levels of the hierarchy (senior managers). This system serves as the basis for formulating and solving a multicriteria decision-making problem.

The third chapter contains the description of the information technology of decision-making on the set of obtained expert judgments. Algorithms for conducting an expertise and the subsequent selection of optimal hierarchical organizational structures were also proposed. Algorithms for expert assessments analysis have been developed, based on the Dempster-Shafer model and the free Dezert-Smarandache model. Alternative approaches to the combination of assignments using the Dempster-Shafer model based on conjunctive consensus were used. The method of obtaining an aggregated estimate was considered, that uses the classic Dezert-Smarandache combination rule and the PCR5 conflict redistribution rule to combine expert assessments.

The fourth chapter contains the developed information technology for analysis and selection of optimal organizational structures under uncertainty on the basis of the proposed models and algorithms. It also consists of the structural-functional scheme of decision support system implementation which purpose is to

formulate recommendations for the decision-maker based on the proposed information technology. Also the examples of practical application of the information technology are given. The examples illustrate the comparative 3-criteria analysis of three organizational structures of large enterprises: a machine-building plant, a ship-building factory and a seaport. The recommendations for their restructuring were also given. The recommendations were used to describe the application of information technology for selecting the optimal organizational structure at the above mentioned enterprises: Jager's combination rule based on the Dempster-Shafer model for the machine building plant; the classic Dezert-Smarandache combination rule for the shipbuilding factory based on the hybrid model; the proportional conflict redistribution rule (PCR5) based on the Dempster-Shafer model for the seaport.

Key words: conflict redistribution rules, Dempster-Shafer theory, Dezert-Smarandache theory, information flows, maintenance costs, organizational structures.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати:

1. Антипова Е. А., Коваленко И. И., Пугаченко Е. С. Информационная технология оценивания сложных организационных структур управления предприятиями. *Проблемы информационных технологий*. 2015. №1 (017). С. 57-62. ISSN 1998-7005.
2. Системный анализ сложных организационных структур управления предприятиями / Антипова Е. А., Коваленко И. И., Чернов С. К., Чернова Л. С. *Управление развитием сложных систем*. 2015. №22(1). С.61-68. ISSN 2219-5300.
3. Антипова Е. А., Коваленко И. И., Устенко С. А. Выбор решений с применением теории Дезера-Смарандаке в условиях наличия сложных неопределенностей. *Системные технологии*. Днепропетровск, 2015. №5 (100). С.132-139. ISSN 1562-9945.
4. Антипова Е. А., Коваленко И. И., Пугаченко Е. С. Системный анализ сложных линейно-функциональных организационных структур наукоемких предприятий. *Наукові праці ЧНУ ім. Петра Могили. Комп'ютерні технології*. 2016. Вип. 254. Т. 266. С. 16-22. ISSN 2311-1682.
5. Антипова Е. А., Коваленко И. И., Кучара Ю. П. Модель информационных потоков линейно-функциональной организационной структуры управления крупным наукоемким предприятием. *Наукові праці ЧНУ ім. Петра Могили. Комп'ютерні технології*. 2016. Вип. 271. Т. 283. С.43-49. ISSN 2311-1682.
6. Антипова Е. А., Коваленко И. И., Швед А. В. Модели неопределенностей в групповых экспертных суждениях. *Наукові праці ЧНУ ім. Петра Могили. Комп'ютерні технології*. 2017. Вип. 295. Т. 307. С. 54-59. ISSN 2311-1682.

7. Методы системного анализа в задачах морских кластеров: Монография / Е. А. Антипова и др. Херсон : Издательство «Новое слово», 2017. С. 171-207. ISBN 978-966-2046-62-5.
8. Antipova K. O., Davydenko Ye. O., Kovalenko I. I., Shved A. V. Modelling of group expert judgments under conditions of complex uncertainty. *East European Scientific Journal, Warsaw, Poland*. No. 5 (45). pp. 4-10. 2019. ISSN 2468-5380.
9. Theoretical and scientific foundations of engineering: collective monograph / K.O. Antipova and others. International Science Group. Boston : Primedia eLaunch, 2020. P. 34-41. ISBN 978-1-64945-873-5. DOI 10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II.
10. Antipova K., Kovalenko I., Davydenko Y., Shved A. Methodology for the Synthesis of Information Technologies for Ignorance Modeling: the Key Concepts. *Міжнародне електронне видання CEUR Workshop Proceedings*. Vol-2516 urn:nbn:de:0074-2516-4. P. 233-240. ISSN 1613-0073 [Видання включено до МНБ: Scopus].

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

11. Антипова Е.А., Коваленко И.И. Модели информационных потоков в линейно-функциональных организационных структурах управления предприятиями. *Информационные управляющие системы и технологии*: Материалы IV междунар. научно-практ. конф. 22-24 сентября 2015. Одесса : “ВидавІнформ” ОНМА, 2015. С. 317-320.
12. Антипова Е.А., Коваленко И.И. Перераспределение конфликтов для выбора решений в условиях наличия неопределенностей. *Информационные технологии в моделировании*: Материалы всеукраинской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 24-25 марта 2016 г., Николаев : ННУ им. В.А. Сухомлинского, 2016. С. 34-35.

13. Антипова Е.А., Коваленко И.И. Uncertainties in expert judgments. *Стратегії країн причорноморського регіону в геополітичному просторі*: Матеріали міжнародної наукової конференції, 7-10 червня 2018 р., Миколаїв : ЧНУ імені Петра Могили, 2018. С. 41-42.
14. Antipova K. O. Optimal intervals for numerical characteristics of complex organizational structures. *Science and Technology of the Present Time: Priority Development Directions of Ukraine and Poland* : International Multidisciplinary Conference / Wolomin, Republic of Poland, 19–20 October 2018. Volume 2. Wolomin : Izdevnieciba «Baltija Publishing», 2018. P. 94-95. ISBN 978-9934-571-5.
15. Antipova K., Kovalenko I., Davydenko Y., Shved A. Comparative analysis of criteria convolution methods in decision-making. *Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і автоматизація – 2020»*, Одеса, 22-23 жовтня 2020 / Одеська нац. акад. харч. технологій. С. 57-59.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати:

16. Антипова Е. А., Коваленко И. И., Пугаченко Е. С. Анализ топологических свойств линейно-функциональных организационных структур предприятий. *Зб. наук. праць НУК*. 2015. №2. С. 90-95. ISSN 2311-3405.
17. Антипова Е. А., Коваленко И. И., Пугаченко Е. С. Комплексный анализ организационной структуры морского порта. *Зб. наук. праць НУК*. 2015. №6. С. 20-28. ISSN 2311-3405.
18. Антипова Е. А., Коваленко И. И., Устенко С. А. Информационная технология выбора оптимальных линейно-функциональных организационных структур. *Геометричне моделювання та інформаційні технології*. 2017. №1(3). С. 7-13. ISSN 2520-2820 (Online), ISSN 2524-0978 (Print).

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ | 18 |
| ВСТУП..... | 19 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ВИБОРУ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СТРУКТУР..... | 28 |
| 1.1 Загальна характеристика організаційних систем | 28 |
| 1.2 Характеристика організаційних структур..... | 37 |
| 1.3 Порівняльний аналіз організаційних структур..... | 39 |
| 1.4 Аналіз методів та моделей оптимізації лінійно-функціональних організаційних структур | 50 |
| 1.5 Аналіз методів та моделей вибору оптимальних лінійно- функціональних організаційних структур | 56 |
| 1.6 Постановка задач досліджень та розробок | 62 |
| 1.7 Висновки за розділом 1 | 63 |
| РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЬ ТА КРИТЕРІЇ ОПТИМАЛЬНОСТІ СКЛАДНИХ ЛІНІЙНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СТРУКТУР | 64 |
| 2.1 Формалізоване представлення ієрархічних організаційних структур ... | 64 |
| 2.2 Модель складної лінійно-функціональної організаційної структури ... | 68 |
| 2.3 Загальна характеристика задачі пошуку оптимальної ієрархії..... | 73 |
| 2.4 Критерій оцінювання організаційних структур за витратами на їх утримання..... | 78 |
| 2.5 Критерій оцінювання організаційних структур за показниками їх якості..... | 80 |
| 2.6 Критерій оцінювання структур, що визначає функціональне інформаційне навантаження менеджерів вищої ланки..... | 83 |

| | |
|---|------------|
| | 16 |
| 2.7 Висновки за розділом 2..... | 86 |
| РОЗДІЛ 3. МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМИ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ СКЛАДНИХ ЛІНІЙНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СТРУКТУР В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ | 87 |
| 3.1 Моделі невизначеностей, що породжуються різними формами експертних суджень та оцінок | 87 |
| 3.2 Ранжування експертних оцінок організаційних структур із використанням теорії свідочств Демпстера-Шейфера..... | 96 |
| 3.3 Прийняття рішень на множині експертних свідочств із використанням правил перерозподілу конфліктів..... | 104 |
| 3.4 Ранжування експертних оцінок організаційних структур в умовах наявності складних невизначеностей на основі теорії правдоподібних і парадоксальних міркувань Дезера-Смарандаке | 109 |
| 3.6 Висновки за розділом 3..... | 115 |
| РОЗДІЛ 4. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ ТА ВИБОРУ СКЛАДНИХ ЛІНІЙНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СТРУКТУР..... | 116 |
| 4.1 Інформаційні технології аналізу та вибору складних лінійно-функціональних організаційних структур на основі критеріїв їх оптимізації..... | 116 |
| 4.2 Архітектура та задачі системи підтримки прийняття рішень щодо вибору СЛФОС..... | 119 |
| 4.3 Визначення границь оптимальності організаційних структур на прикладі практичного застосування інформаційної технології аналізу СЛФОС..... | 122 |
| 4.4 Побудова аналітичної моделі інформаційних потоків на прикладі організаційних структур трьох підприємств | 128 |

| | |
|--|-----|
| 4.5 Приклад застосування алгоритму вибору оптимальної організаційної структури машинобудівного заводу із використанням теорії Демпстера-Шейфера..... | 136 |
| 4.6 Приклад застосування алгоритму вибору оптимальної організаційної структури суднобудівного заводу із використанням теорії Дезера-Смарандаке | 140 |
| 4.7 Приклад застосування алгоритму вибору оптимальної організаційної структури морського порту із використанням методів перерозподілу конфліктів | 142 |
| 4.8 Висновки за розділом 4..... | 146 |
| ВИСНОВКИ..... | 147 |
| Список використаних джерел | 150 |
| Додаток А Список публікацій здобувача за темою дисертації..... | 165 |
| Додаток Б Проектування СППР..... | 171 |
| Додаток В Організаційні структури підприємств..... | 183 |
| Додаток Г Акти впровадження та використання результатів дисертаційної роботи | 187 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

| | |
|-------|---|
| ВС | вироджена структура |
| ЛС | лінійна структура |
| МАІ | метод аналізу ієрархій |
| МAM | метод аналітичних мереж |
| МС | матрична структура |
| ОПР | особа, що приймає рішення |
| ОС | організаційна система |
| СЛФОС | складна лінійно-функціональна організаційна структура |
| СППР | система підтримки прийняття рішень |
| ТДС | теорія Дезера-Смарандаке |
| ТДШ | теорія Демпстера-Шейфера |

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Організаційні структури сучасних великих підприємств є загалом складними лінійно-функціональними організаційними структурами (СЛФОС), які мають багаторівневу структуру управління, велику кількість працівників та підрозділів (відділів, цехів тощо). В умовах ринкової економіки, що характеризується динамічним зовнішнім середовищем (зміна законодавства, конкуренція тощо), виникає необхідність внесення змін до чинних організаційних структур підприємств.

Така реструктуризація може бути здійснена тільки після проведення аналізу, комплексного оцінювання та прийняття рішень щодо вибору припустимих за оптимальністю СЛФОС з точки зору їхньої відповідності тим задачам, які встановлені перед підприємствами. Для цього є доречним використання системного підходу, який дає можливість враховувати різноманіття критеріїв, що характеризують діяльність підприємства — енергетичні, економічні, екологічні, споживчі, організаційні, нормативно-правові та інші ознаки і фактори, що характеризують діяльність підприємства в цілому.

Значний внесок в теорію і практику аналізу та управління організаційними структурами, їхню оптимізацію, прийняття рішень щодо вибору оптимальних структур зробили іноземні та вітчизняні вчені: Бурков В.Н., Губко М.В., Воронін О.О., Новіков Д.О., Дилигенський М.В., Т. Сааті, Ларічев О.І., Шейнін Р.Л., Ногін В.Д., Подиновський В.В., Авсент'єв О.О. та ін.

Важливою складовою економічної стабільності промислових підприємств є удосконалення управління, в тому числі застосування сучасних економіко-математичних методів та обчислювальної техніки для вирішення задач управління. Навіть передові підприємства, які мають найбільш кваліфікований управлінський персонал, не відповідають сучасним

ринковим відносинам без розвинутої інформаційно-керуючої системи та всіх її підсистем.

Розробка і впровадження комп'ютерної підтримки прийняття рішень в системі управління промисловими підприємствами призводить до виникнення необхідності створення математичних моделей прийняття рішень, які дозволяють комплексно аналізувати проблемні ситуації конкретної предметної області, що є характерними для складних виробничих систем. Вирішення проблеми оптимізації процесів управління виробництвом потребує розробки моделей, які адекватно враховують сукупний вплив великої кількості факторів на управлінські рішення.

Всі процеси функціонування сучасного промислового підприємства тісно взаємопов'язані і вимагають чіткого централізованого управління. Основні рішення, що приймаються на рівні керівника підприємства, неможливо організувати без розвинутої інформаційної інфраструктури. Якість інформаційного забезпечення управління — один з важливих факторів, що визначають дієвість прийнятих управлінських рішень. Відсутність налагодженої системи інформаційного забезпечення управління призводить до імовірнісного характеру прийнятих управлінських рішень і, як наслідок, до невисокої ефективності управління. Звідси виникає необхідність оптимізувати канали збору і передачі інформації, щоб забезпечити більш повне задоволення інформаційних потреб керівників і колективу в цілому. Чинні системно-технічні інфраструктури більшості підприємств забезпечують в тій чи іншій мірі тільки окремі види виробничо-господарської, фінансово-економічної діяльності та управління.

На практиці прийняття рішень не є можливим без урахування різних суджень спеціалістів та базується на використанні сучасних математичних методів аналізу експертних оцінок. Сучасні тенденції в розвитку інформаційних технологій, необхідність отримання найбільш ефективних результатів аналізу і обробки експертної інформації в умовах

багатокритеріальності та багатоальтернативності постійно ускладнюють експертну задачу. Це обумовлює необхідність розробки нових моделей, що дозволяють обробляти експертні оцінки, які характеризуються розбіжними або суперечливими судженнями експертів за багатьма критеріями, враховувати різні засоби взаємодії експертних суджень, та створення на їх основі сучасних інформаційних технологій.

Інтелектуальні технології спрямовані на вирішення творчих завдань, а завдання такого класу завжди вирішуються в умовах суперечливості, неповноти, неточності, нечіткості початкових даних, відносин між ними, операцій їх обробки. Однією з основних проблем створення сучасних інтелектуальних систем є використання НЕ-факторів в моделюванні відповідних предметних і проблемних галузей знань. На практиці виникають ситуації, в яких одночасно існують різні форми незнання, наприклад, комбінація невизначеності та нечіткості.

Це обумовлено тим, що судження експертів відносно проблеми, яка розглядається, можуть взаємодіяти між собою відносно тієї інформації, яку вони можуть дати про множину початкових даних об'єкту. Такі комбінації НЕ-факторів можуть бути промодельовані методами теорії свідочств Демпстера-Шейфера та теорії правдоподібних і парадоксальних міркувань Дезера-Смарандаке, які будуть докладно розглядатися в цій роботі.

Значний внесок у розробку і практику застосування теорії свідочств та її модифікацій зробили наступні вчені: Ж. Дезер, Ф. Смарандаке, А. Демпстер, Г. Шейфер, Л. Заде, Р. Ягер, М. Бекман, М. Бейнон, О. Ужга-Ребров, Ф. Сметс, Л. Жанг.

Значущість цього дослідження для розв'язання економічних проблем полягає в тому, що аналіз та розробка моделей прийняття рішень для систем управління промисловими підприємствами забезпечить змогу підвищити ефективність виробництва та зменшити витрати, тому є актуальною задачею для великих регіональних підприємств.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Зміст роботи, її основні задачі відповідають державним науково-технічним програмам, що сформульовані в Законі України «Про науково-технічну діяльність», пріоритетним напрямом розвитку науки і техніки на період до 2020 року, сформульованим в Законі України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки». Дисертаційне дослідження виконано в рамках тематичних планів науково-дослідних робіт Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. Робота виконана відповідно з тематикою кафедри «Програмне забезпечення автоматизованих систем», в рамках теми «Розробка автоматизованої системи графодинамічного моделювання структур організаційних систем» (ДР №0113U008450), а також теми «Розробка системи підтримки прийняття рішень в проектах реструктуризації організаційних систем в умовах складної невизначеності» (ДР №0116U005860). Дослідження проводилося в рамках спільної науково-дослідної роботи між Національним університетом кораблебудування імені адмірала Макарова та Державним підприємством «Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря»-«Машпроект» на тему: «Розробка програмної системи аналізу та оцінювання ефективності лінійно-функціональних організаційних структур підприємств» згідно з Договором про творче співробітництво №2002 від 17.03.2015 р.

Об'єктом дослідження є складні лінійно-функціональні організаційні структури управління підприємством.

Предметом дослідження є моделі та інформаційні технології аналізу і вибору СЛФОС, припустимих за оптимальністю.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка моделей та інформаційних технологій, що дадуть змогу підвищити якість прийняття рішень щодо вибору СЛФОС, припустимих за оптимальністю, за визначеними критеріями. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

1. Провести аналіз загальноприйнятих організаційних структур і методів їх оптимізації. Визначити основні проблеми, що виникають при вирішенні задач пошуку оптимальних ієрархій.
2. Розробити дескриптивно-аналітичну модель, що характеризує види і форми інформаційних потоків у СЛФОС та враховує вертикальні (лінійні) і горизонтальні (функціональні) інформаційні зв'язки в таких структурах.
3. Сформувати сукупність критеріїв пошуку припустимих за оптимальністю СЛФОС, які враховують лінійні та функціональні зв'язки.
4. Розробити моделі із застосуванням сучасних методів управління невизначеностями (теорія Демпстера-Шейфера, теорія Дезера-Смарандаке) для вирішення задачі багатокритеріального вибору СЛФОС, припустимих за оптимальністю, на основі математичних моделей, які описують різні форми представлення групових експертних оцінок.
5. Розробити інформаційні технології аналізу та вибору СЛФОС, припустимих за оптимальністю, за критерієм витрат на утримання, критерієм топологічних властивостей та критерієм інформації, яка проходить через канали зв'язку елементів структури.
6. Розробити систему підтримки прийняття рішень для вирішення задач реструктуризації СЛФОС наукомістких підприємств.
7. Провести апробацію запропонованих інформаційних технологій на прикладі організаційних структур управління великими наукомісткими комплексами: машинобудівним і суднобудівним заводами та морським портом.

Методи дослідження. Досягнення мети дисертаційної роботи ґрунтується на використанні наступних методів:

- методи теорії управління організаційними структурами — для аналізу організаційних механізмів управління діяльністю організації та класифікації організаційних структур;
- методи вирішення задач пошуку оптимальних ієрархічних структур;
- методи теорії систем, теорії графів та системного аналізу — для побудови моделі СЛФОС;
- методи теорії прийняття рішень — для формування підсумкового ранжування експертних оцінок в процесі вибору оптимальної СЛФОС;
- методи аналізу та управління інформаційними потоками із застосуванням теорії випадкових процесів — для оцінки інформаційного навантаження менеджерів структури;
- методи теорій Демпстера-Шейфера та Дезера-Смарандаке, правила пропорційного перерозподілу конфліктів – для ранжування альтернатив в ситуації значного конфлікту між групами експертних свідоцтв.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- *вперше* розроблена дескриптивно-аналітична модель СЛФОС, яка відображає особливості функціонування структури, як за вертикальними, так і за горизонтальними зв'язками, що дало змогу сформувати три групи критеріїв аналізу організаційних структур: критерій оптимізації витрат на утримання структур, критерій якості структур та інформаційний критерій, що враховує інформаційне навантаження менеджерів вищої ланки через канали функціональних зв'язків;
- *вперше* запропоновані інтервали значень показників критерію якості структур як границі для визначення організаційних структур, припустимих за оптимальністю, що, на відміну від існуючих підходів, оснований на побудові функції корисності як умовного кількісного показника переваги тієї чи іншої альтернативи, дозволяє сформувати множину альтернативних структур з оптимізованими показниками на

основі початкової структури з метою отримання підсумкового ранжування альтернатив шляхом комбінування групових експертних свідоцтв;

- *дістали подальший розвиток* методи вирішення задачі багатокритеріального вибору альтернатив в ситуації значного конфлікту між групами експертних свідоцтв на основі математичного апарату теорії правдоподібних та парадоксальних міркувань Дезера-Смарандаке і теорії свідоцтв Демпстера-Шейфера, які на відміну від існуючих методів обробки групових багатокритеріальних оцінок, дозволяє моделювати ситуації без обмежень на кількість альтернатив, що порівнюються, без необхідності оцінювання всіх альтернатив та при низькому рівні узгодженості експертних оцінок;
- *удосконалено* процедуру обчислення цінності інформації повідомлень, якими обмінюються менеджери через канали функціональних зв'язків, за рахунок використання отриманих від учасників комунікації суб'єктивних оцінок її інформативності та показників важливості властивостей інформації, визначених експертом або групою експертів.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані наукові результати дисертаційної роботи у вигляді моделей та інформаційних технологій підвищують якість процесу прийняття рішень в умовах невизначеності та високого рівня конфліктності між експертними свідоцтвами в задачах вибору оптимальних організаційних структур великих наукомістких підприємств.

Розроблені моделі та інформаційні технології були використані у виробничій діяльності Дирекції з персоналу ДП «Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря»-«Машпроект» (Акт про використання результатів на основі Договору про співробітництво №2002 від 17.03.2015). Результати дисертаційного дослідження використовуються у навчальному процесі кафедри інженерії програмного забезпечення Чорноморського

національного університету імені Петра Могили при викладанні навчальних дисциплін «Моделі і методи сценарного аналізу», «Ситуаційне моделювання та управління».

Особистий внесок здобувача. Усі наукові положення, теоретичні і практичні результати, що наведені в дисертації, отримані здобувачем особисто. У спільних публікаціях автору належить: аналіз організаційних структур машинобудівного [47] та суднобудівного [48,59] заводів і морського порту [49]; оцінювання проведеної реструктуризації підприємств [54,55]; побудова аналітичної моделі інформаційних потоків для оцінки їхніх кількісних та якісних характеристик [56]; аналіз недоліків існуючих методів визначення цінності інформації [57]; аналіз потоків даних, що передаються через функціональні зв'язки на верхніх рівнях ієрархії організаційних структур із застосуванням методу визначення цінності інформації повідомлень [119]; аналіз результатів моделювання складних невизначеностей із застосуванням теорії правдоподібних і парадоксальних міркувань [51,53], аналіз результатів моделювання різних форм незнання, породжених комбінаціями невизначеності та неточності, невизначеності та неповноти [61,62]; порівняльний аналіз методів перерозподілу конфліктів [121]; аналіз найбільш розповсюджених типів незнання та методів їх моделювання [120]; розробка структури інформаційних технологій [60]; аналіз недоліків існуючих методів згортки критеріїв [113]; формування границь оптимальності для часткових критеріїв аналізу організаційних структур [114].

Апробація результатів дисертації. Результати роботи були представлені на 6 конференціях: IV міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні управляючі системи та технології» (22-24 вересня 2015 р., м. Одеса), всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Інформаційні технології в моделюванні» (24-25 березня 2016 р., м. Миколаїв), міжнародній науковій конференції «Стратегії країн причорноморського регіону в геополітичному просторі» (7-

10 червня 2018 р., м. Миколаїв), International Multidisciplinary Conference «Science and Technology of the Present Time: Priority Development Directions of Ukraine and Poland» (19–20 October 2018, Wolomin, Republic of Poland), 1st International Workshop on Information-Communication Technologies & Embedded Systems (14-15 November 2019, Mykolaiv), XIII Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології і автоматизація – 2020» (22-23 жовтня 2020, Одеса).

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків та 4 додатків. Обсяг загального тексту дисертації складає 190 сторінок, з них основного тексту 132 сторінки. Робота ілюстрована 57 таблицями та 38 рисунками. Список використаних джерел містить 134 найменування.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ВИБОРУ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СТРУКТУР

1.1 Загальна характеристика організаційних систем

Організаційні системи управління привертають увагу дослідників, які працюють у багатьох сферах науки – економіці, соціології, організації управління, математичному моделюванні, обробці експериментальних даних тощо. Основою організаційних систем є поняття «організація» як об'єднання людей, які спільно реалізують деяку програму або мету, і що характеризується внутрішньою впорядкованістю і узгодженістю дій.

Робота [72] визначає ОС як об'єднання людей, які спільно реалізують деяку програму або ціль та діють на основі визначених процедур і правил, тобто механізмів функціонування та управління. При цьому під механізмами функціонування розуміється сукупність правил, законів та процедур, що регламентують взаємодію учасників ОС. В ОС можна виділити систему управління та об'єкт управління.

Об'єктом управління є працівники організації та їхня діяльність, яка здійснюється для досягнення цілей ОС. Може бути введено поняття структури об'єкту управління як сукупності його елементів та множини зв'язків між ними.

Під системою управління мається на увазі сукупність засобів, що знаходяться у розпорядженні даної організаційної системи, для реалізації процесів управління, що орієнтовані на досягнення цілей системою. Найважливішим серед цих засобів є апарат управління — сукупність працівників, які безпосередньо спеціалізуються на виконанні функцій управління, їхньому забезпеченні та обслуговуванні.

Організаційна структура підприємства — це особливе, впорядковане розташування елементів, частин комерційного підприємства. Завдання організаційної структури — забезпечити зрозумілі в будь-який момент часу і

раціональні для потреб комерційного і виробничого процесу розташування, склад ресурсів підприємства.

Основні системні принципи, які зазначаються в теорії систем [9,13]:

- цілісність - властивості системи не зводяться до суми властивостей складових її елементів і не виводяться з останніх властивостей цілого;
- структурність - можливість опису системи через встановлення її структури, тобто обумовленість поведінки системи не стільки поведінкою її окремих елементів, скільки властивостями її структури;
- взаємозалежність структури і середовища - система формує і проявляє свої властивості в процесі взаємодії з середовищем, а також є активним елементом взаємодії;
- ієрархічність - кожен елемент системи в свою чергу може розглядатися як система, а досліджувана система є одним з елементів більш широкої, глобальної системи.

Стосовно організаційних систем механізм функціонування — це сукупність правил, законів і процедур, що регламентують взаємодію учасників організаційної системи; механізм управління — сукупність процедур прийняття управлінських рішень. Моделювання — метод дослідження, що полягає в побудові та аналізі моделей — аналогів досліджуваних об'єктів. За допомогою адекватної моделі можна проаналізувати реакції керованої системи (етап аналізу) та вибрати (на етапі синтезу) і використовувати на практиці той керуючий вплив, який призводить до необхідної реакції.

Наявність моделей і механізмів управління є корисним як з точки зору керуючого органу — тому що дозволяє передбачити поведінку керованих суб'єктів, так і з точки зору керованих суб'єктів — тому що поведінка керуючого органа стає передбачуваною. Тобто зниження невизначеності за рахунок використання механізмів управління є однією із істотних властивостей будь-якої організації як соціального інституту [87].

З точки зору системного аналізу будь-яка система задається переліком її складу, структури та функцій. Модель організаційної системи визначається заданням:

- складу ОС (учасників, що входять в ОС, тобто її елементів);
- структури ОС (сукупності інформаційних, керуючих, технологічних та інших зв'язків між учасниками ОС);
- множин допустимих стратегій (обмежень і норм діяльності) учасників ОС, які відображають, в тому числі, інституційні, технологічні та інші обмеження і норми їх спільної діяльності;
- переваг учасників ОС;
- інформованості (інформації про істотні параметри, якою володіють учасники ОС на момент прийняття рішень щодо стратегій, що обираються);
- порядку функціонування (послідовності отримання інформації та вибору стратегій учасниками ОС).

Предметом теорії управління організаційними системами є розробка організаційних механізмів управління діяльністю організації. Задача управління ОС формально може бути сформульована наступним чином: знайти допустиме управління, що має максимальну ефективність (оптимальне управління). До основних задач управління ОС автори робіт [9,87] відносять наступні:

- управління складом стосується питання, кого треба найняти, кого звільнити, а також задачі підготовки персоналу;
- управління структурою вирішується паралельно з управлінням складом, виконує розподіл функцій між учасниками системи та створює ієрархію підпорядкування;
- інституційне управління полягає в обмеженні можливих дій та результатів діяльності організації на основі правових актів, наказів тощо;

- мотиваційне управління полягає у створенні та впровадженні системи заохочень і штрафів для досягнення певних результатів діяльності;
- інформаційне управління (управління інформацією, якою володіють учасники ОС на момент прийняття рішення). Окремими випадками інформаційного управління є інформаційне регулювання, активний прогноз;
- управління порядком функціонування (управління послідовністю отримання інформації вибору стратегій учасниками системи).

В інформаційному управлінні було запропоновано розрізняти наступні його види (основою для класифікації є об'єкти та суб'єкти, інформація про яких повідомляється) [86]:

- інформаційне регулювання – цілеспрямований вплив на інформацію про стан природи;
- рефлексивне управління – цілеспрямований вплив на інформацію про моделі прийняття суб'єктами рішень;
- активний прогноз – цілеспрямоване повідомлення інформації про майбутні значення параметрів, що залежать від стану природи та дій суб'єктів (у тому числі – в якості цих параметрів можуть виступати результати діяльності агентів, їхні дії або значення їх цільових функцій).

Розглянуті задачі управління ОС реалізуються в рамках певних технологій, під якими розуміються сукупність методів, операцій, прийомів тощо, послідовне виконання яких забезпечує вирішення поставленої задачі.

Форми управління. Виділяють різні форми управління як основи для класифікації. В залежності від структури системи управління можна виділити:

- ієрархічне управління (система управління має ієрархічну структуру, причому у кожного підлеглого є один і тільки один начальник);

- розподілене управління (у одного підлеглого може бути декілька начальників; приклад – матричні структури управління);
- мережеве управління (різні функції управління в різні моменти часу можуть виконуватися різними елементами системи).

В залежності від кількості суб'єктів під управлінням можна виділити:

- індивідуальне управління (управління одним суб'єктом);
- колективне управління (управління групою суб'єктів за результатами їх сумісної діяльності).

В залежності від того, чи залежить управління від індивідуальних особливостей суб'єкта під управлінням, можна виділити:

- уніфіковане управління (одні й тіж самі механізми управління застосовуються до групи суб'єктів, що є загалом різними);
- персоніфіковане управління (управління залежить від індивідуальних особливостей суб'єкта під управлінням).

Функції управління. Виділяють чотири основні функції управління: планування, організація, стимулювання і контроль. Неперервна послідовність реалізації цих функцій складає цикл управлінської діяльності.

Наведені чотири функції управління є загальними для процесного і проектного управління та відповідають структурним компонентам діяльності.

У процесному управлінні виділяють наступні основні функції: планування, організація, мотивація (стимулювання) і контроль.

У проектному управлінні виділяють наступні фази життєвого циклу проекту:

- початкова фаза (концепція): збір даних та аналіз існуючого стану; визначення цілей задач, критеріїв, вимог і обмежень (зовнішніх та внутрішніх) проекту, експертиза основних положень, затвердження концепції проекту;

- фаза розробки: формування команди, розвиток концепції та основного змісту проекту, структурне планування, організація та проведення торгів, укладання договорів і субдоговорів з основними виконавцями, представлення проектної розробки і її схвалення;
- фаза реалізації проекту: застосування розробленої на попередніх фазах системи управління проектами, організація виконання робіт, застосування системи мотивації та стимулювання виконавців, оперативне планування, управління матеріально-технічним забезпеченням, оперативне управління;
- завершальна фаза: планування процесу завершення проекту, перевірка і випробування результатів реалізації проекту, підготовка персоналу для експлуатації результатів реалізації проекту, здавання замовнику, реалізація решти ресурсів, оцінка результатів і підведення підсумків, розформування команди проекту.

Виходячи з цих фаз, можна вважати основними відповідні їм функції планування, організації, стимулювання і контролю (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Типи та функції управління

| Типи управління | Функції управління | | | |
|------------------------|---------------------------|-------------|--------------|------------|
| Процесне управління | планування | організація | стимулювання | контроль |
| Проектне управління | концепція | розробка | реалізація | завершення |
| Компоненти діяльності | цілі | технологія | мотиви | результати |

Таким чином, можна виділити наступні загальні функції управління: планування, організація, стимулювання і контроль.

Отже, вище наведене формулювання задачі управління в загальному вигляді. Для того щоб зрозуміти, як ця задача ставиться і вирішується у кожному конкретному випадку, розглянемо зміст загальної технології вирішення задач управління ОС (рис. 1.1), що запропонована в роботі [9]:

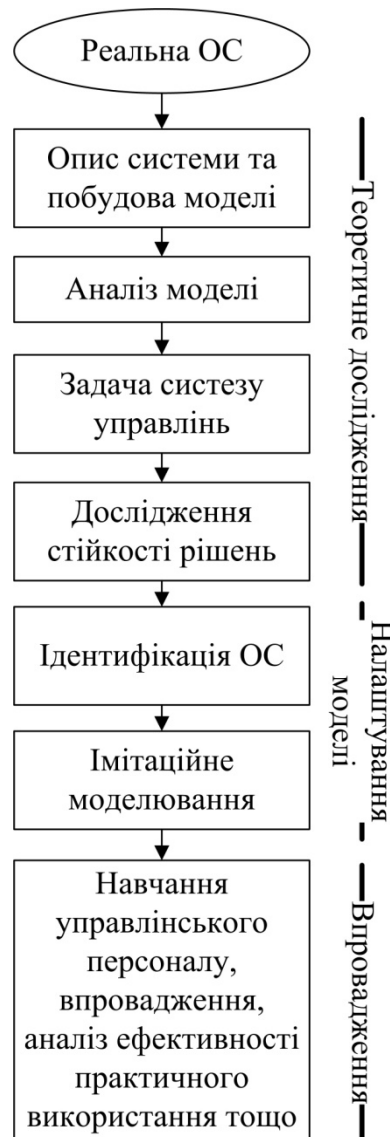


Рисунок 1.1 – Технологія управління ОС

1) теоретичне дослідження:

- а) побудова моделі та формалізований опис реальної ОС, тобто задання складу та структури ОС, цільових функцій та множин припустимих стратегій учасників системи;
- б) аналіз моделі ОС за допомогою дослідження поведінки учасників за різних механізмів управління;
- в) вирішення задачі синтезу оптимальних управлінських впливів, що полягає у пошуку припустимих управлінь, які мають максимальну ефективність. Критерієм ефективності управління є значення (максимальне або граничне) цільової функції органу управління;

- г) дослідження стійкості отриманого набору рішень задачі управління, тобто дослідження залежності оптимальних рішень від параметрів моделі, а також визначення адекватності моделі реальній системі;
- 2) налаштування моделі:
- а) ідентифікація ОС, початковими даними для якої є узагальнені рішення, які обмежені інформацією про реальну систему;
 - б) імітаційне моделювання дає змогу отримати та оцінити рішення, тобто дає інформацію про адекватність моделі ОС без проведення натурального експерименту;
- 3) впровадження: навчання управлінського персоналу, впровадження у реальну ОС розроблених на попередніх етапах механізмів управління з наступною оцінкою ефективності їх практичного використання.

Розгляд загального змісту технології вирішення задач управління ОС вказує на особливе місце, що займають в ній процедури побудови та аналізу моделей системи, що насамперед пов'язано зі складністю моделювання оптимальних організаційних структур.

Управління ОС, яке розуміється як вплив на систему під управлінням з метою забезпечення необхідної поведінки, може позначитися на кожному з наступних шести параметрів її моделі: управління складом, управління структурою, інституціональне управління, мотиваційне управління, інформаційне управління, управління порядком функціонування.

Таким чином, першою основою системи класифікацій механізмів управління ОС (процедур прийняття управлінських рішень) є предмет управління – компонент ОС, що змінюється в процесі та результаті управління. Отже, вище класифікація управлінь будувалася на основі тих компонентів системи під управлінням (точніше, її моделі), на які здійснюється вплив при використанні управлінь тих чи інших типів: склад, структура, припустимі множини, цільові функції та інформованість. Звісно, що зміни можуть і повинні стосуватися в загальному випадку усіх

перерахованих параметрів, та пошук оптимального управління полягає у визначенні найбільш ефективної припустимої комбінації усіх параметрів ОС.

Управління організаційними системами може також бути класифіковано наступним чином:

- динамічні ОС (учасники яких приймають рішення багаторазово – предмет управління «порядок функціонування»);
- багатоелементні ОС (які мають декілька агентів, що приймають рішення одночасно і незалежно, – предмет управління «склад»);
- багаторівневі ОС (що мають трьох- і більш рівневу ієрархічну структуру – предмет управління «структура»);
- ОС з розподіленим контролем (які мають декілька центрів, що здійснюють управління одними й тіж самими агентами – предмет управління «структура»);
- ОС з невизначеністю (учасники яких не повністю інформовані про суттєві параметри – предмет управління «інформованість»);
- ОС з обмеженнями сумісної діяльності (які мають глобальні обмеження на спільний вибір агентами своїх дій – предмет управління «множини припустимих стратегій»);
- ОС з передачею інформації (одною з дій її агентів є передача інформації один одному та/або центру – предмет управління «множини припустимих стратегій»).

Ще однією основою системи класифікацій є метод моделювання. За цією основою можна виділити механізми управління, що ґрунтуються на оптимізаційних [11] і теоретико-ігрових моделях [26].

Механізми, що ґрунтуються на оптимізаційних моделях, у свою чергу поділяються на механізми, які використовують апарат: теорії ймовірності (у тому числі теорія надійності, теорія масового обслуговування, теорія статистичних рішень), теорії оптимізації – лінійне та нелінійне (а також стохастичне, ціле динамічне тощо) програмування, диференціальних рівнянь,

оптимального управління; дискретної математики – загалом теорія графів (транспортна задача, задача про призначення, вибір найкоротшого шляху, календарно-мережеве планування та управління, задачі про розміщення, розподілення ресурсів на мережах тощо).

Механізми, що ґрунтуються на теоретико-ігрових моделях у свою чергу поділяються на механізми, які використовують апарат: некооперативних та кооперативних ігор, повторюваних, ієрархічних та рефлексивних ігор.

1.2 Характеристика організаційних структур

Виходячи з того, що задача управління організаційними структурами є однією з найголовніших в плані загального управління організаційними системами, надамо загальну характеристику таких структур [45,59].

Під організаційною структурою управління найчастіше розуміють організаційну структуру відповідного апарату управління. Згідно з роботою [112], організаційна структура управління визначається як «взаємовідносини підрозділів та посад в організації, розподіл ролей, повноважень та відповідальності між ними, а також порядок функціонально-технологічних зв'язків, що виникають в процесах управління».

Організаційна структура управління організацією — упорядкована сукупність взаємопов'язаних елементів, що знаходяться між собою в стійких відносинах, що забезпечують їх розвиток і функціонування як єдиного цілого. В рамках структури протікає управлінський процес, між учасниками якого розподілені функції і завдання управління. З цієї позиції організаційна структура – це форма поділу і кооперації управлінської діяльності, в рамках якої відбувається процес управління, направлений на досягнення цілей організації. Структура управління включає в себе всі цілі, розподілені між різними ланками, зв'язку між якими забезпечують координацію по їх виконанню. Завдання організаційної структури — забезпечити зрозумілі в

будь-який момент часу і раціональні для потреб комерційного і виробничого процесу розташування, склад ресурсів підприємства.

Елементи організаційної структури:

- працівник управління – людина, яка виконує певну функцію управління;
- орган управління – група працівників, пов'язаних певними відносинами, що складається з первинних груп;
- первинна група – колектив працівників управління, у якого є загальний керівник, але немає підлеглих.

Зв'язки в структурі управління:

- горизонтальні — носять характер узгодження і є, як правило, однорівневими;
- вертикальні — зв'язки підпорядкування, виникають при наявності декількох рівнів управління;
- лінійні зв'язки означають підпорядкування лінійним керівникам, тобто з усіх питань управління;
- функціональні — мають місце при підпорядкуванні по певній групі проблем функціональному керівнику.

Принципи формування організаційних структур:

- структура управління повинна відображати мету і завдання фірми, бути підлеглою виробництву і змінюватися разом з ним;
- повинна відображати функціональний розподіл праці і обсяг повноважень працівників управління; останні визначаються політикою, процедурами, правилами і посадовими інструкціями і розширюються, як правило, в напрямку більш високих рівнів управління;
- повноваження керівників обмежуються факторами зовнішнього середовища, рівнем культури та ціннісними орієнтаціями, прийнятими традиціями і нормами;

- важливе значення має реалізація принципу відповідності між функціями і повноваженнями, з одного боку, кваліфікацією і рівнем культури – з іншого.

Серед організаційних структур є формальні та неформальні. Формальна структура – це структура, обрана і встановлена вищим менеджментом шляхом відповідних організаційних заходів, наказів, розподілу повноважень, правових норм та ін. Неформальна структура не підвладна наказам і розпорядженням. Вона виникає на основі взаємин членів колективу, єдності або протиріч їхніх поглядів, інтересів, цілей тощо. Неформальна структура є відображенням міжособистісних відносин в рамках формальної структури.

1.3 Порівняльний аналіз організаційних структур

Під організаційною структурою розуміють або структуру процесу організації як сукупність тимчасових, причинно-наслідкових та інших зв'язків між його етапами, або структуру організаційної системи. Загальноприйнятним є останнє визначення, тому під організаційною структурою мають на увазі саме структуру організаційної системи [87]. В цій же роботі у якості типових структур виділяють наступні [45,59]:

- вироджена (ВС, відсутні зв'язки між учасниками);
- лінійна (ЛС, кожен учасник підпорядковується одному учаснику більш високої ієрархії);
- матрична (МС, деякі учасники можуть підпорядковуватися декільком учасникам, що знаходяться на різних рівнях ієрархії).

Існують й інші, більш-менш детальні, класифікації за таких підстав декомпозиції, як: цілі, функції, територіальне положення, продуктова спеціалізація тощо. Наприклад, вирізняються наступні види організаційних структур: ієрархічна (створюється за допомогою декомпозиції мети організації на цілі, підцілі тощо), функціональна (декомпозиція здійснюється на підставі функцій – дослідження, виробництво, маркетинг тощо), дивізіонні

(дивізіони (філії) виділяються або за сферою діяльності, або географічно). Будь яка із структур ОС може належати до однієї з типових: ВС, ЛС або МС.

Якщо наведені типові структури відображають статичні характеристики ОС, то для опису їхньої зміни у часі вводиться поняття мережевої структури, в якій потенційно існують зв'язки між всіма учасниками, деякі з яких актуалізуються, створюючи з ВС лінійну або матричну, на час вирішення задачі системою, а потім руйнуються, поки не з'являться нові задачі. Інакше кажучи, мережева структура – це набір рівноправних агентів, у якому можуть виникати тимчасові ієрархічні та інші структури, що визначаються задачами, які вирішує система. Різноманітність вирішуваних задач створює у виродженій структурі організаційні системи як тимчасові ієрархії.

Таким чином, тип структури ОС залежить від часу спостереження: на великих часових відрізках ОС може розглядатися як мережа, на малих — як така, що має одну з типових структур — ВС, ЛС або МС.

З точки зору ієрархічності ЛС є повністю ієрархічною, у ВС ієрархічність відсутня, а між ними знаходиться МС, у якій присутня як ієрархія, так і розосередженість. З точки зору кількості постійних зв'язків ВС має найменшу кількість, МС — найбільшу. МС може розглядатися як накладання деяких ЛС одна на одну. Ефективність й трансформація структур обумовлена зовнішніми та внутрішніми умовами функціонування ОС [87]. Зовнішніми умовами є вимоги, які зовнішнє середовище висуває до ОС, – норми, нормативи, обмеження, очікування, характеристики ринку, соціальне замовлення тощо. Внутрішні умови в першу чергу характеризуються організаційними видатками, які залежать від умов взаємодії учасників ОС (витрати на їхню взаємодію, а також на організацію й координацію цієї взаємодії – кількість зв'язків, інформаційне навантаження тощо).

У загальному випадку задача управління структурою ОС формулюється як задача пошуку структури чи набору структур, яка б

мінімізувала організаційні видатки (чи максимізувала деяку функціональність, яка може відобразити в агрегованому виді вподобання учасників ОС та/або інших суб'єктів) при обмеженні відповідності системи зовнішнім вимогам.

В роботі [87] розглянуто два припущення щодо ефективності типових структур. Перше припущення упорядковує три типові структури за «складністю», яка може визначатися як кількість зв'язків між елементами ОС. Вважається, що ВС є найбільш «простою», МС — найбільш «складною», а ЛС займає проміжне місце.

Друге припущення пов'язує складність типової структури з її організаційними видатками. При цьому вважається, що більш прості структури характеризуються меншими організаційними видатками та є ефективними при більшій частоті зміни зовнішніх умов.

З наведених вище припущень випливає те, що при появі в організації нових задач, проектів тощо та/або при збільшенні припустимих організаційних видатків, виникають нові ієрархії, тобто структура ускладнюється та здійснюється перехід від ВС до МС. При скороченні кількості задач, завершенні проектів тощо та/або при зменшенні припустимих організаційних видатків знищується частина ієрархій, що існують, тобто відбувається спрощення структури та здійснюється перехід від МС до ВС.

Аналогічно при збільшенні частоти зміни зовнішніх умов відбувається спрощення структури. Таким чином, МС є якісно ефективними при незмінних зовнішніх умовах та високих організаційних видатках, ВС — при зовнішніх умовах, що змінюються, та високих організаційних видатках, а ЛС займають проміжне місце (рисунок 1.2).

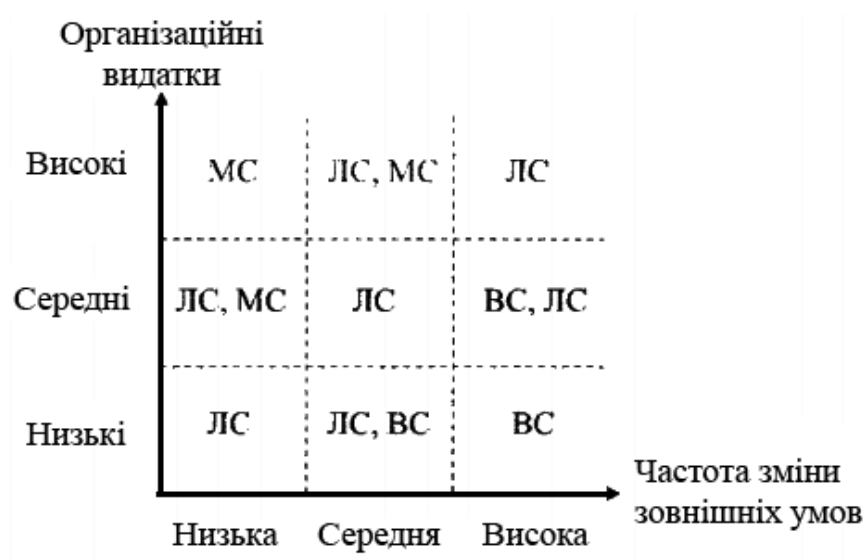


Рисунок 1.2 [87] – Области ефективності типових структур ОС та закономірності їхньої трансформації

На рисунку 1.2 показані можливі переходи між типовими структурами, причинами яких є зміна градацій організаційних видатків та частоти зміни зовнішніх умов. Процес трансформації може описуватися як поява або зникнення нових ієрархій (елементарних лінійних структур). На рисунку 1.2 також можна побачити, що ЛС наявні у 7-ми з 9-ти трансформацій, що вказує на високий ступінь їх універсальності.

Лінійна (ієрархічна) структура характеризується вертикальними взаємодіями, тобто між начальником і підлеглим, кожен співробітник має чітко визначеного керівника. Персонал згрупований в підрозділи за виконуваними функціями (виробництво, збут, облік тощо). Система контролю: інформація надходить знизу догори з її послідовним посиленням. Загальні задачі розбиваються на декілька дрібних.

Лінійна структура використовується малими і середніми фірмами, які здійснюють нескладне виробництво при відсутності широких коопераційних зв'язків між підприємствами [63].

Лінійна структура має різновиди: плоска і багаторівнева. Лінійна плоска структура має 2-3 рівня і велике число працівників, що підпорядковуються одному керівнику.

Лінійна багаторівнева структура має невелику норму керованості, проте є більш складною за формою.

Переваги лінійної структури:

- єдність і чіткість розпорядництва, так як працівник завжди має тільки одного (лінійного) керівника;
- узгодженість дій виконавців, так як вона спирається на прямий контроль, здійснюваний однією людиною;
- чітка система взаємних зв'язків між керівником і підлеглим, так як ці зв'язки тільки вертикальні;
- швидкість реакції у відповідь на прямі вказівки;
- отримання виконавцями пов'язаних між собою розпоряджень і завдань, забезпечених ресурсами.

Недоліки лінійної структури:

- високі вимоги до керівника, який повинен мати велику кількість різнобічних знань і досвід з усіх функцій управління і сфер діяльності, які здійснюються підлеглими, що обмежує можливості керівника з ефективного управління;
- інформаційне перевантаження менеджерів вищого рівня, велика кількість інформації, що передається по каналах зв'язку;
- ускладнений зв'язок між підрозділами, низька ефективність прийняття управлінських рішень;
- відсутність ланок з підготовки управлінських рішень, концентрація влади в керуючій верхівці.

Дивізіонна структура орієнтована на об'єкти: продукти, клієнтів, ринки, послуги. **Продуктова структура:** для найбільших виробників споживчих товарів.

Контроль витрат і дотримання графіка відвантажень. Вся діяльність по одному продукту знаходиться в однієї людини. Орієнтація на споживача: всі підрозділи групуються навколо споживачів для врахування їхніх потреб.

Особливості дивізіонної структури [63]:

- потреба в застосуванні дивізіонної структури виникла в зв'язку з різким збільшенням розмірів підприємств, диверсифікацією їх діяльності, ускладненням технологічних процесів;
- ключовими фігурами в управлінні організаціями з даною структурою стають не керівники функціональних підрозділів, а менеджери, що очолюють виробничі підрозділи;
- структуризація організації по відділенням виробляється, як правило, по одному з критеріїв: за продукцією, що випускається (продуктова спеціалізація), орієнтацією на споживача, за регіонами, які обслуговує;
- керівники вторинних функціональних служб звітують перед керівником виробничого підрозділу;
- помічники керівника виробничого відділення контролюють діяльність функціональних служб по всіх заводах відділення, координуючи їх діяльність по горизонталі.

Переваги дивізіонної структури:

- тісніший зв'язок виробництва з споживачами, прискорена реакція на зміни у зовнішньому середовищі;
- поліпшення координації робіт в підрозділах внаслідок підпорядкування одній особі;
- виникнення у підрозділів конкурентних переваг малих фірм.

Недоліки дивізіонної структури:

- зростання ієрархічності, вертикалі управління;
- дублювання функцій управління на різних рівнях призводить до зростання витрат на утримання управлінського апарату;
- дублювання робіт для різних підрозділів.

Функціональна структура. Є однією з найстаріших і найбільш часто використовуваних. Її ще називають традиційною, або класичною. Цей вид структури є результатом поділу управління на елементи (відділи), кожен з

яких має свою певну задачу (функцію) в управлінні. При цьому така конкретна задача підпорядкована меті всієї організації. Залежно від виду організації (виробнича, навчальна, торгова тощо) функціональні відділи можуть бути різними за своїм змістом [63].

У функціональній структурі кожен орган управління спеціалізується на виконанні окремих функцій для всіх рівнів управління. Виконання вказівок кожного функціонального органу в межах його компетенції є обов'язковим для виробничих підрозділів, тобто вони мають не тільки лінійного, але і функціонального керівника – виникає так званий трикутник підпорядкованості. Рішення з загальних питань приймаються колегіально.

Функціональна структура призначена для виконання постійно повторюваних рутинних завдань, які не потребують оперативного прийняття рішень. Вона використовується в управлінні організаціями з масовим або крупносерійним типом виробництва, а також при господарському механізмі витратного типу, коли виробництво найменш вразливе до НТП.

Переваги функціональної структури:

- висока компетентність фахівців, що відповідають за здійснення конкретних функцій;
- звільнення лінійних менеджерів від вирішення багатьох спеціальних питань і розширення їх можливостей з оперативного управління виробництвом;
- створюється основа для використання в роботі консультацій досвідчених фахівців, зменшується потреба у фахівцях широкого профілю;
- структура стимулює ділову та професійну спеціалізацію. Так, фахівець з маркетингу краще виконає роботу в цій галузі, ніж вище керівництво.

Недоліки функціональної структури:

- труднощі при підтримці постійних взаємозв'язків між різними функціональними службами;

- тривала процедура прийняття рішень;
- відсутність узгодженості дій між функціональними службами;
- зниження відповідальності виконавців за роботу в результаті того, що кожен виконавець отримує вказівки від кількох керівників;
- дублювання і неузгодженість вказівок та розпоряджень, одержуваних працівниками, оскільки кожен функціональний керівник і спеціалізований підрозділ ставлять свої питання на перше місце;
- складність підготовки вищого менеджерського корпусу через вузьку спеціалізацію менеджерів середньої ланки.

Лінійно-функціональна структура. Забезпечує такий поділ управлінської праці, при якому лінійні ланки управління покликані командувати, а функціональні – консультувати, допомагати в розробці конкретних питань і підготовці відповідних рішень, програм, планів [63].

Керівники функціональних підрозділів (з маркетингу, фінансів, НДДКР, персоналу) здійснюють вплив на виробничі підрозділи формально. Як правило, вони не мають права самостійно віддавати їм розпорядження.

Роль функціональних служб залежить від масштабів господарської діяльності та структури управління фірмою в цілому. Функціональні служби здійснюють всю технічну підготовку виробництва; готують варіанти рішень питань, пов'язаних з керівництвом процесом виробництва.

Переваги лінійно-функціональної структури:

- звільнення лінійних керівників від вирішення багатьох питань, пов'язаних з плануванням фінансових розрахунків, матеріально-технічним забезпеченням тощо;
- побудова зв'язків «керівник-підлеглий» по ієрархічній драбині, за яких кожен працівник підпорядкований тільки одному керівнику.

Недоліки лінійно-функціональної структури:

- кожна ланка зацікавлена в досягненні своєї вузької мети, а не загальної мети підприємства;
- відсутність тісних взаємозв'язків і взаємодії на горизонтальному рівні між виробничими підрозділами;
- надмірно розвинена система взаємодії по вертикалі;
- акумулювання на верхньому рівні ієрархії повноважень у вирішенні оперативних завдань поряд зі стратегічними (як наслідок вертикальних зв'язків «керівник - підлеглий»).

Проектно-керована структура. Діяльність компанії цілком складається з проектів та вимагає спеціальної культури і технології управління в проектному оточенні. На кожен новий проект призначається окремий менеджер, який володіє достатніми повноваженнями і самостійністю в прийнятті рішень, причому один менеджер може одночасно брати участь в декількох проектах. Ця структура управління найбільш гнучка як з позиції ринку збуту, так і за кількістю персоналу, що працює в компанії (люди спеціально набираються на роботу під конкретний проект).

Структура проектного управління відрізняється від інших тим, що у цій досить прогресивній формі організації найбільшою мірою реалізуються вимоги системного підходу до досягнення поставленої мети. Створені на базі такого підходу органи управління та залучені спеціалісти є мобільним механізмом для одночасного виконання декількох проектів на принципах пріоритету глобальних цілей організації, які домінують над окремими (локальними) цілями функціонального характеру. Здатність швидко адаптуватися до ситуації, що склалася, забезпечує гнучке та оперативне реагування на зміну зовнішніх та внутрішніх умов.

Структура проектного управління залежить від типів проектів, за якими вона спеціалізується. Незважаючи на різноманітність рішень, можна виокремити багато загальних принципів її формування:

- необхідність підпорядкування кожного члена проектної групи лише одному керівнику вищої ланки управління;
- дотримання норм керованості, тобто раціональної кількості підлеглих, якими можна ефективно управляти керівником (досвід показує, що раціональна норма керованості для систем проектного управління становить 6-8 осіб);
- раціональний розподіл відповідальності між рівнями управління, а також між керівниками та виконавцями на кожному рівні ієрархії.

Матрична структура має набір характеристик, притаманних як функціональній організації, так і проектно-керованій. Слабка матриця більш нагадує функціональну організацію — менеджер загалом виконує функції координації та супроводу проекту, а не управління. Аналогічно сильна матриця має багато спільного з проектною організацією — менеджер має суттєві повноваження, постійно зайнятий в проекті. Матриця найбільш складна за керованістю серед типів структур. Її застосування вимагає достатньої культури управління, чіткого виконання узгоджених бізнес-процедур інтенсивного впровадження новітніх інформаційних технологій.

Матрична структура являє собою сучасний ефективний тип організаційної структури управління, побудований на принципі подвійного підпорядкування виконавців: з одного боку — безпосередньому керівнику функціональної служби, що надає персонал і технічну допомогу, з іншого — керівнику проекту (цільовий програми), який наділений необхідними повноваженнями для здійснення процесу управління відповідно до запланованих термінів, ресурсами і якістю. Керівник проекту взаємодіє з двома групами підлеглих: з постійними членами проектної групи і з іншими працівниками функціональних відділів, що підкоряються йому тимчасово і по обмеженому колу питань.

Перехід до матричної структури зазвичай охоплює лише частину організації, при цьому її успіх залежить від того, наскільки керівники

проектів володіють фаховими якостями менеджерів. Створення структури є доцільним, коли є необхідність освоєння виробництва низки нових складних виробів в стислий термін. Застосовується в основному в наукомістких галузях [63].

Переваги матричної структури:

- краща орієнтація на проектні цілі і попит;
- більш ефективне поточне управління, можливість зниження витрат, підвищення якості створюваної продукції і підвищення ефективності використання ресурсів;
- залучення керівників усіх рівнів і фахівців у сферу активної творчої діяльності по прискореному технічному вдосконаленню виробництва;
- гнучкість і оперативність маневрування ресурсами при виконанні декількох програм в одній фірмі;
- посилена особиста відповідальність керівника за програму в цілому і за її елементи;
- можливість застосування ефективних методів управління;
- відносна автономність проектних груп сприяє розвитку в працівників навичок в області проведення господарських операцій, прийняття рішень, а також їх професійних навичок.

Недоліки матричної структури:

- проблеми, що виникають при встановленні пріоритетів завдань і розподілі часу роботи спеціалістів над проектами, можуть порушувати стабільність функціонування фірми;
- труднощі встановлення чіткої відповідальності за роботу підрозділу;
- можливість порушення встановлених правил і стандартів, прийнятих у функціональних підрозділах через тривале відриву співробітників, що беруть участь в роботі проекту, від своїх підрозділів;
- труднощі в придбанні навичок, необхідних для ефективної роботи в колективах;

- виникнення конфліктів між менеджерами функціональних підрозділів і керівниками проектів.

У таблиці 1.2 [59] представлені типові організаційні структури управління, які найбільш розповсюджені та використовуються у великих компаніях за останні десятиліття: лінійна, дивізійна, матрична і проектно-керована [104]. Розглянемо стисло їхні основні особливості.

Більшість сучасних компаній використовують всі названі структури на різних рівнях управління в вигляді «**змішаної структури**». Наприклад, навіть компанії, побудовані за функціональним принципом, можуть створити спеціальну робочу групу для управління конкретним критичним проектом. Така група може мати багато характеристик, що властиві проекту в проектно-керованій компанії: співробітники з різних функціональних підрозділів можуть бути спеціально призначені для повної роботи у даному проекті, група має можливість розробити свій власний набір бізнес-процедур і працювати поза рамками стандартної звітності, яка прийнята в компанії.

Поряд з цим, слід зазначити, що побудова лінійно-функціональних організаційних структур за допомогою деревоподібних ієрархій має довгу традицію. Якщо організаційна ієрархія не є деревом, то в ній присутнє множинне підпорядкування — ряд співробітників може мати кількох начальників. Хоча така ситуація зустрічається на практиці (наприклад, в матричних структурах управління), деревоподібні організаційні структури все ж поширені значно ширше. У більшості відомих робіт [24, 112 тощо] — організаційна ієрархія є деревом за визначенням.

1.4 Аналіз методів та моделей оптимізації лінійно-функціональних організаційних структур

В основі людської діяльності лежить поняття «організація», під яким розуміється об'єднання людей, які спільно реалізують деяку програму або мету на основі певних процедур і правил. Для реалізації управлінських функцій в організації створюється ієрархія – принцип структурної організації

Таблиця 1.2 – Типові організаційні структури управління та критерії їхнього оцінювання

| Тип структури управління | Критерії оцінювання | | | | | | |
|--------------------------|--|---|---|--------------------|---------------------|------------------------------|--|
| | Вплив менеджера проекту/зайнятість в проекті менеджера | Чисельність персоналу, що постійно працює в проектах, % | Ступінь делегування повноважень менеджеру проекту | Швидкість реакції | Гнучкість | Надійність, відмовостійкість | Керованість |
| Лінійна | Частковий | Фактично немає | Низька або відсутня | Низька | Низька або відсутня | Високі | Висока |
| Дивізійна | | 25..60 | Низька або середня | Середня | Низька або середня | Високі або середні | Середня, потрібна міждивізійна координація |
| Матрична: слабка | | 0..25 | Обмежена | Низька або середня | Обмежена | | Середня |
| збалансована | Повний | 15..60 | Низька або середня | Середня | Середня | Середні | Складна, потрібна інформаційна система |
| сильна | | 50..95 | Середня або висока | Висока | Середня або висока | Низькі або середні | Середня, потрібна міжпроектна координація |
| Проектно-керована | | 85..100 | Висока або майже повна | | Висока | Низькі | Середня, потрібен проект-менеджмент |

складних багаторівневих систем, що складається в упорядкуванні взаємодії між рівнями в порядку від найвищого до найнижчого. Такий принцип обумовлює виникнення завдань пошуку оптимальних ієрархічних структур – систем, елементи яких пов'язані відношеннями старшості або підпорядкованості [27]. Перелік таких завдань є досить великим, проте більшість з них мають ряд загальних умов:

- задається деяка множина елементів нижнього рівня, над якою необхідно надбудувати ієрархію;
- задається множина припустимих ієрархій, з яких необхідно вибрати одну. Ця множина може обмежувати вибір тільки деревоподібними ієрархіями або тільки бінарними деревами тощо;
- задається критерій ефективності, що дозволяє порівнювати різні ієрархії – той критерій, який максимізується або мінімізується вибором ієрархічної структури.

Важливе місце займають завдання управління організацією, які мають справу з корінною перебудовою організації, принциповими змінами в ній. Необхідність вирішення таких завдань виникає як при створенні нової організації, так і в процесі реструктуризації чинної організації, наприклад, у зв'язку з істотними змінами зовнішніх умов.

В основі вирішення завдань цього класу лежать наступні етапи [27]:

- визначення технології, коли формулюються цілі організації, будуються технологічні процеси, що дозволяють досягти цих цілей, визначається кількість і склад співробітників (виконавців).
- побудова структури управління, коли знаходиться деяка кількість менеджерів, необхідна для управління виконавцями і визначається взаємна підпорядкованість менеджерів.
- розробка механізмів управління, коли визначаються повноваження менеджерів, припустимі способи їх впливу на своїх підлеглих тощо.

Останній з перерахованих етапів є, за твердженням авторів численних публікацій, добре дослідженою областю організаційного дизайну.

У той же час перші два тісно взаємопов'язані етапи є актуальними в плані подальших розробок, що визначається наступними аспектами.

Вибір певної технології функціонування організації дає частину початкових даних для завдання побудови організаційної структури. Саме він визначає множину виконавців, які при побудові ієрархії будуть елементами нижнього рівня.

Також технологія може обмежувати множину припустимих ієрархій. Наприклад, якщо деякі виконавці виконують різні за своєю природою види робіт, може бути неможливим їх безпосереднє підпорядкування одному начальнику.

Крім того, на етапі побудови технології, коли визначаються цілі організації, можуть бути накладені певні обмеження, як на множину допустимих ієрархій, так і на вигляд критерію ефективності. Тому при вирішенні завдання організаційного дизайну на перший план виходить саме завдання пошуку оптимальної ієрархії.

Одним з таких обмежень є поняття секційної функції витрат менеджера, під якою розуміється залежність витрат тільки від групи виконавців, якими управляють його безпосередні підлеглі [27].

Подальший розвиток методів оптимізації ієрархічних систем було засновано на припущенні про однорідність функції витрат менеджера, яке говорить про те, що норма керованості постійна в рамках однієї організації, тобто кожен її менеджер має приблизно однакову кількість підлеглих [20].

Дерево називається (r, x) – однорідним, якщо кожен його менеджер має рівно r безпосередніх підлеглих і ділить між ними підпорядковану йому групу виконавців в пропорції $x = (x_1, \dots, x_r)$. Число r називається нормою керованості однорідного дерева. При цьому кількість менеджерів в

однорідному дереві з нормою керованості r на множині з n виконавців дорівнює $k = (n-1) / (r-1)$.

Слід зауважити, що для заданої множини виконавців може не існувати жодного однорідного дерева, крім віялової ієрархії, яка завжди є однорідним деревом.

Разом з рядом позитивних властивостей сучасних методів пошуку оптимальних ієрархічних структур, існує ряд недоліків і труднощів їх реалізації.

Так, наприклад, методи, які використовують різні секційні функції характеризуються складністю її подання, так як завдання такої функції в загальному випадку зводиться до прямого перерахування її значень для всіх можливих наборів груп, що зазвичай неможливо через величезну кількість таких наборів.

Існують складності перевірки незростання (неспадання) функції витрат. Застосування підходу, заснованого на припущенні однорідності функції витрат, представленої симетричними деревами, обмежує пошук оптимальних організаційних ієрархій. Загальна складність в реалізації розглянутих методів оптимізації за допомогою чисельних алгоритмів дозволяє обґрунтувати тільки приватні результати для конкретних функцій і не дозволяють обґрунтувати загальні властивості оптимальних дерев при однорідній функції витрат. Крім цього зазначені алгоритми мають велику обчислювальну складність і вимагають великих обчислювальних ресурсів.

Аналіз результатів роботи таких алгоритмів дозволив виділити ряд загальних властивостей, якими володіють оптимальні дерева [20]:

- в оптимальних деревах кожен менеджер має приблизно однакову кількість безпосередніх підлеглих;
- при фіксованій функції витрат менеджери у всіх оптимальних деревах ділять підлегли їм групи виконавців між своїми безпосередніми підлеглими приблизно в однаковій пропорції.

Поряд із завданнями і методами управління організаційними структурами розвиваються тісно пов'язані з ними підходи до управління складом організаційних систем. Перші систематичні постановки таких завдань з'явилися порівняно нещодавно.

Виділяються три загальних підходи до вирішення завдань формування складу організаційних систем на основі розгляду завдань стимулювання. Перший підхід полягає в «лобовому» розгляді всіх можливих комбінацій потенційних учасників ОС. Його перевага – знаходження оптимального рішення, недолік – висока обчислювальна складність.

Другий підхід ґрунтується на методах локальної оптимізації (перебору складів ОС з деякої частини певного складу). Евристичні методи, що при цьому використовуються, в загальному випадку не дають оптимального рішення і тому вимагають оцінки їхньої гарантованої ефективності. І, нарешті, третій підхід полягає у виключенні завідомо неефективних комбінацій учасників на підставі аналізу специфікації завдання. При цьому, обчислювальна складність різко знижується, і іноді вдається отримати точне (оптимальне) рішення, але, на жаль, даний підхід не завжди можна застосувати, і в кожному конкретному випадку можливість його використання вимагає відповідного обґрунтування.

Разом з тим в роботі [24] наведено класифікацію задач управління складом ОС: завдання формування складу, завдання оптимізації складу, завдання розширення складу (іноді її називають завданням про прийом на роботу), завдання скорочення складу (завдання про звільнення), завдання заміни складу. Загальним недоліком розглянутого класу моделей, що частково пояснює їх досить рідкісне використання на практиці, є гіпотеза, що лежить в їх основі, про повну взаємозамінність учасників ОС, що на практиці далеко не завжди виконується.

Аналіз сучасних методів, моделей і підходів пошуку оптимальних ієрархічних структур показує, що в переважній кількості публікацій [9-11,

17-20, 24-26, 86, 87] розглядається один критерій (витрати на утримання структури). Разом з тим, як вже зазначалося вище, не завжди вдається в точності отримати оптимальну ієрархію, що ускладнює процедуру прийняття рішення. Тому доцільно ввести до розгляду критерій оцінки ефективності ОС, що характеризує її якість. Це пов'язано з тим, що аналізована ієрархія може бути оптимальною з точки зору витрат на її утримання, проте не ефективною з точки зору якості її топологічних особливостей (збалансованість і цілісність структури, керованість, надійність та ін.). Робіт, присвячених аналізу ОС із застосуванням ефективності, можливо є небагато, проте можна вказати ті роботи [29-33], в яких розглядаються питання комплексного аналізу існуючих ОС на прикладі великих регіональних підприємств.

Поряд з розглянутими двома критеріями оптимізації СЛФОС (критерій витрат на утримання і критерій оцінки якості топологічних властивостей структури), існує досить невелика кількість розробок, що враховують горизонтальні (функціональні) зв'язки в організаційних ієрархіях. У зв'язку з цим актуальним є завдання побудови аналітичної моделі інформаційних потоків в СЛФОС, на основі якої може бути сформульований ще один критерій оптимізації СЛФОС, що враховує інформаційне навантаження на елементи структури, особливо верхніх рівнів ієрархії (топ-менеджер, менеджери вищої ланки).

1.5 Аналіз методів та моделей вибору оптимальних лінійно-функціональних організаційних структур

В основі будь-якого вибору лежать процедури прийняття рішень, метою яких є визначення найкращого варіанту дії. Завдання прийняття рішень існує при виконанні трьох умов:

- наявність цілей, спрямованих на усунення деякої проблеми;

- наявність альтернатив. Рішення – це завжди вибір. Рішення приймаються в умовах, коли існує більше одного альтернативного способу досягнення цілей;
- наявність критеріїв-обмежень, які є факторами, які обмежують можливість вибору варіантів дій.

В останні десятиліття інтенсивно розвивається теорія прийняття рішень, в рамках якої створено безліч методів підтримки прийняття рішень, що виконують роль «інструментальних» засобів і допомагають людям виробляти оптимальний вибір.

На теперішній час склалися три типи завдань прийняття рішень, які забезпечуються різними методами:

- класифікація, яка полягає в розбитті початкової множини альтернатив на підмножини (класи), які неврегульовані один щодо одного;
- стратифікація, коли початкова множина альтернатив розбивається на ряд рівнів або шарів. На відміну від класів, шари впорядковані;
- ранжування, яке полягає в упорядкуванні альтернатив за важливістю з присвоєнням кожній з них певного номера (рангу).

Останнє завдання набуло широкого поширення і виконується на основі, як правило, попарного порівняння альтернатив. Якщо, наприклад, є дві альтернативи a і b , то при їх парному порівнянні можливі тільки три варіанти результату:

- a краще, ніж b ($a > b$);
- a гірше, ніж b ($a < b$);
- a і b рівноцінні ($a = b$).

Порівнюючи попарно всі альтернативи деякої початкової множини, наприклад, $\{a, b, c, d\}$, можна отримати одну з можливих ранжувань: $a > b > c > d$.

Рішення розглянутих типових задач прийняття рішень, в основі яких лежать процедури структуризації альтернатив (класифікація, стратифікація,

ранжування), забезпечується некрітеріальними і критеріальними методами підтримки прийняття рішень. Перша група методів використовується для вирішення простих завдань, а друга – для задач багатокритеріального вибору альтернатив, які зазвичай складають найбільшу частку в практичній діяльності менеджерів.

В основі вирішення таких завдань лежить побудова критеріальної таблиці (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 – Критеріальна таблиця

| | K_1 | K_2 | ... | K_m |
|-------|----------|----------|-----|----------|
| A_1 | x_{11} | x_{12} | ... | x_{1m} |
| A_2 | x_{21} | x_{22} | ... | x_{2m} |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| A_n | x_{n1} | x_{n2} | ... | x_{nm} |

В таблиці:

- A_1, \dots, A_n — альтернативи;
- K_1, \dots, K_m — критерії;
- x_{11}, \dots, x_{nm} — оцінки альтернатив за критеріями.

На підставі даної таблиці будується функція корисності, як умовний кількісний вимірник переваги тієї чи іншої альтернативи для ОПР.

Функція корисності може бути представлена у вигляді єдиного інтегрального критерію, значення якого визначаються на основі всіх інших (приватних) критеріїв.

Для представлення функції корисності використовуються, як правило, два види згорток [113]:

- лінійна (адитивна) згортка у вигляді зваженої суми

$$X = \sum_{i=1}^n x_i \cdot \omega_i, \quad \sum_{i=1}^n \omega_i = 1,$$

де X - значення інтегрального критерію (функція корисності);

X_i - значення i -приватного критерію;

ω_i - ваговий коефіцієнт, що характеризує відносну важливість i -го критерію;

n - кількість критеріїв.

- мультиплікативна згортка, що представлена у вигляді

$$X = \prod_{i=1}^n x_i^{\omega_i},$$

яка на відміну від адитивної згортки сильно залежить від зміни значень критеріїв з малою вагою.

На теперішній час арсенал методів багатокритеріального вибору альтернатив є досить великим. Достатньо вказати на методи нечіткої математики, ймовірносно-статистичний висновок, байєсовські і нейронні мережі, генетичні алгоритми, метод аналізу ієрархій, метод аналітичних мереж тощо. Особливу популярність в останні роки отримали два останніх методи, тому коротко зупинимося на їх перевагах і недоліках.

Метод аналізу ієрархій (МАІ) є процедурою для ієрархічного представлення елементів, що визначають суть будь-якої проблеми. Метод полягає в декомпозиції проблеми на все більш прості складові частини і подальшій обробці послідовності суджень особи, яка приймає рішення (ОПР), про парні порівняння. Такі порівняння, представляються у формі оберненосиметричних матриць, за елементами яких визначається вектор власних значень з наступним нормуванням і підрахунком вагових коефіцієнтів. Дані коефіцієнти характеризують набір локальних пріоритетів, які виражають відносний вплив множини елементів на елемент рівня ієрархії, що примикає зверху [98].

Метод аналітичних мереж (МАН) є узагальненням МАІ для задач з залежностями і зворотними зв'язками [97]. Це пов'язано з тим, що багато проблем прийняття рішень не можна представити ієрархічними структурами, тому що в них існують залежності і взаємодії між елементами різних рівнів

ієрархії. Існують задачі, в яких не тільки важливість критеріїв впливає на пріоритети альтернатив (як в ієрархіях), але також важливість альтернатив впливає на пріоритети критеріїв.

У загальному випадку мережа складається з компонентів і елементів, які містяться в цих компонентах, і можуть як взаємодіяти між собою, так і впливати на деякі або всі елементи іншого компонента відносно властивості.

Для відображення такої взаємодії в МАМ використовуються суперматриці блочного типу і ряд операцій над ними [98]. В підсумку отримують граничну суперматрицю, елементи якої (граничні пріоритети) інтерпретуються як граничні оцінки довгострокового впливу кожного елемента системи на всі інші елементи.

За висновком автора цих методів, Т. Сааті, МАІ є відносно простим і доступним способом підтримки прийняття рішень, який досить часто використовує найпростішу ієрархічну структуру, що складається з мети, критеріїв і альтернатив.

У той же час МАМ набагато ширше і глибше, ніж МАІ, і може застосовуватися для аналізу дуже складних проблем, що включають різноманітні взаємодії і залежності (таблиця 1.4). Визначення пріоритетів елементів в мережі, зокрема, альтернатив рішень, являє собою складну проблему, що робить МАМ більш трудомістким в обчислювальному плані в порівнянні з МАІ.

Разом з тим, розглянуті методи, незважаючи на їх універсальність і простоту, мають ряд очевидних недоліків:

- необхідність побудови великої кількості матриць парних порівнянь альтернатив і критеріїв;
- методи працюють тільки з жорсткими оцінками альтернатив і не допускають невизначеності в судженнях експертів і ОПР (при побудові матриць парних порівнянь експерту забороняється відповідати «не знаю», «не впевнений»);

- при великій кількості альтернатив або критеріїв значно підвищується ймовірність отримання неузгоджених матриць парного порівняння.

Таблиця 1.4 – Задачі, що вирішуються із використанням МАІ-МАМ

| Найменування задачі | Характеристика задачі |
|--|--|
| Задача вибору | Визначення однієї (найкращої) альтернативи з їх множини в умовах багатокритеріальності |
| Задача оцінювання | Ранжування і кластеризація множини альтернатив в умовах багатокритеріальності |
| Задача аналізу «вартість-ефективність» | Оцінка відношення «вигоди» / «витрати». Оцінка відношення «вигоди» / «витрати» × «ризики». Оцінка відношення «вигоди» × «можливості» / «витрати» × «ризики». |
| Задача розподілення ресурсів | Ієрархічний аналіз факторів, що визначають обмеження на ресурси |
| Задача планування і прогнозування | Прямий і оборотний процес планування та прогнозування із використанням ієрархічних і мережевих сценаріїв |

Однак, в реальних умовах можуть проявлятися різні форми експертних суджень (оцінок): вони можуть бути узгодженими, доволіно сумісними, можуть доволіним чином об'єднуватися і перетинатися. Все це вносить специфічні форми невизначеностей, з якими розглянуті методи не можуть впоратися. Для коректного опрацювання таких невизначеностей при вирішенні задач багатокритеріального вибору альтернатив, а в нашому випадку – це деяка сукупність організаційних структур, доцільно використовувати сучасні методи управління невизначеностями, представлені теоріями свідоцтв Демпстера-Шейфера, правдоподібних і парадоксальних міркувань Дезера-Смарандаке, перерозподілу конфліктів. Основні теоретичні положення перерахованих методів будуть розглянуті в третьому розділі цієї роботи.

1.6 Постановка задач досліджень та розробок

Метою дисертаційної роботи є розробка методів, моделей та інформаційних технологій, що дадуть змогу підвищити ефективність прийняття рішень щодо вибору оптимальних СЛФОС за визначеними критеріями. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- 1) виконати аналіз загальноприйнятих організаційних структур для подальшого формування моделі інформаційних потоків та критеріїв їх оптимізації;
- 2) розробити дескриптивно-аналітичну модель інформаційних потоків, що існують у процесі функціонування СЛФОС, яка враховує вертикальні (лінійні) та горизонтальні (функціональні) зв'язки;
- 3) сформуванати сукупність критеріїв оцінювання СЛФОС, які визначають витрати на її утримання, якість структури та інформаційне навантаження менеджерів функціональних підрозділів;
- 4) розробити моделі групових експертних суджень та оцінок, які представляють об'єднання, перетинання, узгодження тощо, і формуються в процесі оцінювання СЛФОС, з використанням критеріїв оптимізації;
- 5) запропонувати вирішення задачі багатокритеріального вибору альтернативних СЛФОС шляхом їх ранжування з використанням сучасних технологій управління невизначеностями: теорії свідомств Демпстера-Шейфера, теорії правдоподібних та парадоксальних міркувань Дезера-Смарандаке, методів перерозподілу конфліктів;
- 6) розробити інформаційні технології аналізу та вибору СЛФОС, припустимих за оптимальністю, на основі запропонованих критеріїв та моделей; запропонувати структурно-функціональну схему СППР;

- 7) виконати апробацію розроблених інформаційних технологій на прикладах організаційних структур великих машинобудівного і суднобудівного підприємств та морського порту.

1.7 Висновки за розділом 1

За матеріалами цього розділу можна зробити наступні висновки:

- 1) було виконано огляд джерел, які присвячені аналізу і оптимізації загальноприйнятих структур організаційних систем; виділено клас складних лінійно-функціональних структур організаційних систем, які притаманні великим наукомістким підприємствам; цей клас покладено в основу досліджень дисертаційної роботи;
- 2) аналіз сучасних методів оптимізації ієрархічних організаційних структур вказав на відсутність комплексного підходу в застосуванні критеріїв оптимізації СЛФОС, що враховує і вертикальні (лінійні), і горизонтальні (функціональні) зв'язки. Таким чином, актуальним є завдання побудови аналітичної моделі інформаційних потоків в СЛФОС та виділення критерії оцінки СЛФОС, що враховує інформаційне навантаження на елементи структури, особливо верхніх рівнів ієрархії (топ-менеджер, менеджери вищої ланки);
- 3) доведена необхідність формування сукупності критеріїв оцінювання СЛФОС, що створює основу для постановки і вирішення багатокритеріальної задачі прийняття рішень;
- 4) показано коректне опрацювання специфічних форм невизначеностей при вирішенні задач багатокритеріального вибору альтернатив, які представлені як сукупність організаційних структур, із використанням сучасних методів управління невизначеностями: теорії свідомств Демпстера-Шейфера, теорії правдоподібних і парадоксальних міркувань Дезера-Смарандаке.

Основні положення цього розділу викладені у публікаціях автора [59,113].

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЬ ТА КРИТЕРІЇ ОПТИМАЛЬНОСТІ СКЛАДНИХ ЛІНІЙНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СТРУКТУР

2.1 Формалізоване представлення ієрархічних організаційних структур

У багатьох областях людської діяльності виникають завдання побудови ієрархічних структур-систем, елементи яких пов'язані відносинами старшинства або підпорядкованості.

Вивченню ієрархічних організаційних систем присвячені роботи [17-20, 24-26, 29-33]. Ієрархія – це принцип структурної організації складних багаторівневих систем, що полягає в упорядкуванні взаємодії між рівнями в порядку від вищого до нижчого.

Для представлення організаційних ієрархій використовуються орієнтовані графи $H = \langle V, E \rangle$, які задаються множиною вершин V та множиною дуг $E \subseteq V \times V$. Множина дуг представляє собою деяку множину впорядкованих пар вершин. Якщо пара вершин (v_1, v_2) належить множині дуг E , то вважається, що існує дуга від вершини v_1 до вершини v_2 . Ієрархічні структури описуються ациклічними орієнтованими графами. Граф $H = \langle V, E \rangle$ називається ациклічним, якщо неможливо скласти таку послідовність його вершин v_1, \dots, v_k , щоб $(v_1, v_{i+1}) \in E$ для всіх $i = 1, \dots, k-1$ та $(v_k, v_1) \in E$. Тобто в ациклічному графі неможливо, проходячи по дугам графа, повернутися до початкової вершини.

Метою організаційної ієрархії є координація дій деякої фіксованої множини виконавців (наприклад, робітників і службовців). Ця множина визначається технологією планування організації, і саме над множиною виконавців надбудовується ієрархія співробітників-менеджерів, що ними керують [9].

Відповідно до робіт [11,27], позначимо $N = \{w_1, \dots, w_n\}$ – кінцеву множину виконавців ($n > 1$), M – кінцева множина менеджерів, які керують цими виконавцями.

Тоді організаційна ієрархія буде описуватися орієнтованим ациклічним графом $\langle V, E \rangle$ з множиною вершин $V = N \cup M$ та множиною дуг $E \subseteq V \times M$. Елементи множини V (яка складається з виконавців та менеджерів) будемо називати співробітниками організації, а саму множину V – множиною співробітників. Дуги графу організаційної структури відповідають підлеглості – якщо в графі є дуга від співробітника v_1 до співробітника v_2 , то співробітник v_1 є безпосереднім підлеглим співробітника v_2 в ієрархії $\langle V, E \rangle$, а співробітник v_2 є безпосереднім начальником співробітника v_1 . Також вважається, що співробітник v_2 безпосередньо керує співробітником v_1 , а дуги в графі направлені від підлеглого до його безпосереднього начальника.

Якщо в графі є ланцюжок співробітників v_1, \dots, v_k таких, що $(v_i, v_{i+1}) \in E$ для всіх $i = 1, \dots, k-1$, то співробітник v_1 є підлеглим співробітника v_k . Це означає, що в графі можна побудувати ланцюжок співробітників від v_1 до v_k так, щоб кожен наступний співробітник безпосередньо керував наступним. Також вважається, що співробітник v_k керує співробітником v_1 .

Зрозуміло, що у самих виконавців не може бути підлеглих, тому дуги графа організаційної структури можуть йти тільки від виконавця до менеджера або від одного менеджера до іншого. Оскільки завданням менеджерів в ієрархії є координація діяльності виконавців, не має сенсу мати менеджерів без підлеглих. Тому у кожного менеджера повинен бути як мінімум один підлеглий співробітник – менеджер або виконавець.

Оскільки всі виконавці належать до однієї організації, необхідно забезпечити координацію дій між усіма виконавцями. Тому необхідна наявність

в ієрархії менеджера (топ-менеджера), який безпосередньо або через ланцюжок інших менеджерів керує кожним виконавцем.

Таким чином, орієнтований ациклічний граф $H = \langle N \cup M, E \rangle$ з множиною дуг підлеглості $E \subseteq (N \cup M) \times M$ називається ієрархією, яка управляє множиною виконавців N , якщо будь-який менеджер з множини M має підлеглих та знайдеться такий менеджер, якому підлегли всі виконавці.

Через $\Omega(N)$ позначимо множину всіх ієрархій, що управляють множиною виконавців N . $\Omega(N)$ визначається тільки множиною виконавців N . До неї входять ієрархії з довільними кінцевими множинами менеджерів, аби ієрархія задовольняла даному визначенню.

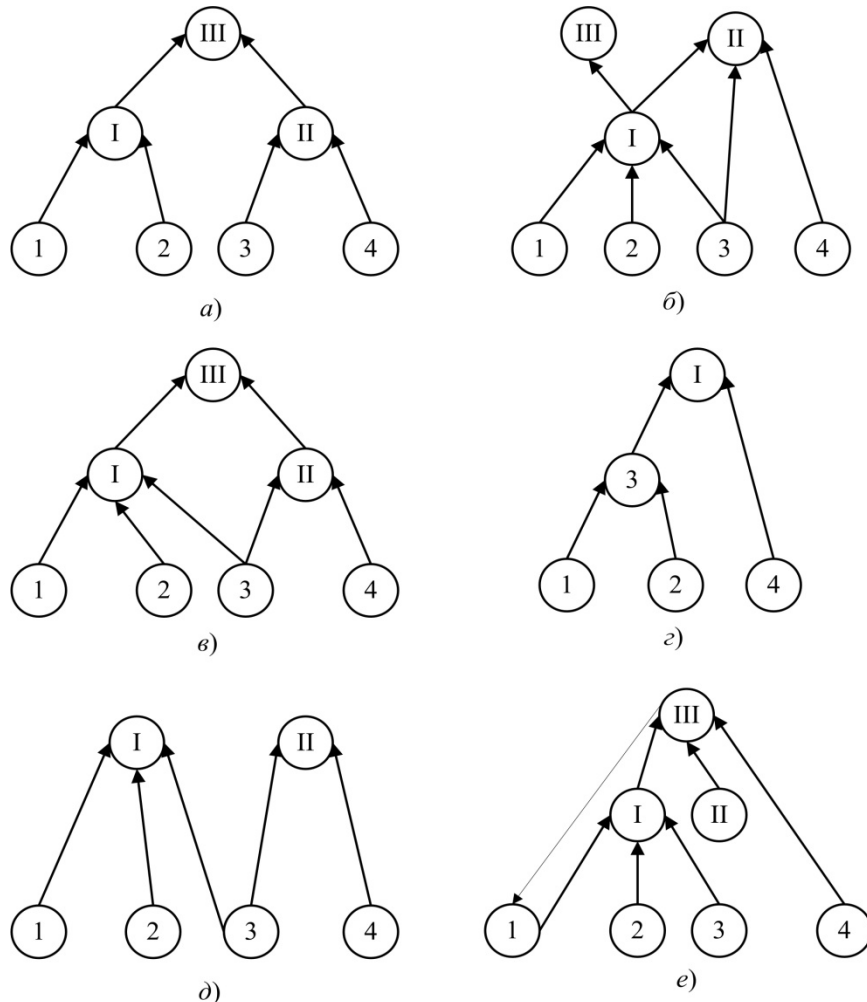


Рисунок 2.1 – До визначення ієрархій

Рис. 2.1 [24] ілюструє наведене визначення. Виконавці пронумеровані арабськими цифрами, а менеджери – латинськими цифрами. Графи на рис.2.1,а) – 2.1,в) є ієрархіями, які управляють множиною виконавців $N = \{1, \dots, 4\}$. Визначені таким чином ієрархії дозволяють описувати ефекти, з якими часто зустрічаються на практиці управління, наприклад, міжрівнева взаємодія, коли менеджер безпосередньо керує й іншими менеджерами, й виконавцями (менеджер II ієрархії на рис. 2.1,б), а також множинне підпорядкування, коли співробітник має більше одного безпосереднього начальника (менеджер I в ієрархії на рис. 2.1,б), виконавець 3 в ієрархії на рис. 2.1,в). Визначення ієрархії припускає наявність в ній декількох менеджерів, які не мають начальників (менеджери II та III ієрархії на рис. 2.1,б), а також менеджерів, які мають лише одного безпосереднього підлеглого (менеджер III ієрархії на рис. 2.1,б).

У той же час, графи на рис. 2.1.г)–2.1.е) не є ієрархіями.

В графі на рис. 2.1.г) виконавець номер 3 має підлеглих, в графі на рис. 2.1.д) немає топ-менеджера, який би управляв всіма виконавцями, в графі на рис. 2.1.е) менеджер II не має підлеглих, крім того, цей граф містить цикл $1 \rightarrow I \rightarrow III \rightarrow 1$.

Наведемо ряд визначень деяких «типових» ієрархій, розглянутих в роботі [5]. Ієрархія H називається деревом, якщо в ній лише один менеджер не має начальників, а інші співробітники мають тільки одного безпосереднього начальника. Менеджер, який не має начальників, називається топ-менеджером і знаходиться в корені дерева.

Нехай задано ціле число $r > 1$. Ієрархія H називається r -ієрархією, якщо кожен її менеджер має не більше r безпосередніх підлеглих. Якщо дерево є r -ієрархією, то воно називається r -деревом. Число r називають нормою керованості ієрархії, яка визначає максимальну кількість підлеглих, якими може керувати один менеджер. Приклади 2-дерева наведені на рис. 2.2 – це ієрархії а) и в). Ієрархія б) є 4-деревом.

Віяловою ієрархією називається ієрархія з одним менеджером, який безпосередньо керує всіма виконавцями. Наприклад, ієрархія б) на рис. 2.2 – це віялова ієрархія.

Послідовною ієрархією називається 2-ієрархія, в якій кожен менеджер безпосередньо керує як мінімум одним виконавцем. Приклад послідовної ієрархії наведено на рис. 2.2,в).

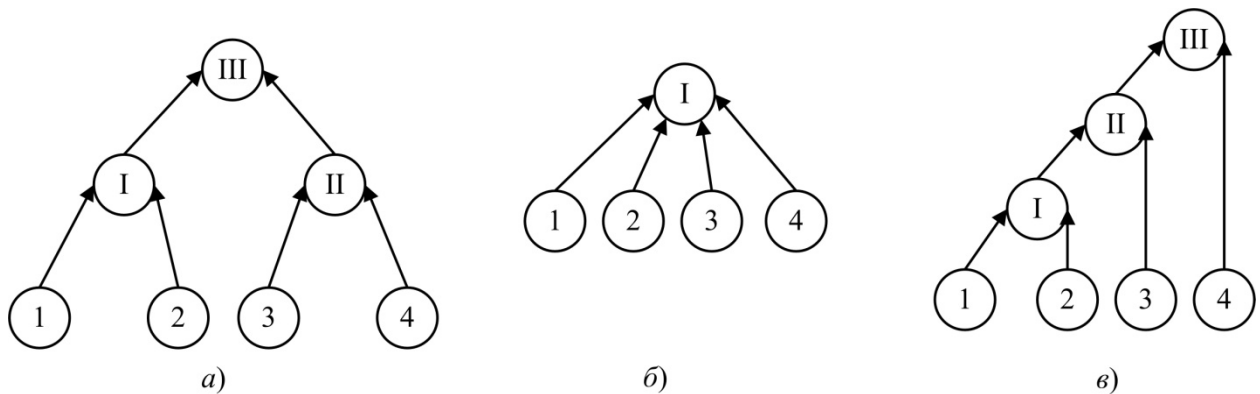


Рисунок 2.2 – Типові ієрархії [24]

На сьогодні вважається загальновизнаним, що вид організаційної структури має великий вплив на ефективність функціонування підприємства в цілому.

У реальних організаціях можливості експерименту зі структурою управління дуже обмежені, тому великого значення набувають теоретичні моделі (аналітичні, теоретико-ігрові та ін.), які дозволяють вибрати ефективну організаційну ієрархію, а також обґрунтувати необхідність і напрям її реформування при зміні умов функціонування фірми.

2.2 Модель складної лінійно-функціональної організаційної структури

Модель складної лінійно-функціональної організаційної структури (СЛФОС) (рисунок 2.3) як послідовність ієрархічно впорядкованих рівнів управління можна представити наступним кортежем:

$$\text{СЛФОС} = \langle n, k, m, I_B, I_T \rangle,$$

де n – кількість виконавців ($n > 1000$);

k – кількість рівнів ієрархії ($k \geq 3$);

m – кількість менеджерів;

I_v – вертикальні зв'язки (лінійне підпорядкування);

I_h – горизонтальні зв'язки.

Складні лінійно-функціональні організаційні структури (СЛФОС) управління сучасними наукомісткими підприємствами, з одного боку, характеризуються суворою ієрархічністю, з іншого боку, структури істотно вирізняються за кількістю підрозділів (відділів, управлінь, цехів, дільниць та ін.), які в них входять, що може свідчити про нерівномірний розподіл технологічної, управлінської, комунікаційної та іншої інформації. Аналіз інформаційного навантаження на елементи СЛФОС, особливо верхніх рівнів ієрархії (топ-менеджер, менеджери вищої ланки), з метою її оптимізації, можна виконати за допомогою моделей, які визначають, характеризують і оцінюють інформаційні потоки в таких структурах.

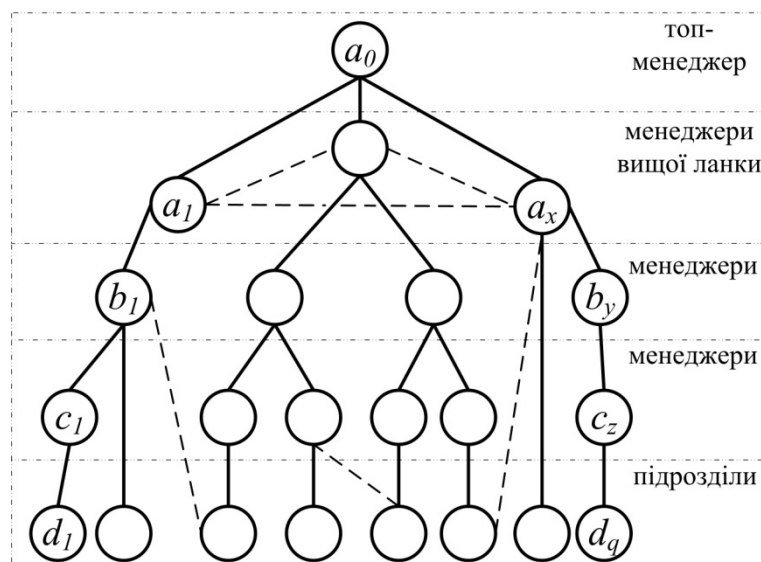


Рисунок 2.3 – Модель СЛФОС

Питанням розробки моделей і методів аналізу та управління інформаційними потоками, інформаційними ресурсами, інформаційними процесами присвячений ряд публікацій останніх років [5,13,34,112 та ін.]. В

роботі [5] розглянуті принципи побудови системи контролю та управління організаційними процесами з урахуванням накопиченої інформації. Робота [13] присвячена розробці моделі інформаційних потоків в автоматизованих системах управління із застосуванням теорії випадкових процесів. У роботах [34,107] розглянуто метод інтелектуального управління інформаційними ресурсами промислового підприємства і розглядаються основні інформатики. У той же час число публікацій, присвячених питанням моделювання інформаційних потоків в СЛФОС, виходячи із виконаного аналізу, є недостатнім.

Під інформаційним потоком (I_{Π}) будемо розуміти випадковий масив інформаційних повідомлень, який визначається інтенсивністю і кількістю інформації на певному часовому інтервалі, а також характеризується наявністю інформаційних зв'язків, видами і формами подання інформації. Це визначення дозволяє описати дескриптивну модель інформаційних потоків у загальному вигляді такої системою кортежів [56, 57]:

$$I_{\Pi} \Rightarrow \begin{cases} I_{i3} = \langle I_{\text{в}}, I_{\text{г}} \rangle, \\ I_{\text{ві}} = \langle I_{\text{т}}, I_{\text{к}}, I_{\text{у}} \rangle, \\ I_{\text{фпі}} = \langle I_{\text{пн}}, I_{\text{ен}}, I_{\text{вб}} \rangle, \end{cases} \quad (2.1)$$

де I_{i3} – кортеж інформаційних зв'язків, який представлений наступними складовими: вертикальні ($I_{\text{в}}$) та горизонтальні ($I_{\text{г}}$) зв'язки;

$I_{\text{ві}}$ – кортеж видів інформації: технологічна ($I_{\text{т}}$), комунікаційна ($I_{\text{к}}$), управлінська ($I_{\text{у}}$);

$I_{\text{фпі}}$ – кортеж форм представлення інформації: на паперових носіях ($I_{\text{пн}}$), на електронних носіях ($I_{\text{ен}}$), вербальна інформація ($I_{\text{вб}}$).

Наявність вертикальних інформаційних зв'язків ($I_{\text{в}}$) визначається ієрархічністю організаційної структури і взаємним підпорядкуванням її елементів (підрозділів), що виконують певні виробничі завдання. Інформаційні потоки в таких зв'язках несуть в собі повідомлення,

представлені вмістом наказів, розпоряджень, інструкцій і інших нормативних документів. Горизонтальні зв'язки (I_r) обумовлені взаємодією різних підрозділів, яка спрямована на досягнення єдиної мети, і забезпечується комунікацією між працівниками у вигляді консультацій працівників відділів (підрозділів) спеціалістами та менеджерами з різних рівнів ієрархії.

Модель, яка представлена формулою (2.1), дає можливість отримати загальну характеристику інформаційних потоків в СЛФОС і оцінити їх на якісному рівні.

Разом з тим, для отримання кількісних оцінок характеристик інформаційних потоків необхідно розглянути аналітичну модель $I_{ам}$, яку можна представити наступним кортежем:

$$I_{ам} = \langle I_{інп}, I_{кінп}, I_{ці} \rangle, \quad (2.2)$$

де $I_{інп}$ – інтенсивність інформаційного потоку, яка з позиції випадкових потоків (процесів) визначається величиною λ (середнім числом вхідних повідомлень в одиницю часу);

$I_{кінп}$ – кількість інформації потоку, що визначається ентропією H ;

$I_{ці}$ – цінність інформації.

Перший компонент кортежу (2.2) можна представити з позиції теорії випадкових потоків (процесів), де в якості основної кількісної характеристики виступає інтенсивність потоку $\lambda_{\Delta t}$. Ця величина визначається як середнє число повідомлень, що поступають в одиницю часу, для деякої ділянки Δt , яка примикає до t ($\lambda(t) \geq 0$ і має розмірність [1/час]). У багатьох випадках випадкові потоки описуються законом розподілу Пуассона [15].

Кількість інформації $I_{кінп}$ пов'язана з поняттям вибору з можливих варіантів повідомлення. Це поняття не стосується сенсу і важливості переданого повідомлення і пов'язане зі ступенем його невизначеності – ентропією H (формула Шеннона [124]):

$$I_H = H(x) = -\sum_{i=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i), \quad (2.3)$$

де n – кількість можливих повідомлень (можливо прийняти $n = \lambda$, середня кількість повідомлень в одиницю часу).

Вважається, що чим більше апіорна невизначеність, тим більш інформативним є повідомлення, коли ця невизначеність знімається.

Для знаходження цінності інформації $I_{ци}$ може бути застосована міра цінності:

- за Бонгардом і Харкевичем:

$$I_{ци} = \log_2 \frac{P}{p}, \quad (2.4)$$

де P – ймовірність досягнення мети після отримання інформації;

p – ймовірність досягнення мети до отримання інформації.

$$p = 2^{-I_H} \quad (2.5)$$

- за Корогодіним:

$$I_{ци} = \frac{P - p}{1 - p}, \quad (2.6)$$

де P – ймовірність досягнення події мети;

p – спонтанне здійснення цієї ж події ($0 \leq I_{ци} \leq 1$).

Однак скористатися наведеними формулами в реальних випадках управління досить складно. По-перше, труднощі можуть виникнути при підрахунку ймовірностей. По-друге, ймовірності досягнення мети до та після отримання інформації можуть бути однаковими, наприклад, дорівнювати 1. У цьому, як і в інших випадках, порівнювати варіанти досягнення мети може виявитися корисним не за ймовірностями, а за іншими критеріями, наприклад, за часом. У загальному випадку цей вибір може бути багатокритеріальним, тобто порівнюватися повинні не окремі параметри, а зміни цільової функції багатьох параметрів. По-третє, для роботи з наведеними формулами повинна розглядатися фіксована мета, в той час як інформація може використовуватися для оцінки та вибору цілей. І нарешті,

недоліком є і те, що при використанні наведених формул задача повинна прораховуватимуться до кінця (до досягнення мети), що не завжди можливо.

2.3 Загальна характеристика задачі пошуку оптимальної ієрархії

Завдання управління організацією дуже різноманітні, та їх можна класифікувати за різними підставами.

Так в роботі [11] виділяються два класи завдань організаційного управління: завдання управління функціонуванням або оперативного управління і завдання управління змінами. Завдання першого типу стосуються щоденного, щомісячного управління організацією – заводом, комерційною фірмою або установою – у відносно стабільних умовах. До них відносяться завдання планування, розподілу ресурсів, стимулювання співробітників і багато інших. Завдання другого типу мають справу з корінною перебудовою організації, принциповими змінами в ній. Необхідність вирішення таких завдань виникає як при створенні нової організації (організаційний дизайн), так і в процесі функціонування вже існуючої (реінжиніринг), наприклад, у зв'язку з істотною зміною зовнішніх умов.

Процес організаційного оформлення поділяється на три етапи [11]:

1) Визначення технології. На першому етапі визначаються цілі організації, будуються технологічні процеси, що дозволяють досягти цих цілей, визначається кількість і склад рядових співробітників (виконавців), які необхідні для реалізації технологічних процесів.

2) Побудова структури управління. На другому етапі знаходиться кількість менеджерів, які необхідні для управління виконавцями, і визначається взаємна підпорядкованість менеджерів.

3) Розробка механізмів управління. На даному етапі визначаються повноваження менеджерів, припустимі способи їх впливу на своїх підлеглих тощо, тобто будуються механізми управління.

Для вирішення завдання пошуку оптимальної організаційної структури необхідно визначити критерій ефективності, який дозволяв би порівнювати між собою різні структури. Зазвичай в ролі такого критерію виступає вартість компанії або її прибуток (які необхідно максимізувати) або управлінські витрати – витрати на утримання системи управління (які необхідно мінімізувати). У найзагальнішому вигляді завдання пошуку оптимальної ієрархії можна сформулювати наступним чином [27]. Нехай задано кінцеву множину виконавців N , множину припустимих ієрархій $\Omega \in \Omega(N)$ і функцію витрат на утримання ієрархії $C : \Omega \rightarrow [0; +\infty]$, яка кожній припустимій ієрархії ставить у відповідність невід'ємне число. Необхідно знайти припустиму ієрархію з мінімальними витратами, тобто знайти

$$H^* \in \mathit{Arg} \min_{H \in \Omega} C(H)$$

Множина припустимих ієрархій Ω , може як збігатися з множиною $\Omega(N)$ всіх ієрархій, які управляють набором виконавців N , так і бути її строгою підмножиною.

Зокрема, в залежності від змістовної постановки задачі, можуть шукатися оптимальне дерево або оптимальна r -ієрархія.

Коли кількість виконавців невелика, це завдання може вирішуватися повним перебором всіх можливих ієрархій.

Однак, зазвичай припустимих ієрархій досить багато, тому задати функцію витрат перерахуванням її значень для всіх ієрархій з множини Ω неможливо.

Тому для розробки ефективних методів пошуку оптимальних ієрархій робиться ряд припущень і спрощень про вид функції витрат, щоб обмежити їх розгляд деякими класами. Ці припущення ґрунтуються на емпіричних дослідженнях функції витрат реальних організаційних ієрархій або вводиться із загальнооекономічних міркувань.

На сьогодні розроблені наступні класи функцій витрат на управління:

- секційні функції витрат;
- функції витрат, що залежать від мір;
- однорідні функції витрат.

Дамо характеристику кожного з перерахованих класів. Нехай задано кінцеві множини виконавців $N = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$ і менеджерів $M = \{m_1, m_2, \dots, m_k\}$. Тоді функція витрат менеджера називається секційною, якщо вона залежить тільки від групи виконавців, якими керують безпосередньо підлеглі йому менеджери. При цьому, якщо групи виконавців не перекриваються (тобто відсутнє дублювання одним підлеглим роботи іншого), то згідно з [9,27] існує оптимальна на множині $\Omega(N)$ ієрархія, що володіє наступними властивостями:

1) унікальність групи: всі менеджери керують різними групами виконавців;

2) єдиний топ-менеджер: є тільки один топ-менеджер інші співробітники мають начальника і прямо або опосередковано підпорядковані топ-менеджеру;

3) розподіленість повноважень: серед співробітників безпосередньо підлеглих будь-якому менеджеру, жоден з них не управляє іншим.

Завдання секційної функції витрат (C) в загальному випадку зводиться до прямого перерахування її значення для всіх можливих наборів груп виконавців, що зазвичай неможливо через величезну кількість таких наборів [27]. Тому для її подання в компактній формі вводиться числова характеристика – міра, яка змістовно може відповідати, наприклад, складності виконуваної роботи. Тоді кожному виконавцю $\omega \in N$ ставиться у відповідність позитивне число $\mu(\omega)$ – його міра.

Мірою $\mu(S)$ групи виконавців $S = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k\}, S \subseteq N$ називається сумарна міра виконавців, що входить до групи, тобто $\mu(S) = \sum_{\omega \in S} \mu(\omega)$. Тоді функцію витрат менеджера можна записати у вигляді функції $r + 1$ змінних:

$C(S_1, \dots, S_r) = C(\mu_1, \dots, \mu_r, \mu)$, де μ_1, \dots, μ_r – це міри групи, якими керують безпосередні підлеглі менеджера, а μ – міра групи, якою керує він сам.

Така функція витрат називається залежною від мір. Міра групи відповідає сумарній складності робіт, виконуваних групою, саме від цієї складності залежать витрати по управлінню групою.

Якщо, наприклад, всі виконавці вважаються однаковими і кожен з них має міру, рівну одиниці, тоді міра групи дорівнює кількості виконавців, що належать до неї, а функція витрат менеджера залежить від кількості виконавців, якими керують безпосередньо підлеглі йому співробітники.

Наступним припущенням, що характеризує функцію витрат менеджера, є припущення про її однорідність, що визначається такими передумовами [27]: норма керованості повинна бути постійною в рамках однієї організації, тобто кожен її менеджер має приблизно однакову кількість підлеглих; розглядається модель симетричної організаційної структури, яка характеризується однаковою довжиною ланцюжка підпорядкування між топ-менеджером і будь-яким кінцевим виконавцем. Такий ланцюжок дорівнює кількості рівнів ієрархії дерева.

Однорідна функція витрат на утримання ієрархії пов'язана з поняттям однорідного дерева. Дерево називається (r, x) -однорідним, якщо кожен його менеджер має рівно r безпосередніх підлеглих і поділяє між ними підпорядковану йому групу виконавців в пропорції $x = (x_1, \dots, x_r)$, $x_1 + \dots + x_r = 1$. В (r, x) -однорідному дереві H безпосередні підлеглі топ-менеджера керують групами виконавців n_1, \dots, n_r . Число r називається нормою керованості однорідного дерева.

На рис. 2.4 зображено три однакових дерева [27]. Для кожного співробітника на рисунку вказана міра групи, якою він керує. Ієрархія 2.4.a) – це 3-дерево з пропорцією $x = (\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3})$. Дерево має симетричний вигляд (однорідні дерева завжди симетричні, якщо виконавці мають однакові міри).

Ієрархія 2.4.б) – це 2-дерево з пропорцією $x = (\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$, ієрархія 2.4.в) – це 2-дерево з пропорцією $x = (\frac{1}{3}, \frac{2}{3})$.

Необхідно відмітити, що для заданої множини виконавців може не існувати жодного однорідного дерева, крім віялової ієрархії (будь-яка віялова ієрархія є однорідним деревом). Таким чином, однорідне дерево з нормою керованості r і пропорцією $(1/r, \dots, 1/r)$ існує тільки в тому випадку, якщо n є цілим ступенем r . Для кількості виконавців від двох до шести оптимальною є віялова ієрархія.

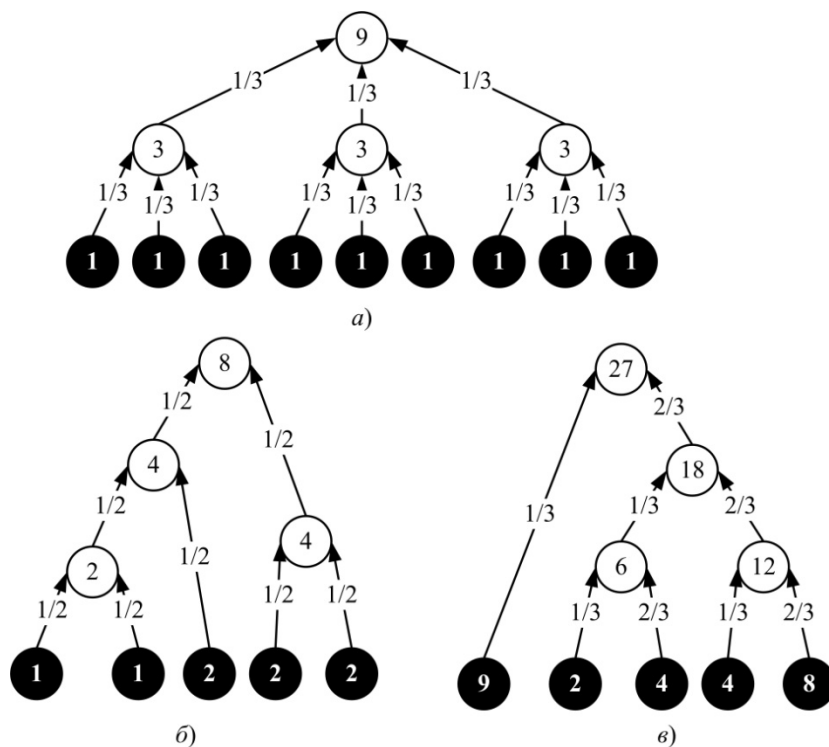


Рисунок 2.4 – Приклади однорідних дерев

У загальному випадку справедливим є наступний результат [27]. Нехай задані норма керованості r , пропорція x і деяке натуральне число q . Якщо кількість виконавців $n = 1 + q(r - 1)$, то можна призначити міри виконавців так, щоб на цій множині виконавців існувало (r, x) -однорідне дерево з q менеджерами. Якщо ж ні для якого натурального числа q вказана рівність не виконується, для n виконавців побудувати однорідне дерево з нормою керованості r неможливо. Наслідком цього твердження є те, що кількість

менеджерів в однорідному дереві з нормою керованості r на множині їх n виконавців дорівнює $q = \frac{n-1}{r-1}$.

2.4 Критерій оцінювання організаційних структур за витратами на їх утримання

Як було зазначено вище, у ролі критерію, який мінімізується вибором ієрархічної структури, досить часто виступають витрати ієрархії, що складаються з витрат менеджерів, що входять до неї. Вважається, що функція витрат менеджера є секційною, тобто витрати менеджера залежать від того, якими групами виконавців управляють його безпосередні підлеглі. Підклас секційних функцій витрат складають функції витрат, які залежать не від самих груп виконавців, а від їхніх числових характеристик, які називаються мірами. Розглядання лише функцій витрат, які залежать від мір, дозволяє записати функцію витрат ієрархії в компактній формі та піти значно далі в дослідженні задачі пошуку оптимальної ієрархії. Проведений аналіз результатів останніх досліджень, що був направлений на пошук оптимальних ієрархій, дозволяє сформулювати низку властивостей, які їх характеризують [47-49, 54, 55, 59]:

- 1) відсутність дублювання, при якому два менеджера m_1 і m_2 керують однією й тією же групою виконавців $V_j, j = 1..n$:

$$\{(V_1^{(1)}, V_2^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \in m_1\} \cap \{(V_1^{(2)}, V_2^{(2)}, \dots, V_n^{(2)}) \in m_2\} = \emptyset;$$

- 2) якщо менеджер m_1 безпосередньо підпорядковується менеджеру m_2 ($m_1 \in m_2$), тоді останній не керує підлеглими першого:

$$(V_1^{(1)}, V_2^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \notin m_2;$$

- 3) Наявність тільки одного менеджера (топ-менеджера) m_0 , який не має керівників та якому підпорядковані усі інші менеджери та виконавці організації:

$$\{(V_1^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \in m_1, (V_1^{(2)}, \dots, V_l^{(2)}) \in m_2, \dots, (V_1^{(d)}, \dots, V_k^{(d)}) \in m_d\} \in m_0;$$

- 4) Норма керованості r (кількість підлеглих у менеджера) в рамках однієї організації є постійною ($r=const$), тобто кожний її менеджер має приблизно однакову кількість підлеглих:

$$(r_{m_1} \approx r_{m_2} \approx \dots \approx r_{m_k});$$

- 5) Наявність симетричності (однорідності) в організаційній ієрархії, коли топ-менеджер (m_0) поділяє групу виконавців між менеджерами на приблизно рівні частини або пропорції:

$$\{(V_1^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \in m_1\} \approx \{(V_1^{(2)}, \dots, V_n^{(2)}) \in m_2\} \approx \dots \approx \{(V_1^{(d)}, \dots, V_k^{(d)}) \in m_d\};$$

- 6) Кількість менеджерів в оптимальній ієрархії з нормою керованості r на множині з n виконавців дорівнює:

$$M = (n - 1) / (r - 1).$$

Розглянемо деякі з критеріїв детальніше.

Симетричність. На самому нижньому рівні ієрархії знаходяться кінцеві виконавці, на верхньому рівні — топ-менеджер або власник компанії, інші рівні складаються менеджерів середньої ланки, причому вважається, що безпосередній начальник кожного співробітника знаходиться на попередньому рівні ієрархії. Особливістю моделі є те, що довжина «ланцюжка підпорядкування» між будь-яким виконавцем і топ-менеджером однакова і дорівнює кількості рівнів ієрархії, що дозволяє називати такі ієрархії «симетричними». Менеджер поділяє групу виконавців, що йому підпорядкована, між своїми безпосередніми підлеглими в пропорції x .

Норма керованості. У моделі М. Бекмана [115] структура управління організацією моделюється послідовністю ієрархічних рівнів, пронумерованих зверху вниз починаючи з нульового 1. На i -му рівні знаходиться L_i менеджерів. Відношення L_{i+1}/L_i кількості менеджерів на двох сусідніх рівнях визначає норму керованості, середню кількість безпосередніх підлеглих у кожного менеджера рівня i .

Бекман робить два важливих припущення. По-перше, норма керуваності на будь-якому рівні ієрархії не може бути менше фіксованої константи a , строго більшою одиниці. По-друге, якщо організація розширюється за рахунок додавання нових виконавців на найнижчий рівень ієрархії, то ієрархія управління може змінитися (може збільшитися і загальна кількість менеджерів, і кількість ієрархічних рівнів), але з виконанням умови $\Delta L_i \geq a\Delta L_{i+1}$. Інакше кажучи, додавання менеджера на рівень $i+1$ супроводжується додаванням не менше a менеджерів до попереднього рівня.

Ці припущення дозволяють показати, що додаткові витрати на утримання ієрархії при введенні до організації нового виконавця обмежені зверху величиною $w/(1 - b/a)$, де w – винагорода рядового виконавця, тобто з ростом організації витрати ієрархії збільшуються не більш ніж лінійно і не можуть бути чинником, що обмежує зростання.

Наведені критерії за своєю суттю є частковими критеріями, які дозволяють здійснювати пошук оптимальних ієрархій H_{opt} на деякій початковій множині $\Omega(H_i)$, $i=1, \dots, N$. Тоді загальне правило пошуку оптимальних ієрархій можна представити у такому вигляді:

$$H_{opt} \Rightarrow \begin{cases} \{(V_1^{(1)}, V_2^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \in m_1\} \cap \{(V_1^{(2)}, V_2^{(2)}, \dots, V_n^{(2)}) \in m_2\} = \emptyset \\ (V_1^{(1)}, V_2^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \notin m_2 \\ \{(V_1^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \in m_1, (V_1^{(2)}, \dots, V_l^{(2)}) \in m_2, \dots, (V_1^{(d)}, \dots, V_k^{(d)}) \in m_d\} \in m_0 \\ (r_{m_1} \approx r_{m_2} \approx \dots \approx r_{m_k}) \\ \{(V_1^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \in m_1\} \approx \{(V_1^{(2)}, \dots, V_n^{(2)}) \in m_2\} \approx \dots \approx \{(V_1^{(d)}, \dots, V_k^{(d)}) \in m_d\} \\ M = (n-1)/(r-1) \end{cases}$$

2.5 Критерій оцінювання організаційних структур за показниками їх якості

Розглянемо підхід [47-49, 54, 55, 59], який дозволяє визначити якість організаційної структури на основі оцінки її якості з використанням теорії графів.

До групи показників якості ієрархічних структур можна віднести наступні [29-33]:

- керованість (збалансованість) організаційної структури, що може бути оцінена двома показниками – інформаційним навантаженням елементів структури, неоднорідністю інформаційного навантаження;
- компактність (цілісність) організаційної структури (діаметр графа, радіус графа, висота дерева, збалансованість дерева);
- стійкість організаційної структури (число зовнішньої стійкості, число внутрішньої стійкості).

Керованість. Інформаційне навантаження інтерпретується величиною ступеня відповідної вершини V_i графа $G=(V,E)$, яка визначається кількістю ребер, інцидентних V_i і позначається $\deg V_i$. Мінімальний ступінь вершин графа G визначається виразом:

$$\min \deg G = \min \{ \deg V_1, \deg V_2, \dots, \deg V_n \}.$$

Максимальний ступінь вершин графа G визначається виразом:

$$\max \deg G = \max \{ \deg V_1, \deg V_2, \dots, \deg V_n \}.$$

У випадку, коли $\min \deg G = \max \deg G$, тобто всі вершини мають однаковий ступінь, такий граф називається однорідним. Системно обґрунтованою і оптимальною характеристикою кількості управлінських зв'язків на вищих рівнях ОС є ступінь вершини, що дорівнює 7, тобто $\deg V_i \leq 7$ [29]. Тоді показник інформаційного навантаження може бути оцінений як $\lambda_i = \lambda_{V_i} / 7$, величина нерівномірності (неоднорідності) навантаження характеризується наступним виразом:

$$\bar{\lambda} = \frac{\max \deg G}{\min \deg G}.$$

Компактність. Діаметр графа $D(G)$ визначається довжиною найдовшої геодезичної, яка в свою чергу визначає довжину найкоротшого ланцюга між довільними вершинами $d(V_i, V_j)$, тобто

$$D(G) = \max \{d(V_i, V_j)\}, \quad (V_i, V_j) \in V, \quad V \subset G.$$

Радіус графа характеризує найменше з максимальних значень відстаней від деякої фіксованої вершини V_0 (яка є центром графу, тобто центром прийняття управлінських рішень) до всіх інших вершин і визначається як

$$R(G) = \min \max \{d_1(V_0, V_1), d_2(V_0, V_1), \dots, d_m(V_0, V_1)\}.$$

Ефективність (оптимальність) структури в плані її компактності (цілісності) забезпечується наступними умовами: $D(G) \Rightarrow \min$;
 $D(G) - R(G) \Rightarrow \min$.

Висотою графа-дерева $H(G)$ називається довжина найбільшого маршруту, що проходить з кореневої вершини V_0 через проміжні вершини до якої-небудь кінцевої вершини V_n . $H(G)$ в свою чергу характеризується кількістю рівнів k . Вершина V_i , віддалена на відстань k від кореневої вершини V_0 , розташована на рівні k (або є вершиною рівня k). Сам корінь має рівень 0. Вузли одного рівня утворюють ярус дерева.

Дерево називається збалансованим (або симетричним), коли висота вузла лівого і правого піддерев відрізняється не більше ніж на 1.

Стійкість. Число внутрішньої стійкості (або число незалежності) $\alpha(G)$ – характеризує кількість вершин в найбільшій максимальній внутрішньо стійкій множині графа G :

$$\alpha_0(G) = \max \{|S_i|\}, \quad S_i = V,$$

де S_i – внутрішні стійкі підмножини;

$|S_i|$ – кількість елементів в S_i .

Число $\alpha(G)$ визначає множину незалежності учасників управлінської діяльності, ступені свободи організаційної структури, компетентність і професіоналізм у створенні управлінських впливів. Чим більшим є $\alpha(G)$, тим менше ймовірність появи помилок в процесі прийняття управлінських рішень.

Множина внутрішньої стійкості графа – це сукупність несуміжних вершин, вона визначає множину незалежності учасників управлінської діяльності.

Число зовнішньої стійкості (або число домінування) $\beta(G)$ – визначає кількість вершин, що входять до найменшої множини зовнішньої стійкості:

$$\beta_0(G) = \min\{|S_i|\}, S_i = V,$$

де S_i – зовнішньо стійкі підмножини;

$|S_i|$ – кількість елементів в S_i .

Підмножина вершин графа V є зовнішньо стійкою, якщо кожна вершина графа G суміжна з деякою вершиною з V ; інакше кажучи, кожна вершина графа знаходиться на відстані не більше 1 дуги від множини, що домінує. Належність до множини, що домінує, характеризує кількість елементів структури, де можуть прийматися рішення, їхня вага по відношенню до загального числа структурних елементів та надійність забезпечення інформацією всіх учасників управлінської діяльності. Чим більше $\beta(G)$, тим вище надійність.

2.6 Критерій оцінювання структур, що визначає функціональне інформаційне навантаження менеджерів вищої ланки

Як було наведено у розділі 2.2, формули (2.4)-(2.6), які розраховують цінність інформації через визначення ймовірностей досягнення та недосагнення мети, досить складно пристосувати до поставленої задачі оцінки інформаційного навантаження елементів організаційної структури. Тому для визначення цінності інформації скористаємося наступною формулою узагальненого показника цінності інформації, який використовує суб'єктивну оцінку учасників комунікації щодо її інформативності [2]:

$$Z(x) = \sum_{i=1}^q w_i(x) \cdot c_i(x), \quad (2.7)$$

де $c_i(x)$ – сукупність вимірюваних властивостей інформаційного блоку x , ($c_i \in C$, $c_i = 0..1$);

$w_i(x)$ – це множина показників важливості властивостей, визначених експертом або групою експертів;

q – кількість властивостей інформації, що визначають значення повідомлення.

Множина C складається з наступних інформаційних властивостей: вірогідність – $c_1(x)$, повнота – $c_2(x)$, конфіденційність – $c_3(x)$, цілісність – $c_4(x)$, своєчасність – $c_5(x)$, релевантність – $c_6(x)$, зрозумілість – $c_7(x)$.

Розглянемо це детальніше на прикладі визначення кількості інформації в повідомленнях, які отримують менеджери один від одного.

Нехай деяка СЛФОС має 8 менеджерів, які взаємодіють між собою через канали функціональних зв'язків: X_1 – директор з маркетингу, X_2 – генеральний конструктор, X_3 – зам. ген. директора з виробництва, X_4 – технічний директор, X_5 – головний інженер, X_6 – зам. ген. директора з фінансів та економіки, X_7 – головний бухгалтер, X_8 – директор з закупівель.

Результати парного порівняння значущості інформаційних властивостей представлені у вигляді матриці (таблиця 2.1). Оцінки експертів отримані за допомогою методу Сааті (МАІ), в якому пропонується шкала важливості від 1 до 9.

Таблиця 2.1 – Попарне порівняння значущості властивостей

| | $c_1(x)$ | $c_2(x)$ | $c_3(x)$ | $c_4(x)$ | $c_5(x)$ | $c_6(x)$ | $c_7(x)$ |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $c_1(x)$ | 1 | 3 | 7 | 9 | 3 | 1 | 7 |
| $c_2(x)$ | 0,33 | 1 | 5 | 7 | 0,33 | 0,2 | 3 |
| $c_3(x)$ | 0,14 | 0,2 | 1 | 3 | 0,2 | 0,14 | 0,33 |
| $c_4(x)$ | 0,11 | 0,14 | 0,33 | 1 | 0,14 | 0,11 | 0,2 |
| $c_5(x)$ | 0,33 | 3 | 5 | 7 | 1 | 0,33 | 1 |
| $c_6(x)$ | 1 | 5 | 7 | 9 | 3 | 1 | 7 |
| $c_7(x)$ | 0,14 | 0,33 | 3 | 5 | 1 | 0,14 | 1 |

Обчислення коефіцієнтів w_i дає наступні результати: $w_1(x) = 0,27$; $w_2(x) = 0,15$; $w_3(x) = 0,04$; $w_4(x) = 0,02$; $w_5(x) = 0,15$; $w_6(x) = 0,28$; $w_7(x) = 0,09$.

В якості прикладу визначимо $I_{\mu i}$ для повідомлень, які отримав менеджер X_1 . Менеджер оцінив отримані від менеджерів X_2 - X_8 повідомлення за інформаційними властивостями c_1 - c_7 як показано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Оцінки властивостей повідомлень отриманих X_1

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| X_2 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 1,0 | 1,0 |
| X_3 | 1,0 | 0,4 | 0,4 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0,3 |
| X_4 | 0,4 | 0,3 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 0,7 | 0,2 |
| X_5 | 0,5 | 0,2 | 0,8 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 |
| X_6 | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,9 |
| X_7 | 0,5 | 0,9 | 0,6 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,3 |
| X_8 | 0,5 | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,5 |

Тоді значення $Z(x)$ узагальненого показника $I_{\mu i}$ повідомлень від менеджера X_2 до менеджера X_1 відповідно до (2.7) буде дорівнювати

$$0,5 \cdot 0,27 + 0,9 \cdot 0,15 + 0,9 \cdot 0,04 + 0,7 \cdot 0,02 + 0,6 \cdot 0,15 + 1,0 \cdot 0,28 + 1,0 \cdot 0,9 = 0,78.$$

Значення узагальнених показників $I_{\mu i}$ повідомлень до X_1 виглядають наступним чином: $Z_{X_2}(x) = 0,78$; $Z_{X_3}(x) = 0,74$; $Z_{X_4}(x) = 0,58$; $Z_{X_5}(x) = 0,55$; $Z_{X_6}(x) = 0,69$; $Z_{X_7}(x) = 0,57$; $Z_{X_8}(x) = 0,52$. Таким чином кількість інформації, отриманої менеджером X_1 дорівнює 4,44.

В рамках побудови аналітичної моделі СЛФОС розглянутий приклад розрахунку цінності потоків інформації, які проходять через функціональні зв'язки, дає можливість визначити найбільш завантажених менеджерів вищої ланки, щоб в подальшому оптимізувати їх інформаційне навантаження.

2.7 Висновки за розділом 2

За матеріалами, наведеними у даному розділі, можна зробити наступні висновки:

- 1) наведено формалізований опис ієрархічних організаційних структур на основі орієнтованих ациклічних графів, на основі якого запропонована дескриптивно-аналітична модель СЛФОС, яка враховує вертикальні (лінійні) та горизонтальні (функціональні) зв'язків;
- 2) запропоновано три групи критеріїв оцінювання СЛФОС, які визначають витрати на її утримання, якість структури та інформаційне навантаження менеджерів функціональних підрозділів;
- 3) удосконалено метод обчислення якості інформації повідомлень, якими обмінюються менеджери через канали функціональних зв'язків, за рахунок використання отриманих від учасників комунікації суб'єктивних оцінок її інформативності та показників важливості властивостей інформації, визначених експертом або групою експертів.
- 4) показано, що задача вибору СЛФОС, що є припустимими за оптимальністю, може бути представлена та вирішена як завдання пошуку і вибору багатокритеріальних альтернатив.

Основні положення цього розділу викладені у публікаціях автора [47-49, 54-57, 119].

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМИ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ СКЛАДНИХ ЛІНІЙНО- ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СТРУКТУР В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

3.1 Моделі невизначеностей, що породжуються різними формами експертних суджень та оцінок

Запропонована в даній роботі система критеріїв оптимізації СЛФОС дозволяє здійснити їх попередній аналіз та отримати низку кількісних оцінок їх характеристик. Це створює основу для проведення групової експертизи й наступного вибору припустимих за оптимальністю структур.

При аналізі групових експертних оцінок ефективні результати можуть бути отримані при правильному виборі та застосуванні відповідних підходів, що дозволяють отримувати більш ефективні результати попарного порівняння. Такий вибір повинен враховувати різні форми незнання, під якими розуміють ситуації, коли необхідна інформація або відсутня, або недостатня, або представлена в невідповідній формі. В ряді публікацій [6, 12 46, 83 та ін.] автори виділяють наступні форми незнання: **неповнота** – ситуації, при яких деякі дані невідомі, але вся доступна інформація повна і коректна; **нечіткість** – ситуації, при яких достовірність інформації не викликає сумнівів, проте ця інформація неточна; **невизначеність** – ситуації, при яких вся доступна інформація може бути істинною або помилковою, і може бути оцінена з використанням імовірнісних оцінок.

До недавнього часу аналіз зазначених форм незнання виконувався методами теорії ймовірностей і теорії нечітких множин.

Однак, на практиці можуть бути ситуації, в яких одночасно присутні різні форми незнання, наприклад, комбінація **невизначеності** і **неточності**. Наприклад, при проведенні експертизи необґрунтовано були обрані методи виявлення і (або) аналізу експертної інформації (фактор породжує ситуацію

неточності одержуваних даних); при проведенні аналізу експертної інформації не була врахована (не було надано) інформація про компетентність експертів (фактор породжує ситуацію невизначеності щодо отриманих даних).

Також необхідно враховувати той факт, що в процесі експертного оцінювання отримані від експертів судження щодо досліджуваної проблеми, висловлені на одній множині початкових даних, можуть взаємодіяти між собою в тій чи іншій мірі, щодо тієї інформації, яку вони можуть дати про множину початкових даних. Такі судження можуть бути узгодженими, сумісними, довільними, вони можуть об'єднуватися і перетинатися. Тому для аналізу і обробки перерахованих експертних суджень з'являється необхідність застосування нових теорій і підходів.

Огляд наукових публікацій, присвячених моделюванню складних невизначеностей, які характеризуються такими формами взаємодії експертів, як об'єднання і перетин, дозволяє зупинитися на наступних: теорія свідочств Демпстера-Шейфера [116,118,122,123,133]; теорія правдоподібних і парадоксальних міркувань Дезера-Смарандаке [117,125,134]; теорія перерозподілу конфліктів [128-130,134].

Розглянемо ряд ситуацій, які можуть виникати в процесі експертного оцінювання. Припустимо, що групі експертів пред'являється набір альтернатив, які підлягають оцінюванню, і кожному пропонується вибрати найбільш привабливу (кращу) з його точки зору альтернативу або групу альтернатив, виходячи з характеристик (властивостей) досліджуваних альтернатив, а також з огляду на вподобання експертів [61,62].

Нехай існує множина альтернатив $A = \{A_i \mid i = \overline{1, n}\}$ і група експертів $E = \{E_j \mid j = \overline{1, m}\}$, що виконують експертизу. Тоді буде сформована система підмножин $X = \{X_j \mid j = \overline{1, m}\}$, що відображають вибір експертів, таких, що $X_j \subseteq A$. Будь-яка підмножина X_j може бути побудована на основі правил:

1. $X_j = \{A_i\}$ – експерт вибрав одну альтернативу $A_i \in A$.
2. $X_j = \{A_i | i = \overline{1, p}\}, p < n$ – експерт вибрав p альтернатив $A_i \in A$.
3. $X_j = A = \{A_i | i = \overline{1, n}\}$ – експерт не може вибрати будь-яку із запропонованих альтернатив (всі альтернативи рівнозначні). (3.1)

Випадок 1. Нехай сформовані експертами підмножини $X_j \subseteq A, j = \overline{1, m}$, підпорядковані умові:

$$X_1 \subseteq X_2 \subseteq \dots \subseteq X_j \subseteq \dots \subseteq X_m \subseteq X.$$

В цьому випадку судження експертів визнані узгодженими.

Узгоджені судження експертів (свідоцтва) представляють собою такі свідоцтва, при яких область значень одного з них є підмножиною області визначення іншого. Структура таких свідоцтв має вкладений характер.

Виходячи зі структури, запропонованої на рис. 3.1, маємо:

- експерт 1 вважає, що необхідно виділити альтернативу 1 ($X_1 = \{A_1\}$);
- експерт 2 вважає, що необхідно виділити альтернативи 1 і 2 ($X_2 = \{A_1, A_2\}$), тобто альтернативи 1 і 2 для нього рівнозначні;
- експерт 3 вважає, що необхідно виділити альтернативи 1, 2 і 3 ($X_3 = \{A_1, A_2, A_3\}$);
- експерт 4 вважає, що необхідно виділити альтернативи 1, 2, 3 і 4 ($X_4 = \{A_1, A_2, A_3, A_4\}$);
- експерт 5 вибирає всі альтернативи ($X_5 = \{A_1, A_2, A_3, A_4, A_5\}$).

Випадок 1а. Нехай сформовані експертами підмножини $X_j \subseteq A, j = \overline{1, m}$, підпорядковані умові:

$$X_1 = X_2 = \dots = X_j = \dots = X_m,$$

тобто всі експерти виділили одну множину початкових даних.

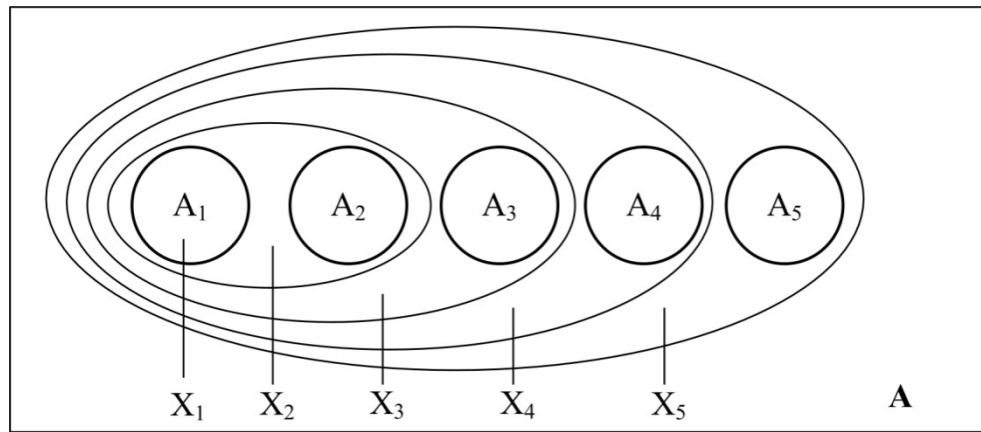


Рисунок 3.1 – Графічне представлення узгоджених експертних оцінок

Випадок 1б. Нехай сформовані експертами підмножини $X_j \subseteq A$, підпорядковані умові:

$$X_1 = X_2 = \dots = X_j = \dots = X_m, |X_j| = 1, \forall j = \overline{1, m},$$

тобто всі експерти виділили одну альтернативу як найкращу.

Ситуації 1а і 1б є окремими випадками узгоджених експертних свідочств. Такі судження можуть вважатися еквівалентними.

Випадок 2. Нехай сформовані експертами підмножини $X_j \subseteq A, j = \overline{1, m}$, підпорядковані умові:

$$X_1 \cap X_2 \cap \dots \cap X_j \cap \dots \cap X_m \neq \emptyset.$$

В такому випадку судження експертів визнані сумісними.

Сумісні судження експертів (свідочства), являють собою таку структуру, у які всі свідочства мають хоча б один загальний елемент (рисунок 3.2).

У цьому випадку:

- експерт 1 вважає, що необхідно виділити альтернативи 1 і 2 ($X_1 = \{A_1, A_2\}$);
- експерт 2 вважає, що необхідно виділити всі альтернативи, крім альтернативи 3 ($X_2 = \{A_1, A_2, A_4, A_5\}$);

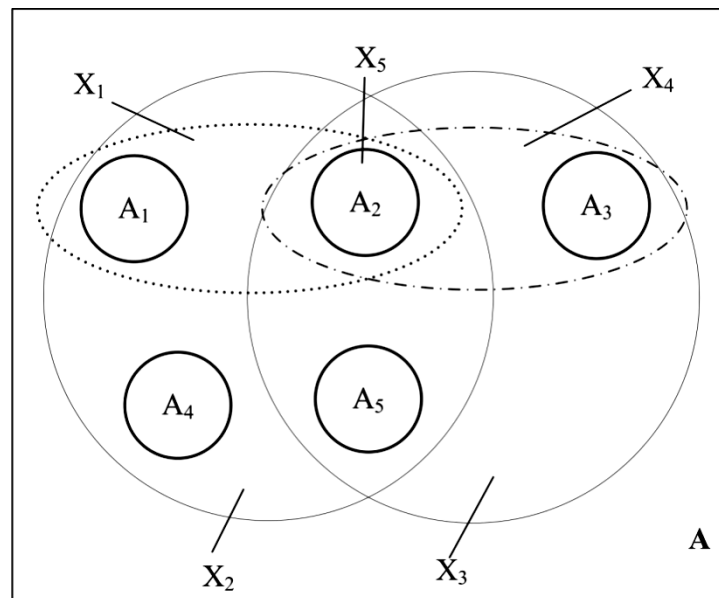


Рисунок 3.2 – Графічне представлення сумісних експертних оцінок

- експерт 3 вважає, що необхідно виділити альтернативи 2, 3 і 5 ($X_3 = \{A_2, A_3, A_5\}$);
- експерт 4 вважає, що необхідно виділити альтернативи 2 і 3 ($X_4 = \{A_2, A_3\}$);
- експерт 4 вважає, що необхідно виділити альтернативу 2 ($X_5 = \{A_2\}$).

Випадок 3. Нехай сформовані експертами підмножини $X_j \subseteq A, j = \overline{1, m}$, підпорядковані умові:

$$X_1 \cap X_2 \cap \dots \cap X_j \cap \dots \cap X_m \neq \emptyset, \exists C : X_i \cap X_j \neq \emptyset.$$

В цьому випадку судження експертів визнані довільними.

Довільні судження експертів (свідоцтва), являють собою таку структуру, в якій нема елементів, що належать одночасно всім свідоцтвам, однак деякі з них можуть мати загальні елементи (рисунок 3.3).

У цьому випадку:

- експерт 1 вважає, що необхідно виділити альтернативи 1 і 4 ($X_1 = \{A_1, A_4\}$);

- експерт 2 вважає, що необхідно виділити альтернативи 4 і 5 ($X_2 = \{A_4, A_5\}$);
- експерт 3 вважає, що необхідно виділити альтернативи 2, 3 і 5 ($X_3 = \{A_2, A_3, A_5\}$);
- експерт 4 вважає, що необхідно виділити альтернативу 1 ($X_4 = \{A_1\}$);
- експерт 5 вважає, що необхідно виділити альтернативи 1 і 2 ($X_5 = \{A_1, A_2\}$).

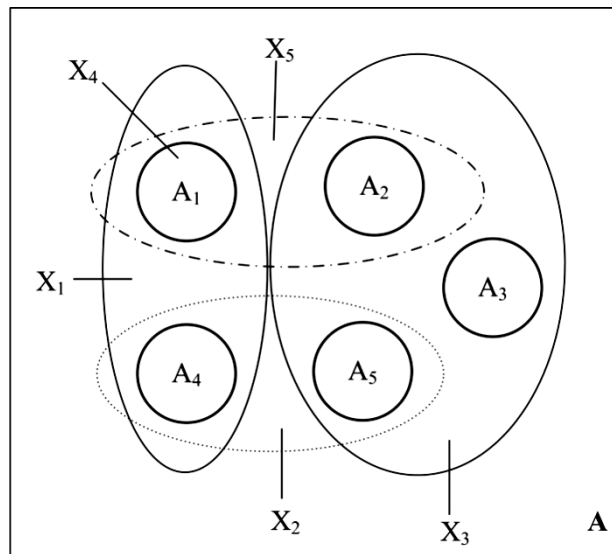


Рисунок 3.3 – Графічне представлення довільних експертних оцінок

Випадок 4. Нехай сформовані експертами підмножини $X_j \subseteq A, j = \overline{1, m}$, підпорядковані умові:

$$\forall X_i, X_j \subseteq X : X_i \cap X_j = \emptyset.$$

В цьому випадку судження експертів визнані роздільними.

Роздільні або **непов'язані** судження експертів (свідощтва), являють собою таку структуру, в якій всі свідощтва ніяк не взаємодіють між собою (не перетинаються) (рисунок 3.4).

У цьому випадку:

- експерт 1 вважає, що необхідно виділити альтернативи 1 і 2 ($X_1 = \{A_1, A_2\}$);

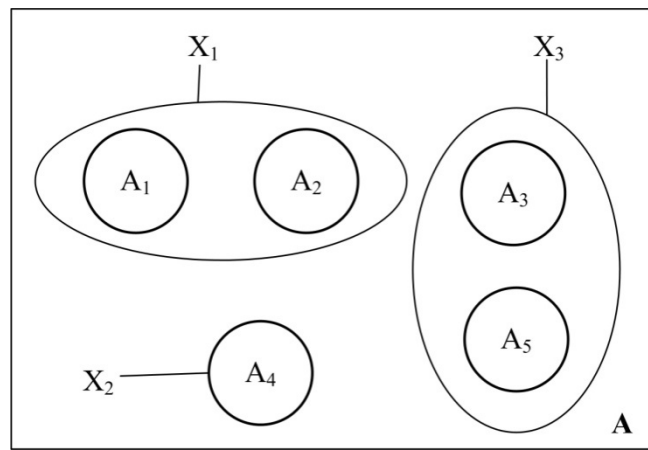


Рисунок 3.4 – Графічне представлення непов’язаних експертних оцінок

- експерт 2 вважає, що необхідно виділити альтернативу 4 ($X_2 = \{A_4\}$);
- експерт 3 вважає, що необхідно виділити альтернативи 3 і 5 ($X_3 = \{A_3, A_5\}$).

Випадок 4а. Нехай сформовані експертами підмножини $X_j \subseteq A$, підпорядковані умові: $\forall X_i, X_j \subseteq X : X_i \cap X_j = \emptyset, |X_j| = 1, \forall j = \overline{1, m}$, тобто кожен з експертів виділив одну унікальну альтернативу (таку альтернативу, яку не вибрав жоден з інших експертів) як найкращу.

Розглянемо основні положення теорії Демпстера-Шейфера (ТДШ) і теорії Дезера-Смарандаке (ТДС).

Нехай задано множину початкових даних (альтернатив) $\Omega = \{\omega_i \mid i = \overline{1, n}\}$.

В рамках ТДШ множина Ω (основа аналізу) являє собою множину вичерпних (всіх можливих в даній ситуації) і взаємовиключних (унікально визначених і відмінних від інших) елементів.

На основі ТДШ експертом можуть бути виділені підмножини $X_j \subseteq \Omega$ (рисунок 3.5), $i = \overline{1, 2^{|\Omega|}}$, де $2^{|\Omega|}$ – множина усіх можливих підмножин, які задовольняють вимогам (3.1), в тому числі порожню множину $X_i = \{\emptyset\}$.

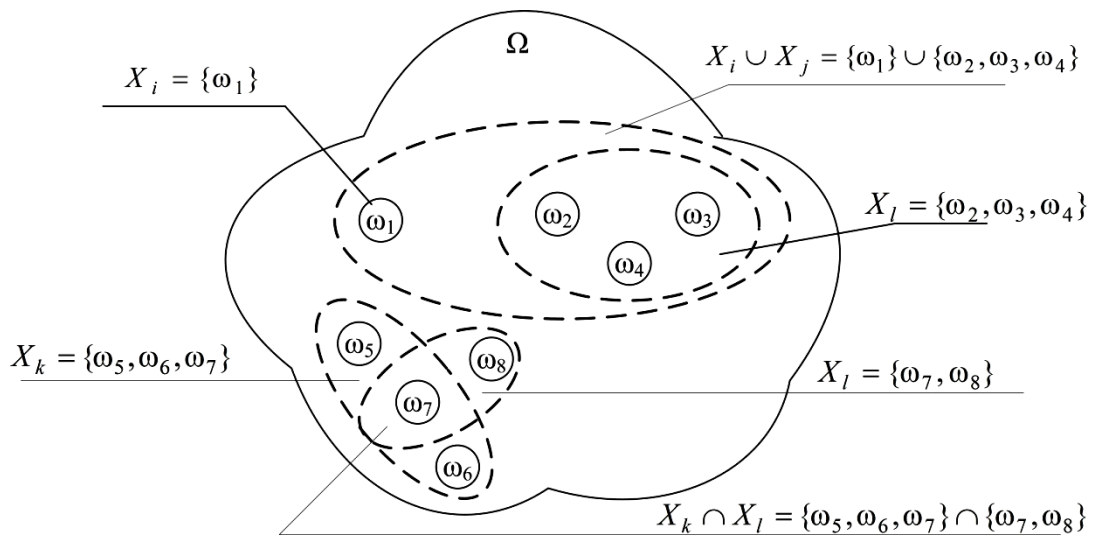


Рисунок 3.5 – Представлення основи аналізу в теорії свідочств
Демпстера-Шейфера

У реальності існують ситуації, при яких не завжди вдається унікально визначити (виділити повністю різні) всі або деякі елементи основи аналізу (тобто не підтримується умова взаємовиключності), в цьому випадку вони можуть в значній мірі перекриватися один одним. Це можливо в ситуації, коли елементи основи аналізу відображають невиразні, невизначені поняття, наприклад, старість-молодість, колірну гамму тощо.

Для аналізу таких ситуацій виникла необхідність в новій більш широкій теорії, яка могла б оперувати специфічними невизначеностями такого роду. Ця теорія, створена на початку ХХІ століття, отримала назву теорії правдоподібних і парадоксальних міркувань (теорія Дезера-Смарандаке – ТДС). ТДС розглядає множину Ω (основа задачі) тільки як множину вичерпних елементів $\Omega = \{\omega_i \mid i = \overline{1, n}\}$, які можуть потенціально перекриватися.

На основі ТДС експерт може виділити підмножини $X_i \subseteq \Omega$ (рисунок 3.6), $i = \overline{1, |D^\Omega|}$, де D^Ω – множина всіх можливих підмножин, які можуть бути сформовані на множині Ω та задовольняють вимогам:

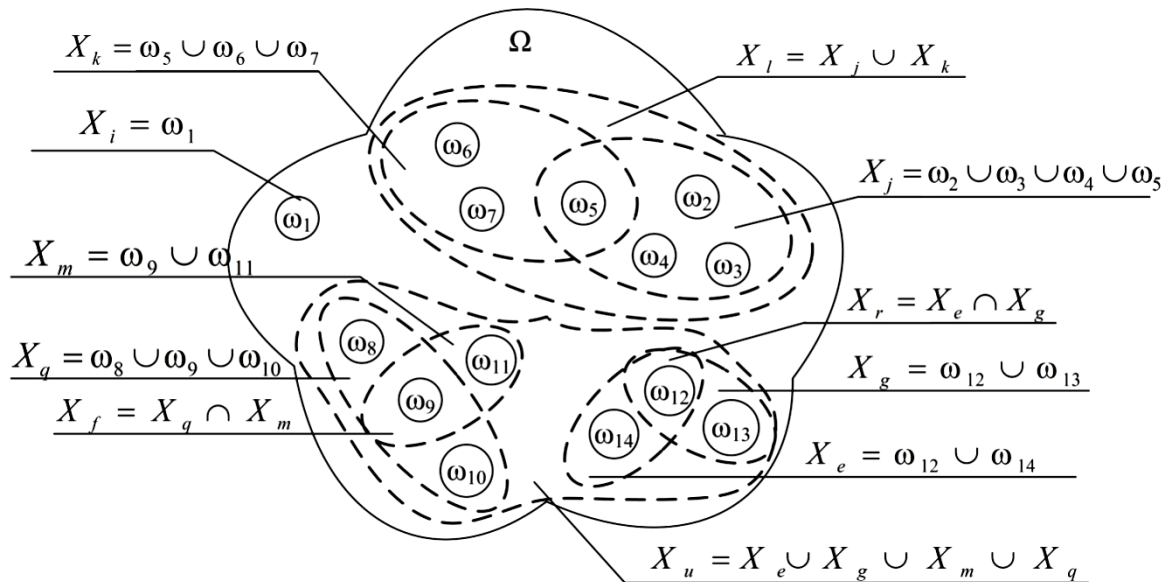


Рисунок 3.6 – Представлення основи аналізу в теорії правдоподібних і парадоксальних міркувань Дезера-Смарандаке

- $X_i = \{\emptyset\}$;
- Умови, які відповідають (3.1);
- Якщо $X_i, X_j \subset D^\Omega$, тоді $X_i \cap X_j \in D^\Omega$ і $X_i \cup X_j \in D^\Omega$.

Основу вказаних теорій складають три базові функції:

- основна маса ймовірностей $m: \Lambda \rightarrow [0;1]$:

$$0 \leq m(X_i) \leq 1, \quad \forall (X_i \in \Lambda), \quad m(\emptyset) = 0, \quad \sum_{X_i \in \Lambda} m(X_i) = 1;$$

- функція впевненості (довіри) $Bel: \Lambda \rightarrow [0;1]$:

$$Bel(B) = \sum_{X_i \subseteq B, X_i \in \Lambda} m(X_i);$$

- функція правдоподібності $Pl: \Lambda \rightarrow [0;1]$:

$$Pl(B) = \sum_{X_i \cap B \neq \emptyset, X_i \in \Lambda} m(X_i),$$

де множина Λ відповідає 2^Ω для ТДШ і D^Ω для ТДС.

Число $m(X_i)$ визначає суб'єктивний ступінь впевненості, що шуканий елемент множини Ω знаходиться в підмножині $X_i \subseteq \Omega$.

Значення функції впевненості для окремих підмножин висловлюють всю ступінь підтримки, що віддається кожній з таких підмножин. Значення функції правдоподібності висловлюють повну ступінь потенційної підтримки, яка може бути віддана кожній з цих підмножин.

Значення функцій $Bel(\bullet)$ і $Pl(\bullet)$ визначають верхню і нижню межі інтервалу, який містить точну величину ймовірності $P(B)$ розглянутої підмножини B :

$$Bel(B) \leq P(B) \leq Pl(B).$$

Інтервал називається *інтервалом довіри* та є одиничним інтервалом $[0;1]$.

Таким чином було розглянуто низку моделей, які описують різні форми групових експертних суджень, які можуть бути джерелами специфічних невизначеностей, що не дозволяє використовувати для їх моделювання традиційну теорію ймовірностей.

Якщо, наприклад, $\Omega = \{X_1, X_2\}$ – найпростіша основа аналізу, яка складається лише з двох елементів, то теорія ймовірностей визначає їх як $p(X_1) + p(X_2) = 1$. ТДШ припускає наявність виразу $p(X_1) + p(X_2) + p(X_1 \cup X_2) = 1$, а ТДС – $p(X_1) + p(X_2) + p(X_1 \cup X_2) + p(X_1 \cap X_2) = 1$. Інакше кажучи, визначена частина ймовірності може бути віднесена до об'єднання та перетину групових експертних суджень [62].

3.2 Ранжування експертних оцінок організаційних структур із використанням теорії свідочств Демпстера-Шейфера

Розглянемо підхід, в якому замість порівняння окремих альтернатив між собою, експертам або ОПР пропонується по кожному з критеріїв виділити підгрупи з множини всіх альтернатив, а потім визначити ступені їх переваги в заданій шкалі по відношенню до всіх інших альтернатив (експерт сам визначає для яких підгруп або підмножин альтернатив він може визначити ступені їх переваги). При цьому перевага окремої підгрупи

альтернатив еквівалентна завданню парного порівняння цієї підгрупи і всієї множини альтернатив. Така процедура отримала назву «теорія свідочств Демпстера-Шейфера». Далі обробка результатів експертного опитування та обчислення ваг альтернатив виконується за допомогою правила комбінування свідочств, коли обчислюються комбіновані базові ймовірності (маси ймовірностей) і визначаються функції довіри і правдоподібності для всіх підгруп альтернатив, включаючи підгрупи, що складаються з однієї альтернативи. На підставі значень цих функцій приймається рішення про вибір тієї чи іншої альтернативи. Розглянемо основні етапи методу ранжування альтернатив із використанням основних положень теорії свідочств [116,118,122,123,133].

Нехай існує множина альтернатив $A = \{A_i \mid i = \overline{1, n}\}$, що складається з n елементів і множина критеріїв $K = \{K_j \mid j = \overline{1, s}\}$, що складається з s елементів. Експерт, відповідно до заданого критерію $K_j \in K$ виділяє деяку підмножину або групу $B_i \subseteq A$ альтернатив з множини альтернатив A і встановлює ступінь переваги виду $B_i \succ A$, що означає той факт, що з усієї множини альтернатив підмножина B_i для ОПР або певного експерту є найкращою відповідно до заданого критерію. Тобто ОПР надає парне порівняння групи альтернатив B_i з множиною A , на відміну від стандартного МАІ, де надаються парні порівняння тільки одиночних альтернатив з одиночними. Метод складається з наступних етапів [44,46,59]:

- 1) матриці парних порівнянь критеріїв заповнюються за стандартною схемою МАІ та обчислюються нормовані ваги критеріїв K_1, K_2, \dots, K_r , як нормований вектор власних значень матриці. Для комбінування отриманих оцінок з урахуванням ваг критеріїв, усічені матриці парних порівнянь альтернатив перетворюються в такий спосіб. Позначимо вагу p -го критерію як K_p і значення ступеня переваги i -ої групи альтернатив по відношенню до j -ої групи як x_{ij} (значення елемента усіченої матриці

парних порівнянь, що знаходиться на перетині i -го рядка і j -ого стовпця). Тоді відповідний елемент перетвореної матриці парних порівнянь, що знаходиться на перетині i -го рядка і j -ого стовпця, дорівнює $K_p \cdot x_{ij}$, якщо $x_{ij} \geq 1$ і $1/(K_p \cdot x_{ij})$, якщо $x_{ij} < 1$;

- 2) далі будуються усічені матриці парних порівнянь, в яких результати парних порівнянь, які відрізняються від виду $B_i \succ A$ чи $B_i \prec A$, не заповнюються. При цьому ненульові і непоодинокі значення мають елементи тільки крайнього правого стовпця і нижнього рядка матриці, так як тільки вони характеризують ступені x_{ij} переваг виду $B_i \succ A$ (крайній правий стовець) або $1/x_{ij}$ переваг $B_i \prec A$ (нижній рядок). Елементи на діагоналі матриці дорівнюють одиницям, а всі інші елементи дорівнюють нулю (заповнення матриці нулями здійснюється формально, щоб показати відсутність відповідних порівнянь). Ці елементи матриці можна просто не заповнювати;
- 3) для кожної перетвореної матриці парних порівнянь груп альтернатив обчислюються вектори власних значень матриці. Після нормування елементи цих векторів розглядаються в якості базових ймовірностей або мас ймовірностей $m_i(B_p)$ відповідних груп альтернатив, де індекс i означає номер критерію, якому відповідає матриця парних порівнянь груп альтернатив, яка аналізується, а індекс p означає номер тієї групи альтернатив, за якою була отримана оцінка ступеня переваги $B_i \succ A$;
- 4) для обчислення підсумкових ваг альтернатив з урахуванням всіх критеріїв кожен вибір мас ймовірностей, що відповідають одному з критеріїв, можна розглядати в якості окремого незалежного джерела інформації. При наявності декількох таких джерел (кількох критеріїв) використовується правило комбінування свідочств Демпстера, результатом якого є базові ймовірності (маси ймовірностей) виділених груп альтернатив і їх будь-яких перетинів;

5) за комбінованими базовими можливостями обчислюються функції довіри $Bel(\{A_i\})$ і правдоподібності $Pl(\{A_i\})$. Вибір оптимальної альтернативи здійснюється порівнянням інтервалів $[Bel(\{A_i\}), Pl(\{A_i\})]$, утворених функціями довіри і правдоподібності.

Функція довіри (впевненості):

$$Bel(B) = \sum m(x_i) \Rightarrow [0,1]$$

$$x_i \subseteq B; \quad A_i \subseteq A.$$

Функція правдоподібності:

$$Pl = \sum m(x_i)$$

$$x_i \cap B \neq \emptyset \quad A_i \cap A \neq \emptyset,$$

де $m(x_i)$ визначає суб'єктивну ступінь впевненості, що шуканий елемент знаходиться в множині $X_i \subseteq \Omega$.

Значення функції Pl висловлює повну ступінь потенційної підтримки, яка може бути віддана кожній з підмножин.

Значення $Bel(\bullet)$ і $Pl(\bullet)$ визначають верхню і нижню границі інтервалу, який містить точну величину ймовірності $P(B)$ підмножини B , яка розглядається:

$$Bel(B) \leq P(B) \leq Pl(B).$$

Інтервал $[Bel(\{A_i\}), Pl(\{A_i\})]$, $Bel(B) \leq Pl(B)$ називається інтервалом довіри та є одиничним інтервалом $[0,1]$.

При цьому найкраща альтернатива визначається найбільшими значеннями функцій Bel і Pl . У випадках, коли виникають складнощі у виборі оптимальної альтернативи, що може визначатися вкладенням інтервалів, то до розгляду вводиться коефіцієнт песимізму $\gamma \in [0,1]$ і обчислюється наступний вираз:

$$\gamma \cdot Bel(\{A_i\}) + (1 - \gamma)Pl(\{A_i\}), \quad i = 1, \dots, n$$

Розглянемо простий приклад застосування методу [59]. ОПР (експерт) повинен вибрати одну з трьох можливих ієрархічних структур (H_1, H_2, H_3) за критерієм витрат на утримання (C_1) і якості структури (C_2).

Матриці порівнянь за цими критеріями представлені в табл. 3.1-3.2.

Таблиця 3.1 – Результати порівняння альтернатив

| C_1 | $\{H_1\}$ | $\{H_2, H_3\}$ | $\{H_1, H_2, H_3\}$ |
|---------------------|-----------|----------------|---------------------|
| $\{H_1\}$ | 1 | 0 | 4 |
| $\{H_2, H_3\}$ | 0 | 1 | 6 |
| $\{H_1, H_2, H_3\}$ | 1/4 | 1/6 | 1 |

Таблиця 3.2 – Результати порівняння альтернатив

| C_2 | $\{H_2\}$ | $\{H_1, H_2, H_3\}$ |
|---------------------|-----------|---------------------|
| $\{H_2\}$ | 1 | 1/2 |
| $\{H_1, H_2, H_3\}$ | 2 | 1 |

Для оцінювання ступеня переваги груп альтернатив використовується шкала, що має шість значень від 1 до 6, де 1 означає однаковість альтернатив, а 6 – абсолютну ступінь переваги.

З табл. 3.1 випливає, що альтернативи H_2 і H_3 розглядаються ОПР як найкращі в порівнянні з усіма альтернативами множини $H = \{H_1, H_2, H_3\}$.

Нульові значення в клітинах матриці вказують на відсутність відомостей про порівняння відповідних груп альтернатив.

Наприклад, відношення між групами $\{H_1\}$ і $\{H_2, H_3\}$ – відсутні. Співвідношення між такими групами можна визначити опосередковано, використовуючи ступені переваги H_1 по відношенню до H і групи $\{H_2, H_3\}$ по відношенню до H .

З табл. 3.1 випливає, що перевага $\{H_1\} > H$ дорівнює 4, а $\{H_2, H_3\} > H$ дорівнює 6. Тобто, H_1 має меншу перевагу над H , ніж $\{H_2, H_3\}$.

Аналогічна матриця порівнянь за критерієм C_2 наведена в табл. 3.2. Припустимо, що вага критерію C_1 дорівнює $\omega(C_1) = 0,6$, а критерію C_2 дорівнює $\omega(C_2) = 0,4$. Виконаємо перетворення табл. 3.1 і табл. 3.2 відповідно до змісту етапу 2:

Таблиця 3.3 – Результати порівняння альтернатив за критерієм C_1

| | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| $\omega(C_1) = 0,6$ | $\{H_1\}$ | $\{H_2, H_3\}$ | $\{H_1, H_2, H_3\}$ |
| $\{H_1\}$ | 1 | 0 | $4 \cdot 0,6$ |
| $\{H_2, H_3\}$ | 0 | 1 | $6 \cdot 0,6$ |
| $\{H_1, H_2, H_3\}$ | $1/(4 \cdot 0,6)$ | $1/(6 \cdot 0,6)$ | 1 |

Таблиця 3.4 – Результати порівняння альтернатив за критерієм C_2

| | | |
|---------------------|---------------|---------------------|
| $\omega(C_2) = 0,4$ | $\{H_2\}$ | $\{H_1, H_2, H_3\}$ |
| $\{H_2\}$ | 1 | $1/(2 \cdot 0,4)$ |
| $\{H_1, H_2, H_3\}$ | $2 \cdot 0,4$ | 1 |

Далі, використовуючи підхід, прийнятий в стандартному МАІ, визначимо ваги відповідних груп альтернатив. Нульові елементи усічених матриць в обчисленнях не використовуються. Для табл. 3.3 маємо:

$$\omega_1^*(\{H_1\}) = (1 \cdot (4 \cdot 0,6))^{1/3} = 1,339;$$

$$\omega_1^*(\{H_2, H_3\}) = (1 \cdot (6 \cdot 0,6))^{1/3} = 1,533;$$

$$\omega_1^*(\{H_1, H_2, H_3\}) = \left(\frac{1}{4 \cdot 0,6} \cdot \frac{1}{6 \cdot 0,6} \cdot 1\right)^{1/3} = 0,487;$$

$$\omega_1(\{H_1\}) = \frac{1,339}{1,339 + 1,533 + 0,487} = 0,339;$$

$$\omega_1(\{H_2, H_3\}) = \frac{1,533}{1,339 + 1,533 + 0,487} = 0,456;$$

$$\omega_1(\{H_1, H_2, H_3\}) = \frac{0,487}{1,339 + 1,533 + 0,487} = 0,145.$$

Отримання значення нормованих ваг можна розглядати як базові ймовірності кожної групи альтернатив. Для цього введемо наступні перевизначення:

$$m_1(\{H_1\}) = 0,339; \quad m_2(\{H_2, H_3\}) = 0,456; \quad m_3(\{H_1, H_2, H_3\}) = 0,145.$$

Аналогічним чином обчислюються ваги і базові ймовірності обраних груп альтернатив за другим критерієм (таблиця 3.4):

$$m_1(\{H_2\}) = 0,56; \quad m_2(\{H_1, H_2, H_3\}) = 0,44.$$

Далі визначаються базові ймовірності груп альтернатив з урахуванням обох критеріїв із використанням правила комбінування свідочств Демпстера:

$$m_{DS}(X) = \frac{1}{1 - k_{12}} \cdot \sum_{X_1, X_2 \in 2^\Omega, X_1 \cap X_2 = X} m_1(X_1)m_2(X_2),$$

де X_1, X_2 – групи експертних свідочств, отримані від двох незалежних джерел (експертів); k_{12} – коефіцієнт конфліктності, що визначається як

$$k_{12} = \sum_{X_1, X_2 \in 2^\Omega, X_1 \cap X_2 = \emptyset} m_1(X_1)m_2(X_2).$$

Для цього сформуємо таблицю порівняння на предмет виявлення або відсутності перетинів між ними (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 – Результати порівняння альтернатив за критеріями C_1 і C_2

| Критерії | | C_1 | | |
|----------|-----------|-------------|----------------|---------------------|
| | | $\{H_1\}$ | $\{H_2, H_3\}$ | $\{H_1, H_2, H_3\}$ |
| C_2 | $\{H_2\}$ | \emptyset | $\{H_2\}$ | $\{H_2\}$ |
| | H | $\{H_1\}$ | $\{H_2, H_3\}$ | H |

Так як припускається, що джерела свідочств (ОПР і експерти) є незалежними, то наявність перетинів між ними говорить про певний збіг їх думок, а відсутність таких характеризує повне неспівпадіння (конфлікт) думок. Тому в клітинах таблиці, де елементи визначаються знаком \emptyset підраховується коефіцієнт конфліктності k . Для нашого прикладу конфлікт виник між альтернативами $\{H_1\}$ і $\{H_2\}$, тобто

$$k = m_1(\{H_1\}) \cdot m_2(\{H_2\}) = 0,399 \cdot 0,56 = 0,223.$$

Звідси $1 - k = 1 - 0,223 = 0,777$. З табл. 3.5 також зрозуміло, що непорожні перетини мають наступні групи альтернатив: $\{H_1\}$, $\{H_2\}$, $\{H_2, H_3\}$, $H = \{H_1, H_2, H_3\}$.

Запишемо вирази для визначення комбінованих базових ймовірностей для таких груп альтернатив:

$$m_{12}(\{H_1\}) = \frac{1}{1-k} (m_1(\{H_1\}) \cdot m_2(\{H_2\})) = 0,226;$$

$$m_{12}(\{H_2\}) = \frac{1}{1-k} (m_1(\{H_2, H_3\}) \cdot m_2(\{H_2\}) + m_1(\{H\}) \cdot m_2(\{H_2\})) = 0,434;$$

$$m_{12}(\{H_2, H_3\}) = \frac{1}{1-k} (m_1(\{H_2, H_3\}) \cdot m_2(\{H\})) = 0,258;$$

$$m_{12}(\{H\}) = \frac{1}{1-k} (m_1(\{H\}) \cdot m_2(\{H\})) = 0,082.$$

На підставі отриманих комбінованих базових ймовірностей груп альтернатив за обома критеріями, обчислюються функції довіри Bel і правдоподібності Pl для кожної окремої альтернативи H_1, H_2, H_3 .

$$\begin{aligned} H_1: \quad & Bel(\{H_1\}) = m_{12}(\{H_1\}) = 0,226; \\ & Pl(\{H_1\}) = m_{12}(\{H_1\}) + m_{12}(\{H\}) = 0,308; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_2: \quad & Bel(\{H_2\}) = m_{12}(\{H_2\}) = 0,434; \\ & Pl(\{H_2\}) = m_{12}(\{H_2\}) + m_{12}(\{H_2, H_3\}) + m_{12}(\{H\}) = 0,774; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_3: \quad & Bel(\{H_3\}) = m_{12}(\{H_3\}) = 0; \\ & Pl(\{H_3\}) = m_{12}(\{H_2, H_3\}) + m_{12}(\{H\}) = 0,34. \end{aligned}$$

З наведених результатів видно, що найбільше значення Bel має 2-а альтернатива, отже, вона є найкращою (оптимальною). Можна також відмітити, що наступною за привабливістю є альтернатива 1. Разом з тим, хоча H_3 має $Bel = 0$, значення її Pl дещо більше значення $Pl H_1$.

Тому, щоб зняти цю невизначеність введемо для H_1 коефіцієнт песимізму $\gamma = 0,6$, і отримаємо:

$$\gamma \cdot Bel(\{H_1\}) + (1 - \gamma)Pl(\{H_1\}) = 0,6 \cdot 0,226 + 0,4 \cdot 0,308 = 0,259.$$

Аналогічно для третьої альтернативи маємо:

$$\gamma \cdot Bel(\{H_3\}) + (1 - \gamma)Pl(\{H_3\}) = 0,4 \cdot 0 + 0,6 \cdot 0,34 = 0,204.$$

Звідси робиться остаточний висновок про те, що H_1 краще ніж H_3 .

Тоді підсумкове ранжування альтернатив набуде вигляду: $H_2 \succ H_1 \succ H_3$, що і потрібно отримати за умовою даного прикладу.

На закінчення слід вказати на особливості формування підгруп альтернатив за кожним з критеріїв. Такі групи не повинні перетинатися. Наприклад, якщо з трьох альтернатив $H = \{H_1, H_2, H_3\}$ ОПР вибрав $\{H_1, H_2\}$ з певним ступенем переваги по відношенню до H , то він не може вибрати з іншим ступенем переваги до H такі групи, як $\{H_2, H_3\}$ або $\{H_1\}$. ОПР або експерт може вибрати лише третю альтернативу $\{H_3\}$.

3.3 Прийняття рішень на множині експертних свідочств із використанням правил перерозподілу конфліктів

При виборі альтернативних рішень в умовах дослідження слабоструктурованих і неструктурованих проблем широко застосовуються різні методи групового експертного оцінювання. При цьому виникають завдання отримання узагальнених експертних оцінок, які можуть бути покладені в основу формування рекомендацій для особи, що приймає рішення (ОПР). Однак, в процесі проведення експертизи між судженнями експертів можуть виникати різні форми взаємодії: вони можуть бути узгодженими, сумісними; можуть довільним чином об'єднуватися і перетинатися; деякі з оцінок можуть в значній мірі перекриватися тощо. Особливе місце займає ситуація, що отримала назву конфліктної, коли оцінки двох і більше незалежних експертних груп не перетинаються [130]. Перераховані факти несуть в собі специфічні невизначеності, які неможливо

промоделювати з використанням традиційних методів ймовірнісного висновку.

При цьому основною проблемою є обробка конфліктів, під якими розуміються ситуації, коли окремі вихідні фокальні елементи (виділені підмножини або групи експертних свідчень) не перетинаються.

Головною причиною конфліктів між основними призначеннями впевненостей є неузгодженість окремих груп експертних свідчень. Нажаль, ряд правил комбінування впевненостей, заснованих на кон'юнктивному консенсусі, не враховують ступінь перетину початкових фокальних елементів [46].

У роботах [44, 134] подано відомості про відношення ряду методів комбінування впевненостей до конфліктів. Так наприклад:

- правило комбінування Демпстера взагалі ігнорує комбіновані маси впевненості для порожніх перетинів початкових фокальних елементів, але використовує ці маси впевненості в процесі нормування результуючих мас впевненості для ефективних фокальних елементів;
- вільне правило комбінування Дезера-Смарандаке просто визначає комбіновані маси впевненості для всіх можливих перетинів початкових фокальних елементів, не беручи до уваги природу цих перетинів;
- гібридне правило комбінування Дезера-Смарандаке або відносить комбіновані конфліктні маси впевненості до різних видів незнання, або перерозподіляє їх на ефективні фокальні елементи.

Врахування ступеня перетину початкових фокальних елементів може бути здійснено за допомогою різних правил перерозподілу конфліктів [46, 128, 130]: зважений оператор (ЗО) [Weighted Operator (WO)], зважений усереднений оператор (ЗУО) [Weighted Average Operator (WAO)], правила minC, PCR1, PCR2, PCR3, PCR4, PCR5 і ін.

Основна ідея перерахованих правил полягає в перерозподілі загальної конфліктної маси впевненості між непорожніми перетинами початкових

фокальних елементів. Кожне з правил включає виконання наступної узагальненої послідовності процедур [46]:

- розрахунок комбінованих мас впевненостей для непорожніх перетинів початкових фокальних елементів на основі кон'юнктивного консенсусу;
- розрахунок комбінованих мас впевненості часткових конфліктів, тобто для фокальних елементів, що не перетинаються;
- пропорційний перерозподіл загальної або часткових конфліктних мас на ефективні фокальні елементи, які є результатом непорожніх перетинів початкових фокальних елементів. Ця процедура виконується спеціальним чином для кожного з правил PCR1-PCR5.

Найбільш потужним у плані точності результатів комбінування впевненостей вважається правило PCR5, тому приведемо його сутність відповідно до роботи [46].

Тут припускається, що існує основа аналізу, на якій виділені підмножини (фокальні елементи) X і Y . На основі двох груп свідочтв призначені основні маси впевненості цим підмножинам: $m_1(X)$, $m_2(X)$, $m_1(Y)$, $m_2(Y)$. Далі припускається, що підмножини X і Y залучені в частковий конфлікт, тобто $X \cap Y = \emptyset$. Конфліктна маса впевненості може бути розрахована стандартно наступним чином:

$$m(X \cap Y) = m_1(X) * m_2(Y) + m_2(X) * m_1(Y).$$

В основі правила PCR5 лежить перерозподіл часток конфліктної маси впевненості $m(X \cap Y) : k_1 = m_1(X) * m_2(Y)$, $k_2 = m_2(X) * m_1(Y)$. Частка k_1 перерозподіляється на підмножинах X і Y пропорційно значенням основних мас впевненості $m_1(X)$ і $m_2(Y)$, частка k_2 перерозподіляється пропорційно значенням $m_2(X)$ і $m_1(Y)$.

Для випадку двох груп свідочтв комбінована маса впевненості за правилом PCR5 розраховується за виразом:

$$m_{PCR5}(X) = m(X) + \sum \left[\frac{m_1(X) * m_2(Y)}{m_1(X) + m_2(Y)} + \frac{m_2(X) * m_1(Y)}{m_2(X) + m_1(Y)} \right],$$

де $m(X)$ – комбінована маса впевненості для підмножини X , розрахована на основі кон'юнктивного консенсусу. Для ілюстрації практичного застосування правила PCR5 розглянемо наступний приклад [46].

Нехай задана основа аналізу $\Omega = \{\omega_1, \omega_2\}$ і призначені наступні основні маси впевненості:

$$\begin{aligned} m_1(\omega_1) &= 0,4; & m_1(\omega_2) &= 0,4; & m_1(\omega_1 \cup \omega_2) &= 0,2; \\ m_2(\omega_1) &= 0,3; & m_2(\omega_2) &= 0,5; & m_2(\omega_1 \cup \omega_2) &= 0,2. \end{aligned}$$

Представимо ці маси впевненості у вигляді наступних перетинів:

| | ω_1 | ω_2 | $\omega_1 \cup \omega_2$ |
|--------------------------|--|--|--|
| ω_1 | ω_1 | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap (\omega_1 \cup \omega_2)$ |
| ω_2 | $\omega_2 \cap \omega_1$ | ω_2 | $\omega_2 \cap (\omega_1 \cup \omega_2)$ |
| $\omega_1 \cup \omega_2$ | $(\omega_1 \cup \omega_2) \cap \omega_1$ | $(\omega_1 \cup \omega_2) \cap \omega_2$ | $(\omega_1 \cup \omega_2) \cap (\omega_1 \cup \omega_2)$ |

Зробивши ряд перетворень:

$$\omega_1 \cap \omega_2 = \emptyset; \quad \omega_2 \cap \omega_1 = \emptyset; \quad \omega_1 \cap (\omega_1 \cup \omega_2) = \omega_1; \quad \omega_2 \cap (\omega_1 \cup \omega_2) = \omega_2,$$

отримаємо кінцевий результат перетинів фокальних елементів.

| | ω_1 | ω_2 | $\omega_1 \cup \omega_2$ |
|--------------------------|-------------|-------------|--|
| ω_1 | ω_1 | \emptyset | ω_1 |
| ω_2 | \emptyset | ω_2 | ω_2 |
| $\omega_1 \cup \omega_2$ | ω_1 | ω_2 | $(\omega_1 \cup \omega_2) \cap (\omega_1 \cup \omega_2)$ |

Комбінуючи стандартним чином основні маси впевненості для непорожніх перетинів початкових фокальних елементів, отримаємо:

$$\begin{aligned} m(\omega_1) &= m_1(\omega_1) * m_2(\omega_1) + m_1(\omega_1) * m_2(\omega_1 \cup \omega_2) + m_2(\omega_1) * m_1(\omega_1 \cup \omega_2) = \\ &= 0,4 * 0,3 + 0,4 * 0,2 + 0,2 * 0,3 = 0,12 + 0,08 + 0,06 = 0,26; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m(\omega_2) &= m_1(\omega_2) * m_2(\omega_2) + m_1(\omega_2) * m_2(\omega_1 \cup \omega_2) + m_2(\omega_2) * m_1(\omega_1 \cup \omega_2) = \\ &= 0,4 * 0,5 + 0,4 * 0,2 + 0,2 * 0,5 = 0,2 + 0,08 + 0,1 = 0,38; \end{aligned}$$

$$m(\omega_1 \cup \omega_2) = m_1(\omega_1 \cup \omega_2) * m_2(\omega_1 \cup \omega_2) = 0,2 * 0,2 = 0,04.$$

В даному прикладі підмножини ω_1 і ω_2 залучені в конфлікт, тому конфліктна маса впевненості розраховується наступним чином:

$$m(\omega_1 \cap \omega_2) = m_1(\omega_1) * m_2(\omega_2) + m_1(\omega_2) * m_2(\omega_1) = 0,4 * 0,5 + 0,4 * 0,3 = 0,32.$$

Для спрощення подальших розрахунків вводяться наступні позначення:

$$m'(\omega_1 \cap \omega_2) = m_1(\omega_1) * m_2(\omega_2) = 0,4 * 0,5 = 0,20;$$

$$m''(\omega_1 \cap \omega_2) = m_1(\omega_2) * m_2(\omega_1) = 0,4 * 0,3 = 0,12;$$

$$m'(\omega_1 \cap \omega_2) + m''(\omega_1 \cap \omega_2) = m(\omega_1 \cap \omega_2).$$

На цій основі можна перерозподілити частку $m'(\omega_1 \cap \omega_2)$ конфліктної маси впевненості $m(\omega_1 \cap \omega_2)$. Відповідно до правила PCR5 деяка частина цієї частки повинна бути віддана підмножині ω_1 (позначимо цю частину через α'). Друга частина цієї частки повинна бути віддана підмножині ω_2 (позначимо цю частину через β'). Перерозподіл частки конфліктної маси впевненості $m'(\omega_1 \cap \omega_2)$ на множині ω_1 і ω_2 повинен бути виконаний пропорційно основним масам впевненості $m_1(\omega_1)$ і $m_2(\omega_2)$. Виходячи з цього, можна записати наступні співвідношення:

$$\alpha' / m_1(\omega_1) = \beta' / m_2(\omega_2) = m'(\omega_1 \cap \omega_2) / (m_1(\omega_1) + m_2(\omega_2)).$$

Підставляючи числові значення, маємо:

$$\alpha' / 0,4 = \beta' / 0,5 = 0,20 / (0,4 + 0,5) \approx 0,222,$$

звідси $\alpha' = 0,0889$; $\beta' = 0,1111$.

Аналогічно перерозподілимо частку конфліктної маси впевненості $m''(\omega_1 \cap \omega_2)$. Позначимо через α'' частину тієї частки, яка повинна бути віддана підмножині ω_1 , через β'' позначимо частину тієї частки, яка повинна бути віддана підмножині ω_2 . Звідси маємо наступні співвідношення:

$$\alpha'' / m_2(\omega_1) = \beta'' / m_1(\omega_2) = m''(\omega_1 \cap \omega_2) / (m_1(\omega_2) + m_2(\omega_1)).$$

Підставляючи числові значення, отримаємо

$$\alpha'' / 0,3 = \beta'' / 0,4 = 0,12 / (0,4 + 0,3) \approx 0,1714,$$

звідси $\alpha'' = 0,0514$; $\beta'' = 0,0686$.

Підсумкові комбіновані маси впевненості для ω_1 і ω_2 , з урахуванням перерозподілу між ними конфліктної маси впевненості, приймуть такий вигляд:

$$m_{PCR5}(\omega_1) = m(\omega_1) + \alpha' + \alpha'' = 0,26 + 0,0889 + 0,0514 = 0,4003;$$

$$m_{PCR5}(\omega_2) = m(\omega_2) + \beta' + \beta'' = 0,38 + 0,1111 + 0,0686 = 0,5597;$$

$$m_{PCR5}(\omega_1 \cup \omega_2) = m(\omega_1 \cup \omega_2) = 0,4.$$

Наведені вище міркування дозволяють зробити висновок про те, що початковий рівень підтримки (впевненості) експертів щодо значущості підмножин ω_1 і ω_2 на повній основі аналізу $\Omega(m(\omega_1) = 0,26$ і $m(\omega_2) = 0,38)$ в результаті перерозподілу конфліктів став ще більш вираженим.

Слід зазначити, що загальним недоліком правила PCR5 є великий обсяг обчислень, особливо при великій кількості груп свідочств $m > 2$. Однак застосування сучасних засобів обчислювальної техніки і відповідного програмного забезпечення роблять такий недолік менш істотним [53,121].

3.4 Ранжування експертних оцінок організаційних структур в умовах наявності складних невизначеностей на основі теорії правдоподібних і парадоксальних міркувань Дезера-Смарандаке

Як вже зазначалося раніше, групові експертні оцінки, які одержуються в процесі аналізу ієрархічних організаційних структур, можуть відображати різні форми взаємодії.

Форми таких взаємодій можуть мати різний характер – вони можуть бути узгодженими ($\omega_1 = \omega_2 = \dots = \omega_n$), сумісними ($\omega_1 \subseteq \omega_2 \subseteq \dots \subseteq \omega_n$), можуть довільним чином об'єднуватися ($\omega_1 \cup \omega_2 \cup \dots \cup \omega_n$) і перетинатися ($\omega_1 \cap \omega_2 \cap \dots \cap \omega_n$). Як було зазначено в розділі 3.1, теорія Демпстера-Шейфера (ТДШ), яка використовується для моделювання вказаних форм взаємодії, може оперувати лише взаємовиключними елементами основи аналізу, а для більш складних ситуацій використовується теорія Дезера-Смарандаке (ТДС). Розглянемо докладніше основні положення цієї теорії.

ТДС розглядає множину Ω (основу задачі) тільки як множину вичерпних елементів. Елементи основи завдання перекривають один одного, відповідно умова взаємовиключності вже не підтримується, і має місце лише

припущення вичерпності [117,125,134]. Графічне представлення основи задачі в ТДС дано на рис. 3.7.

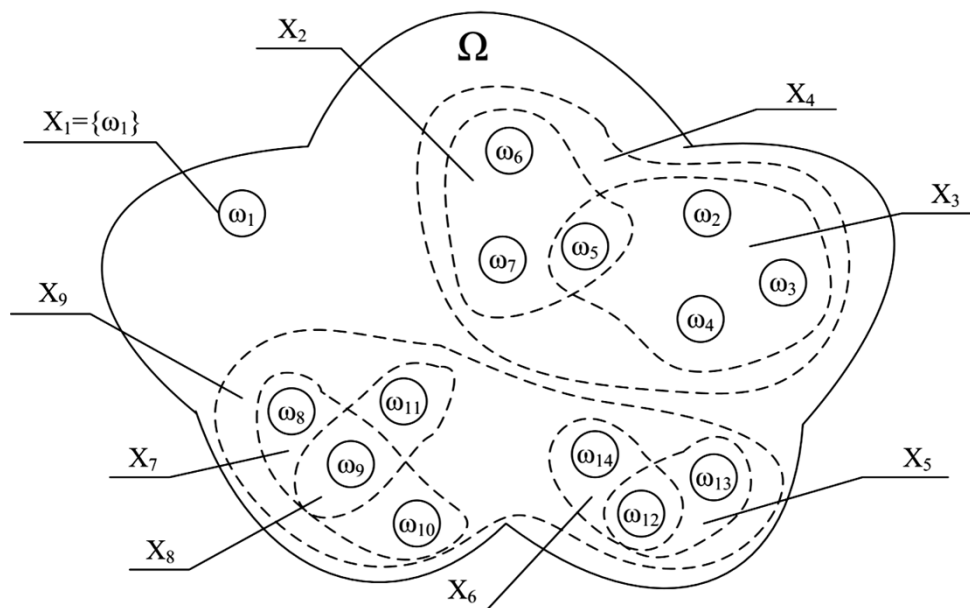


Рисунок 3.7 – Представлення основи задачі в ТДС

На даному рисунку основа задачі Ω представлена наступними підмножинами:

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \omega_1; & X_2 &= (\omega_5 \cup \omega_6 \cup \omega_7); \\
 X_3 &= (\omega_2 \cup \omega_3 \cup \omega_4 \cup \omega_5); \\
 X_4 &= X_2 \cap X_3 = (\omega_5 \cup \omega_6 \cup \omega_7) \cap (\omega_2 \cup \omega_3 \cup \omega_4 \cup \omega_5); \\
 X_5 &= (\omega_{12} \cup \omega_{13}); & X_6 &= (\omega_{12} \cup \omega_{14}); \\
 X_7 &= (\omega_8 \cup \omega_{10}); & X_8 &= (\omega_9 \cup \omega_{11}); \\
 X_9 &= (X_5 \cap X_6) \cup (X_7 \cap X_8) = \\
 &= ((\omega_{12} \cup \omega_{13}) \cap (\omega_{12} \cup \omega_{14})) \cup ((\omega_8 \cup \omega_{10}) \cap (\omega_9 \cup \omega_{11})).
 \end{aligned}$$

Кількість можливих підмножин D на множині Ω складає $|D^\Omega|$, в тому числі порожню множину \emptyset . Так, наприклад:

- при $n=0$, маємо $D^\Omega = \{a = \emptyset\}$ і $|D^\Omega| = 1$;
- при $n=1$, маємо $\Omega = \{\omega_1\}$, $D^\Omega = \{a_0 = \emptyset, a_1 = \omega_1\}$ і $|D^\Omega| = 2$;
- при $n=2$, маємо $\Omega = \{\omega_1, \omega_2\}$, $D^\Omega = \{a_0 = \emptyset, a_1 = \omega_1 \cap \omega_2, a_2 = \omega_1, a_3 = \omega_2, a_4 = \omega_1 \cup \omega_2\}$ і $|D^\Omega| = 5$.

На основі задачі Ω експерт може виділити підмножини $X_i \subseteq D^\Omega, i = \overline{1, |D^A|}$, що задовольняють наступним вимогам:

- $X_i = \{\emptyset\}$;
- $X_i = \{\omega_i\}$ – експерт виділив одну альтернативу $\omega_i \in \Omega$;
- $X_i = \{\omega_i | i = \overline{1, p}\}, p < n$ – експерт виділив p альтернатив $\omega_i \in \Omega$;
- $X_i = \Omega = \{\omega_i | i = \overline{1, n}\}$ – у експерта виникли труднощі з вибором (всі альтернативи рівноцінні);
- Якщо $(X_i, X_j) \subset D^A$, тоді $(X_i \cap X_j) \in D^A$ і $(X_i \cup X_j) \in D^A$.

Таким чином, за результатами експертного опитування може бути сформована система підмножин $X = \{P_j | j = \overline{1, m}\}$, яка відображає вибір усіх експертів $E = \{E_j | j = \overline{1, m}\}$, де $P_j = \{X_l | l = \overline{1, k}\}$ – система підмножин, сформована експертом $E_j (K = |D^\Omega| - 1, X_l \subseteq D^\Omega)$.

В основі ТДС лежать два види моделей: вільна та гібридна. Вільна модель будується на множині усіх можливих підмножин гіпермножини D^Ω .

Нехай, наприклад, $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3\}$, тоді кількість можливих підмножин D^Ω складає $|D^\Omega| = 19$. Відповідно на основі однієї групи експертних свідочств можна сформулювати наступні підмножини $X_i \subseteq \Omega, i = \overline{0, 18}$:

$$\begin{aligned}
 X_0 &= \{\emptyset\}; & X_9 &= \omega_1; X_{10} = \omega_2; X_{11} = \omega_3; \\
 X_1 &= \omega_1 \cap \omega_2 \cap \omega_3; & X_{12} &= (\omega_1 \cap \omega_2) \cup \omega_3; \\
 X_2 &= \omega_1 \cap \omega_2; & X_{13} &= (\omega_1 \cap \omega_3) \cup \omega_2; \\
 X_3 &= \omega_1 \cap \omega_3; & X_{14} &= (\omega_2 \cap \omega_3) \cup \omega_1; \\
 X_4 &= \omega_2 \cap \omega_3; & X_{15} &= \omega_1 \cup \omega_2, \\
 X_5 &= (\omega_1 \cup \omega_2) \cap \omega_3; & X_{16} &= \omega_1 \cup \omega_3; \\
 X_6 &= (\omega_1 \cup \omega_3) \cap \omega_2; & X_{17} &= \omega_2 \cup \omega_3; \\
 X_7 &= (\omega_2 \cup \omega_3) \cap \omega_1; & X_{18} &= \omega_1 \cup \omega_2 \cup \omega_3; \\
 X_8 &= (\omega_1 \cap \omega_2) \cup (\omega_1 \cap \omega_3) \cup (\omega_2 \cap \omega_3); & &
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

Кожному з перерахованих X_i експерти назначають основні маси впевненості $m_i(X_i)$, які комбінуються за правилом Дезера-Смарандаке:

$$m_{DS}(X) = \sum_{\substack{X_1, \dots, X_m \subset D^\Omega \\ X_1 \cap \dots \cap X_m = X}} \prod_{i=1}^m m_i(X_i)$$

Це правило відображає кон'юнктивний консенсус між основними призначеннями впевненостей при довільному m ($m \geq 2$) незалежних груп свідочств.

Основним недоліком вільної моделі є те, що вже при кількості елементів основи задачі $n \leq 4$ розмірність завдання стає дуже великою. Однак в реальних задачах кількість елементів набагато менша, ніж кількість всіх можливих підмножин D^Ω . Це дозволило авторам теорії запропонувати гібридну модель, яка формується на припущеннях про можливість введення обмежень на різні елементи вільної моделі [51].

Наприклад, введемо в розглянуту модель (3.2) обмеження $\omega_1 \cap \omega_3 = \emptyset$ і $\omega_2 \cap \omega_3 = \emptyset$, тобто перетинаються лише елементи ω_1 і ω_2 .

З урахуванням цього отримаємо гібридну модель ТДС:

$$\begin{aligned} X'_1 &= \emptyset; & X'_4 &= \omega_2; & X'_7 &= \omega_1 \cup \omega_2; \\ X'_2 &= \omega_1 \cap \omega_2; & X'_5 &= \omega_3; & X'_8 &= \omega_1 \cup \omega_3; \\ X'_3 &= \omega_1; & X'_6 &= (\omega_1 \cap \omega_2) \cup \omega_3; & X'_9 &= \omega_2 \cup \omega_3; \\ & & X'_{10} &= \omega_1 \cup \omega_2 \cup \omega_3. \end{aligned}$$

Розглянемо приклад вибору рішень із використанням ТДС. Нехай існує основа $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3\}$ та відповідна їй вільна модель, яка представлена виразами (3.2). Додамо обмеження неіснування підмножини $X_9 = \omega_1 = \emptyset$. Це обмеження інтерпретується як видалення елемента ω_1 з початкової основи Ω , перетворює на порожні множини підмножини X_1, X_2, X_3, X_7 з D^Ω :

$$\begin{aligned}
X_1 &= \omega_1 \cap \omega_2 \cap \omega_3 = (\omega_1 \cap \omega_2) \cap \omega_3 = (\emptyset \cap \omega_2) \cap \omega_3 = \emptyset \cap \omega_3 = \emptyset; \\
X_2 &= \omega_1 \cap \omega_2 = \emptyset \cap \omega_2 = \emptyset; \quad X_3 = \omega_1 \cap \omega_3 = \emptyset \cap \omega_3 = \emptyset; \\
X_7 &= \omega_1 \cap (\omega_2 \cup \omega_3) = \omega_1 = \emptyset.
\end{aligned}$$

Крім цього з'являється низка тотожностей:

$$\begin{aligned}
X_5 &= (\omega_1 \cup \omega_2) \cap \omega_3 = (\emptyset \cup \omega_2) \cap \omega_3 = (\omega_2 \cap \omega_3) = X_4; \\
X_6 &= (\omega_1 \cup \omega_3) \cap \omega_2 = (\emptyset \cup \omega_3) \cap \omega_2 = (\omega_2 \cap \omega_3) = X_4; \\
X_8 &= (\omega_1 \cap \omega_2) \cup (\omega_1 \cap \omega_3) \cup (\omega_2 \cap \omega_3) = \\
&= \emptyset \cup \emptyset \cup (\omega_2 \cap \omega_3) = (\omega_2 \cap \omega_3) = X_4; \\
X_{12} &= (\omega_1 \cap \omega_2) \cup \omega_3 = \emptyset \cup \omega_3 = \omega_3 = X_{11}; \\
X_{13} &= (\omega_1 \cap \omega_3) \cup \omega_2 = \emptyset \cup \omega_2 = \omega_2 = X_{10}; \\
X_{14} &= (\omega_2 \cap \omega_3) \cup \omega_1 = (\omega_2 \cap \omega_3) = X_4; \\
X_{15} &= (\omega_1 \cup \omega_2) = \emptyset \cup \omega_2 = \omega_2 = X_{10}; \\
X_{16} &= (\omega_1 \cup \omega_3) = \emptyset \cup \omega_3 = \omega_3 = X_{11}; \\
X_{18} &= (\omega_1 \cup \omega_2 \cup \omega_3) = (\emptyset \cup \omega_2 \cup \omega_3) = \omega_2 \cup \omega_3 = X_{17}.
\end{aligned}$$

Остаточно отримуємо наступну гібридну модель Дезера-Смарандаке:

$$X'_0 = \emptyset; \quad X'_1 = \omega_2 \cap \omega_3; \quad X'_2 = \omega_2; \quad X'_3 = \omega_3; \quad X'_4 = \omega_2 \cup \omega_3.$$

Очевидно, що ця модель відповідає вільній моделі для основи $\Omega' = \{\omega_2, \omega_3\}$.

Нехай потім отримано дві групи експертних свідочств A і B з наступними узагальненими основними масами впевненостей:

$$\begin{aligned}
A: & m_1(\omega_2) = 0,1; m_1(\omega_3) = 0,4; m_1(\omega_2 \cap \omega_3) = 0,3; m_1(\omega_2 \cup \omega_3) = 0,2; \\
B: & m_2(\omega_2) = 0,4; m_2(\omega_3) = 0,1; m_2(\omega_2 \cap \omega_3) = 0,4; m_2(\omega_2 \cup \omega_3) = 0,1.
\end{aligned}$$

Необхідно скомбінувати ці маси впевненостей, використовуючи правило Дезера-Смарандаке виду:

$$m_C = \sum_{\substack{A, B \subset D^\Omega \\ A \cap B = C}} m_1(A) * m_2(B) \quad (3.3)$$

Для цього представимо всі комбіновані підмножини, що є результатом перетину елементів отриманої моделі (3.3).

| | | | | |
|-------------------------------|--|--|--|--|
| | $m_2(\omega_2)$ | $m_2(\omega_3)$ | $m_2(\omega_2 \cap \omega_3)$ | $m_2(\omega_2 \cup \omega_3)$ |
| $m_1(\omega_2)$ | ω_2 | $\omega_2 \cap \omega_3$ | $\omega_2 \cap (\omega_2 \cap \omega_3)$ | $\omega_2 \cap (\omega_2 \cup \omega_3)$ |
| $m_1(\omega_3)$ | $\omega_3 \cap \omega_2$ | ω_3 | $\omega_3 \cap (\omega_2 \cap \omega_3)$ | $\omega_3 \cap (\omega_2 \cup \omega_3)$ |
| $m_1(\omega_2 \cap \omega_3)$ | $(\omega_2 \cap \omega_3) \cap \omega_2$ | $(\omega_2 \cap \omega_3) \cap \omega_3$ | $\omega_2 \cap \omega_3$ | $(\omega_2 \cap \omega_3) \cap (\omega_2 \cup \omega_3)$ |
| $m_1(\omega_2 \cup \omega_3)$ | $(\omega_2 \cup \omega_3) \cap \omega_2$ | $(\omega_2 \cup \omega_3) \cap \omega_3$ | $(\omega_2 \cup \omega_3) \cap (\omega_2 \cap \omega_3)$ | $\omega_2 \cup \omega_3$ |

(3.4)

Спростимо матрицю 3.4, використовуючи основні властивості операцій над множинами, а саме:

$$\begin{aligned} \omega_2 \cap (\omega_2 \cup \omega_3) &= \omega_2; & \omega_3 \cap (\omega_2 \cup \omega_3) &= \omega_3; \\ \omega_2 \cap (\omega_2 \cap \omega_3) &= \omega_2 \cap \omega_3; & \omega_3 \cap (\omega_2 \cap \omega_3) &= \omega_2 \cap \omega_3; \\ (\omega_2 \cup \omega_3) \cap (\omega_2 \cap \omega_3) &= (\omega_2 \cup \omega_2 \cap \omega_3) \cup (\omega_3 \cup \omega_2 \cap \omega_3) = \omega_2 \cup \omega_3. \end{aligned}$$

| | | | | |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | $m_2(\omega_2)$ | $m_2(\omega_3)$ | $m_2(\omega_2 \cap \omega_3)$ | $m_2(\omega_2 \cup \omega_3)$ |
| $m_1(\omega_2)$ | ω_2 | $\omega_2 \cap \omega_3$ | $\omega_2 \cap \omega_3$ | ω_2 |
| $m_1(\omega_3)$ | $\omega_3 \cap \omega_2$ | ω_3 | $\omega_2 \cap \omega_3$ | ω_3 |
| $m_1(\omega_2 \cap \omega_3)$ | $\omega_2 \cap \omega_3$ | $\omega_2 \cap \omega_3$ | $\omega_2 \cap \omega_3$ | $\omega_2 \cup \omega_3$ |
| $m_1(\omega_2 \cup \omega_3)$ | ω_2 | ω_3 | $\omega_2 \cup \omega_3$ | $\omega_2 \cup \omega_3$ |

Тепер розрахуємо узагальнені комбіновані маси впевненостей експертних свідочств:

$$\begin{aligned} m_{DS}(\omega_2) &= m_1(\omega_2) * m_2(\omega_2) + m_1(\omega_2) * m_2(\omega_2 \cup \omega_3) + m_1(\omega_2 \cup \omega_3) * m_2(\omega_2) = \\ &= 0,1 * 0,4 + 0,1 * 0,1 + 0,4 * 0,2 = 0,13; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{DS}(\omega_3) &= m_1(\omega_3) * m_2(\omega_3) + m_1(\omega_3) * m_2(\omega_2 \cup \omega_3) + m_1(\omega_2 \cup \omega_3) * m_2(\omega_3) = \\ &= 0,4 * 0,1 + 0,4 * 0,1 + 0,1 * 0,2 = 0,10; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{DS}(\omega_2 \cup \omega_3) &= m_1(\omega_2 \cap \omega_3) * m_2(\omega_2 \cup \omega_3) + m_1(\omega_2 \cup \omega_3) * m_2(\omega_2 \cap \omega_3) + \\ &+ m_1(\omega_2 \cup \omega_3) * m_2(\omega_2 \cup \omega_3) = 0,3 * 0,1 + 0,2 * 0,4 + 0,2 * 0,1 = 0,13. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{DS}(\omega_2 \cap \omega_3) &= m_1(\omega_2) * m_2(\omega_3) + m_1(\omega_2) * m_2(\omega_2 \cap \omega_3) + m_1(\omega_3) * m_2(\omega_2) + \\ &+ m_1(\omega_3) * m_2(\omega_2 \cap \omega_3) + m_1(\omega_2 \cap \omega_3) * m_2(\omega_2) + m_1(\omega_2 \cap \omega_3) * m_2(\omega_3) + \\ &+ m_1(\omega_2 \cap \omega_3) * m_2(\omega_2 \cap \omega_3) = 0,1 * 0,1 + 0,1 * 0,4 + 0,4 * 0,4 + 0,4 * 0,4 + 0,4 * 0,3 + \\ &+ 0,1 * 0,3 + 0,3 * 0,4 = 0,64; \end{aligned}$$

Таким чином, проведені розрахунки вказують на те, що найкраще рішення ґрунтується на експертних свідочтвах, які вказують на наявність перетину елементів ω_2 і ω_3 з найбільшою масою впевненості, що дорівнює 0,64.

Розглянутий приклад демонструє можливості теорії Дезера-Смарандаке. Слід зазначити, що вказана позитивна властивість цієї теорії забезпечується досить складними моделями і великим об'ємом обчислень. Однак цих труднощів можна уникнути за допомогою відповідних програмних засобів [51].

3.6 Висновки за розділом 3

В даному розділі було розглянуто низку підходів, що направлені на вирішення задачі експертного оцінювання та наступного вибору ієрархічних організаційних структур, які є припустимими за оптимальністю. З цією метою було запропоновано:

- комплекс моделей, що характеризують різні форми експертних суджень, які можуть бути результатом проведення групової експертизи;
- вирішення задачі ранжування експертних оцінок організаційних структур в умовах високого рівня конфліктності між експертними свідощтвами на основі моделі Демпстера-Шейфера із використанням правила Ягера та правила пропорційного перерозподілу конфліктів;
- вирішення задачі ранжування експертних оцінок організаційних структур в умовах складних невизначеностей та неузгоджених суджень окремих груп експертних свідощтв на основі теорії правдоподібних та парадоксальних міркувань Дезера-Смарандаке.

Перераховані методи та алгоритми використовуються для аналізу експертних оцінок в залежності від конкретного виду моделей експертних суджень. Основні положення цього розділу викладені у публікаціях автора [51,53, 61, 62, 120,121].

РОЗДІЛ 4. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ ТА ВИБОРУ СКЛАДНИХ ЛІНІЙНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СТРУКТУР

4.1 Інформаційні технології аналізу та вибору складних лінійно-функціональних організаційних структур на основі критеріїв їх оптимізації

Розроблені інформаційні технології призначені для отримання підсумкового ранжування альтернатив, створених на основі рекомендацій ОПР після проведення аналізу початкової СЛФОС, в умовах багатокритеріальності та невизначеності. Основою інформаційної технології вибору є запропонований в третьому розділі підхід, який ґрунтується на механізмі комплексного використання правил комбінування експертних свідочств в рамках теорії свідочств і теорії правдоподібних та парадоксальних міркувань.

Розглянемо основні складові інформаційних технологій аналізу та вибору оптимальної СЛФОС (рис. 4.1, 4.2).

Модель інформаційних зв'язків СЛФОС. Таку модель можна представити з точки зору інформаційних потоків, які є невід'ємною частиною процесу функціонування СЛФОС. Модель, що була представлена в формулі (2.2) враховує наявність вертикальних (лінійних), горизонтальних (функціональних) зв'язків, а також топологічні характеристики СЛФОС, яка є ієрархією H та описується орієнтованим ациклічним графом $G = \langle V, E \rangle$ з множиною вершин V та множиною дуг E . Це дозволяє сформулювати низку критеріїв оптимізації таких ієрархій.

Критерії оптимізації СЛФОС. Виходячи з огляду характеристик ієрархії H , в якості критерію оптимізації СЛФОС використовується критерій витрат на її утримання, який було розглянуто у розділі 2.4.



Рисунок 4.1 – Структура інформаційної технології аналізу СЛФОС

В якості критерію оптимізації СЛФОС, який враховує наявність горизонтальних зв'язків та їхні властивості, використовується аналітична модель $I_{ам}$, розглянута в розділі 2.2.

В якості критерію оптимізації, який визначає якість СЛФОС, використовується критерій системних характеристик, який було розглянуто у розділі 2.5.

Моделі експертних суджень і оцінок. Оцінювання обраних критеріїв оптимізації СЛФОС виконується в процесі проведення експертизи і отримання експертних оцінок ω , які характеризують різні форми експертних суджень. Такі судження можуть мати різний характер – вони можуть бути узгодженими ($\omega_1 = \omega_2 = \dots = \omega_n$), сумісними ($\omega_1 \subseteq \omega_2 \subseteq \dots \subseteq \omega_n$), можуть довільним чином об'єднуватися ($\omega_1 \cup \omega_2 \cup \dots \cup \omega_n$) і перетинатися ($\omega_1 \cap \omega_2 \cap \dots \cap \omega_n$). Для аналізу таких оцінок та форм їх взаємодії, які характеризують різні види невизначеностей, в цій інформаційній технології

використовуються: теорія свідочств Демпстера-Шейфера (ТДШ), теорія правдоподібних і парадоксальних міркувань Дезера-Смарандаке (ТДС), методи перерозподілу конфліктів, які були детально розглянуті у розділі 3.

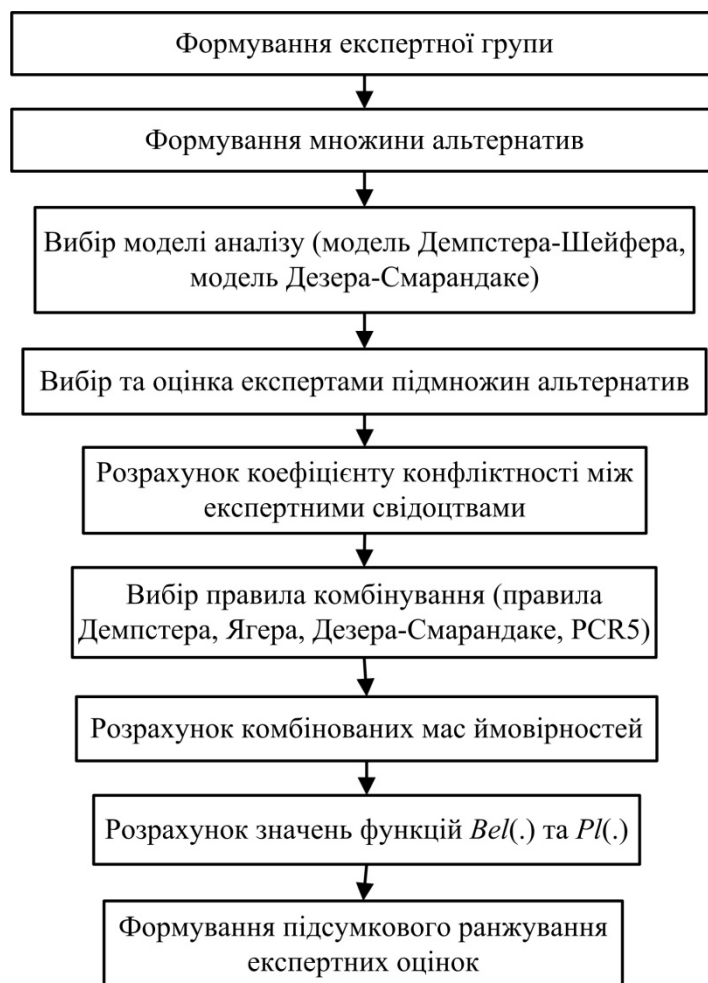


Рисунок 4.2 – Структура інформаційної технології вибору оптимальних СЛФОС

Наведені інформаційні технології засновані на урахуванні основних видів зв'язків, присутніх в СЛФОС. Це дозволяє обґрунтовано сформувати систему критеріїв її оптимізації і представити задачу вибору ієрархій у вигляді багатокритеріальної задачі підтримки прийняття рішень. Безпосередньо сама процедура вибору реалізується з використанням сучасних методів моделювання невизначеностей, які проявляються у вигляді конфліктів в процесі експертного оцінювання СЛФОС.

4.2 Архітектура та задачі системи підтримки прийняття рішень щодо вибору СЛФОС

Для автоматизації процесу визначення властивостей складних лінійно-функціональних організаційних структур за трьома групами критеріїв і аналізу групових експертних оцінок альтернатив оптимізації цих структур пропонується застосовувати систему підтримки прийняття рішень для моделювання задач управління організаційними структурами. Схема СППР створена на основі розробленої інформаційної технології аналізу СЛФОС і аналізу експертних оцінок, які формуються в умовах невизначеності.

Головною метою СППР є отримання підсумкового рішення, що формується в результаті ітераційного процесу, в якому приймають участь: СППР, як об'єкт управління, і людина, як суб'єкт управління, який задає початкові дані та оцінює отриманий результат виконаних розрахунків.

Сформулюємо основні вимоги до СППР:

- інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і діалог з користувачем, наочність представлення інформації;
- наявність діалогових програмних засобів забезпечення прийняття рішень на основі формальних (математичних) методів;
- можливість інтеграції інструментальних засобів для розширення функціональних можливостей СППР;
- можливість збереження даних для повернення та повторного вирішення задачі на будь-якій стадії аналізу.

СППР призначена для вирішення поставленої багатокритеріальної та багатоальтернативної задачі аналізу експертних оцінок в ситуації невизначеності експертної інформації. До основних функцій СППР можна віднести:

- побудова графів лінійно-функціональних організаційних структур та визначення властивостей таких структур за трьома групами критеріїв:

критерієм витрат на утримання структури, критерієм якості топології структури, інформаційним критерієм;

- формування рекомендацій щодо можливих шляхів оптимізації організаційної структури на основі проведеного аналізу її властивостей;
- кількісний аналіз даних, представлених груповими експертними оцінками альтернатив, з метою отримання підсумкового ранжування, яке дозволить вибрати один або декілька рівнозначних об'єктів (групу) з множини об'єктів, що досліджуються.

Для програмної реалізації СППР була обрана мова програмування Java SE (JDK 7), середовище розробки NetBeans IDE, в якості СУБД була використана MySQL 5.7.

Структурними частинами СППР є підсистеми вводу/виводу, аналізу даних, інтерфейс. Структурно-функціональна схема наведена на рис. 4.4. Кожна підсистема складається з набору компонентів (модулів), які забезпечують функціонування підсистеми. До складу СППР входять дві бази даних: БД оргструктур і БД експертиз.

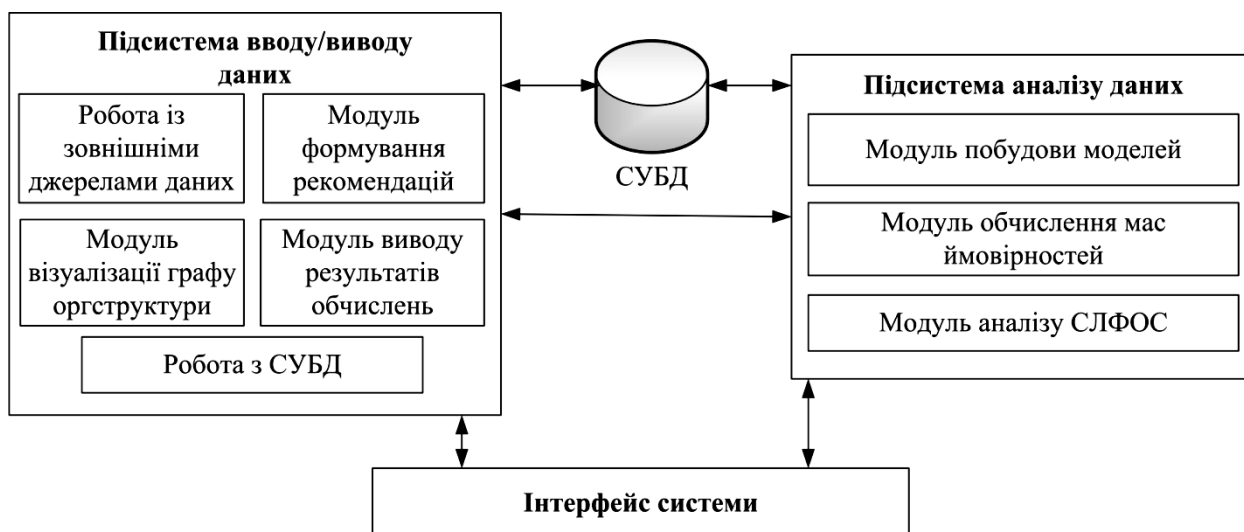


Рисунок 4.4 – Схема СППР

Підсистема аналізу даних призначена для виконання процедури розрахунку числових значень властивостей організаційної структури та

процедури комбінування експертних свідоцтв. **Модуль аналізу СЛФОС** визначає, чи є граф структури ієрархією-деревом, і тільки, якщо ця умова задовольняється обчислює три групи властивостей структури: топологічні, властивості щодо витрат на утримання структури та властивості за інформаційним критерієм. До першої групи належать наступні властивості: кількість вершин графу, каналів управління, рівнів ієрархії; радіус і діаметр графу; величина внутрішньої та зовнішньої стійкості; найбільша незалежна множина вершин; найменша зовнішньо стійка множина вершин. До другої групи належать: норма керованості; оптимальна кількість менеджерів, коефіцієнт симетричності графу. До третьої групи належать: інформаційне навантаження менеджерів вищої ланки; кількість інформації, інтенсивність потоків інформації між менеджерами вищої ланки.

Функції, які реалізовані в **модулі побудови моделей**, дозволяють отримати судження експертів на основі виділених підмножин об'єктів, що досліджуються, з урахуванням обраної моделі аналізу (модель Демпстера-Шейфера, модель Дезера-Смарандаке) для наступного обчислення комбінованих ймовірностей виділених груп об'єктів (альтернатив). **Модуль обчислення мас ймовірностей** виконує агрегування суджень експертів виконується шляхом комбінування базових ймовірностей підгруп альтернатив, які були виділені експертами. В рамках моделі Демпстера-Шейфера були розглянуті правила комбінування Демпстера, Ягера і правило перерозподілу конфліктів PCR5; в рамках гібридної моделі Дезера-Смарандаке було розглянуто відповідне класичне правило комбінування.

Підсистема вводу/виводу призначена для вводу, виводу та збереження даних, в тому числі даних для побудови графу. Підсистема складається з наступних модулів: побудови і візуалізації графу організаційної структури, роботи із зовнішніми джерелами даних та базою даних, виводу результатів обчислень та формування рекомендацій. Імпорт/експорт даних можна здійснити через зовнішні (файл), внутрішні (БД) джерела даних або ввести дані вручну. В якості даних виступають: організаційна структура з усіма її

властивостями, граф структури з усіма його компонентами та даними щодо їх розташування відносно один одного, інформація щодо експертизи (критерії, альтернативи, оцінки експертів, результати розрахунків, підсумкове ранжування). **Модуль виводу результатів обчислень** призначений для відображення проміжних і кінцевих даних обчислень та аналізу у вигляді графів, таблиць та текстових масивів даних.

Модуль формування рекомендацій складається з механізму видачі рекомендацій користувачу (ОПР) для вибору найкращого рішення з використанням запропонованих методів і моделей аналізу даних (результатів аналізу властивостей СЛФОС і результатів експертного опитування). Результати виконаних в модулі аналізу СЛФОС обчислень використовуються для формування висновків та рекомендацій щодо створення організаційних структур з покращеними характеристиками на основі початкової структури. Для цього застосовуються граничні значення властивостей оптимальних структур, що докладно описані в наступному підрозділі. Усі рекомендовані зміни в початковій структурі виступають в якості альтернатив для експертизи. Таким чином, підмножини альтернатив, виділені експертами в процесі проведення експертного оцінювання, можуть вважатися кінцевими варіантами оптимізації початкової організаційної структури.

4.3 Визначення границь оптимальності організаційних структур на прикладі практичного застосування інформаційної технології аналізу СЛФОС

Наведемо приклад аналізу СЛФОС деяких чинних підприємств, щоб проілюструвати технологію, розроблену у даному розділі [47-49,54,55,59].

Розрахуємо значення часткових критеріїв трьох організаційних структур G_1 (рисунок В.1), G_2 (рисунок В.2), G_3 (рисунок В.3), графи яких представлені на рис. 4.5-4.7 відповідно, за формулами з розділів 2.4 та 2.5.

Для даної структури машинобудівного підприємства інформаційне навантаження топ-менеджера та менеджерів вищої ланки є таким:

$$\begin{aligned} \deg a_0 &= 9; \quad \deg a_1 = 5; \quad \deg a_2 = 7; \quad \deg a_3 = 13; \\ \deg a_4 &= 5; \quad \deg a_5 = 5; \quad \deg a_6 = 4; \quad \deg a_7 = 2; \quad \deg a_8 = 6. \end{aligned}$$

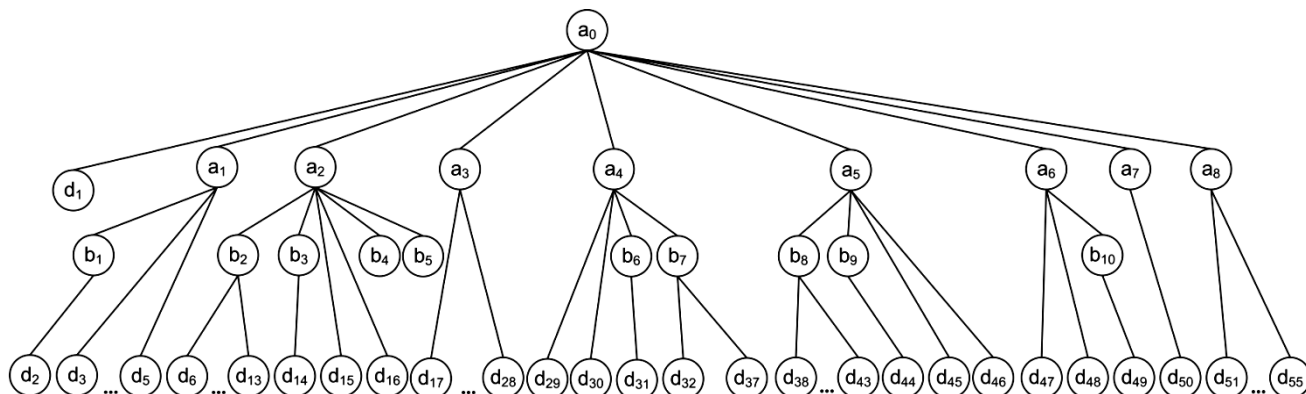


Рисунок 4.5 – Граф організаційної структури G_1

Відповідно інформаційне перевантаження менеджерів становить:

$$\lambda_0 = 1,29; \quad \lambda_1 = 0,71; \quad \lambda_2 = 1; \quad \lambda_3 = 1,86;$$

$$\lambda_4 = 0,71; \quad \lambda_5 = 0,71; \quad \lambda_6 = 0,57; \quad \lambda_7 = 0,14; \quad \lambda_8 = 0,86;$$

при оптимальному інтервалі значень для цього показника – $[0,85; 1,3]$.

Норма керованості для цих менеджерів становить:

$$r(a_0) = 9; \quad r(a_1) = 4; \quad r(a_2) = 6; \quad r(a_3) = 12;$$

$$r(a_4) = 4; \quad r(a_5) = 4; \quad r(a_6) = 3; \quad r(a_7) = 1; \quad r(a_8) = 5.$$

За моделлю Бекмана, яка була розглянута у розділі 2.4, відношення L_{i+1}/L_i кількості менеджерів на двох сусідніх рівнях визначає норму керованості, середню кількість безпосередніх підлеглих у кожного менеджера рівня i . Таким чином, для даної структури норма керованості на кожному рівні становить: $r_1 = 10/8 \approx 2$; $r_2 = 56/10 \approx 6$.

На практиці показник керованості характеризує ефективність використання управлінського персоналу, визначається як відношення фактичної кількості підрозділів або осіб, які підпорядковуються одному управлінцю, до норми керованості. Питання норми керованості служить темою полеміки для теоретиків та практиків управління. Одні стверджують, що нормативів бути не може, інші – що в якості орієнтирів можна

рекомендувати лише інтервали, всередині яких повинні враховуватися індивідуальні якості керівника.

Вважається, що керованість на різних рівнях забезпечується в межах наступних інтервалів [65, 67]:

- кількість філіалів, що замикаються на президентові компанії, повинна бути від 3 до 5;
- число прямих об'єктів управління у віце-президента або директора філіалу – від 5 до 8;
- кількість підлеглих осіб у одного управлінця – 6-8;
- число робітників в бригаді – від 5 до 15 осіб.

Характерні ознаки перевищення меж керованості, коли потреби знизу не співпадають з можливістю управління зверху, полягають в наступному:

- менеджер не знає положення справ на нижніх рівнях ієрархії;
- не встигає вирішувати питання, що поступають знизу;
- не є доступним для нижчих рівнів ієрархії;
- не всі питання вирішує одразу.

Таким чином, кількість підлеглих топ-менеджера та менеджерів вищої ланки управління має становити від 5 до 8 підлеглих (або інших прямих об'єктів управління) у кожного, менеджери середньої ланки повинні мати під своїм керівництвом від 6 до 8 осіб, а виконавців на найнижчому рівні ієрархії має становити від 5 до 15 працівників у кожного менеджера [114]. Кількість підлеглих у топ-менеджера структури G_1 дорівнює 9, у менеджера a_3 – 12, тоді як норма становить від 6 до 8. Кількість підлеглих у менеджера b_2 теж варто зменшити.

Кількість менеджерів в ієрархії G_1 з середньою нормою керованості $r=5$ на множині з $n=55$ виконавців дорівнює $M = (n - 1)/(r - 1) = 54/4 \approx 14$, і на практиці структура має 20 менеджерів.

Тепер виконаємо аналіз організаційної структури суднобудівного заводу (рис. 4.6). Для даної структури інформаційне навантаження топ-менеджера та менеджерів вищої ланки є таким:

$$\deg a_0 = 8; \quad \deg a_1 = 6; \quad \deg a_2 = 12; \quad \deg a_3 = 4; \quad \deg a_4 = 5; \quad \deg a_5 = 14.$$

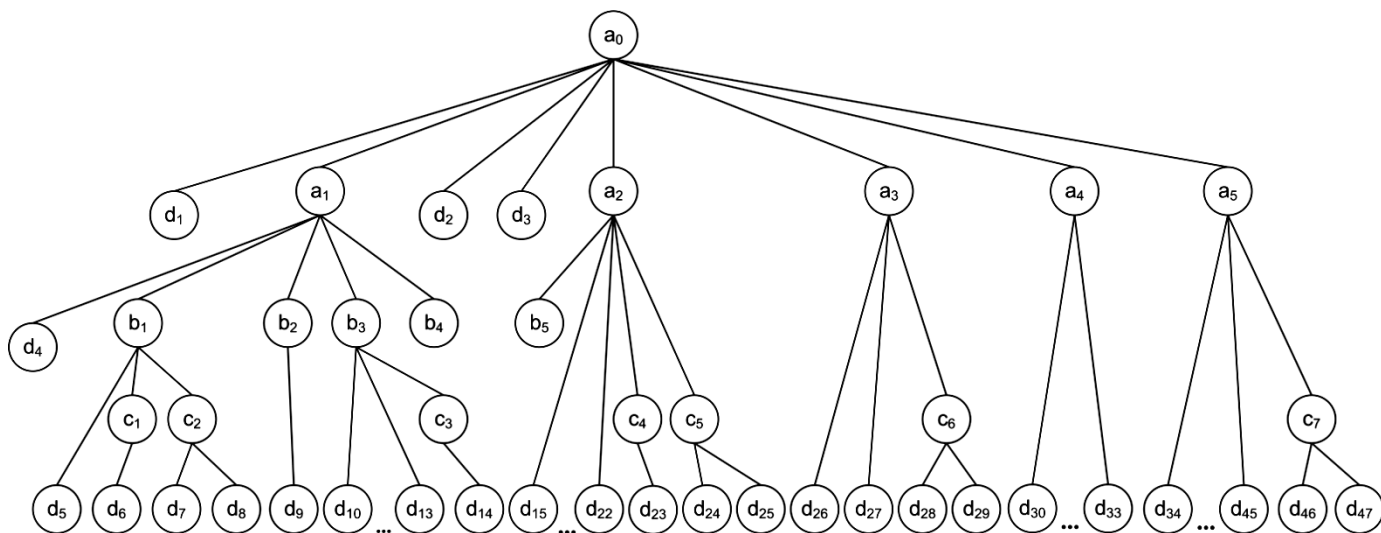


Рисунок 4.6 – Граф організаційної структури G_2

Відповідно інформаційне перевантаження становить:

$$\lambda_0 = 1,14; \quad \lambda_1 = 0,86; \quad \lambda_2 = 1,71; \quad \lambda_3 = 0,57; \quad \lambda_4 = 0,71; \quad \lambda_5 = 2;$$

при оптимальному інтервалі значень для цього показника – $[0,85; 1,3]$.

Норма керованості для цих менеджерів становить:

$$r(a_0) = 8; \quad r(a_1) = 5; \quad r(a_2) = 11; \quad r(a_3) = 3; \quad r(a_4) = 4; \quad r(a_5) = 13.$$

За моделлю Бекмана для даної структури норма керованості на кожному рівні становить: $r_1 = 5/5 = 1$; $r_2 = 7/5 \approx 2$; $r_3 = 47/7 \approx 7$.

На основі цих даних зробимо декілька зауважень щодо оптимізації структури. Кількість підлеглих у менеджера a_2 дорівнює 11, у менеджера a_5 – 13, тоді як норма становить від 6 до 8. У менеджера a_2 знаходяться під керівництвом декілька цехів, які було б краще віддати під управління замісника або помічника менеджера (тобто треба ввести ще один елемент до структури). У менеджера a_5 знаходяться під керівництвом декілька елементів, які можна характеризувати, як філіали (наприклад, $d_{34}-d_{37}$).

Можливо передати їх під керівництво топ-менеджера або його помічника (ще один новий елемент структури).

Кількість менеджерів в оптимізованій ієрархії G_2 з середньою нормою керованості $r=7$ на множині з $n=47$ виконавців дорівнює $M = (n - 1)/(r - 1) = 46/6 = 8$, а на практиці структура має 17 менеджерів.

Тепер виконаємо аналіз організаційної структури морського порту (рис. 4.9).

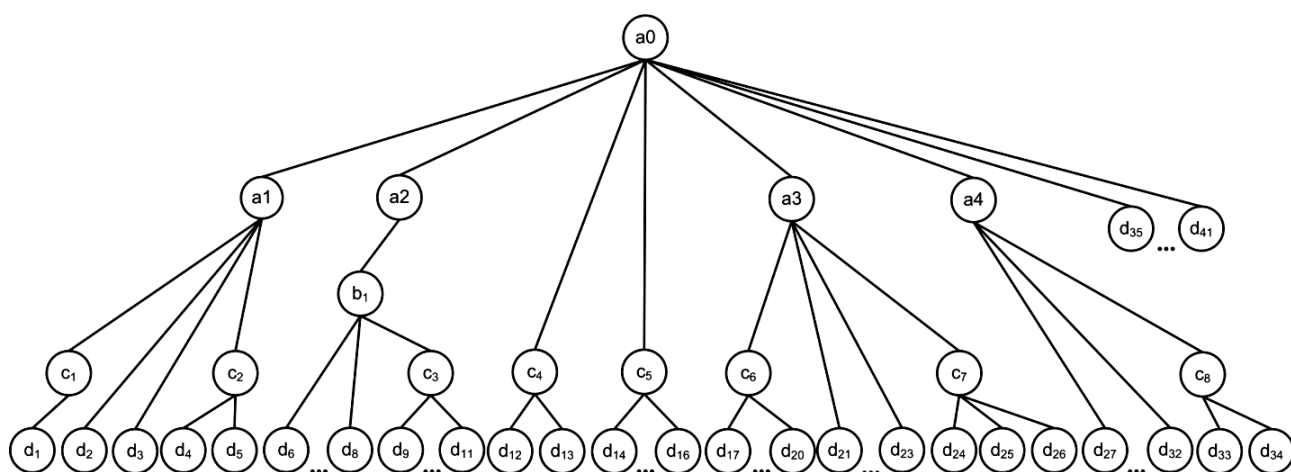


Рисунок 4.9 – Граф організаційної структури G_3

Для даної структури інформаційне навантаження топ-менеджера та менеджерів вищої ланки є таким: $\deg a_0 = 13$; $\deg a_1 = 5$; $\deg a_2 = 2$; $\deg a_3 = 6$; $\deg a_4 = 8$.

Інформаційне перевантаження для цих менеджерів становить:

$$\lambda_0 = 1,86; \quad \lambda_1 = 0,71; \quad \lambda_2 = 0,29; \quad \lambda_3 = 0,86; \quad \lambda_4 = 1,14;$$

при оптимальному інтервалі значень для цього показника – $[0,85; 1,3]$.

Норма керованості для цих менеджерів становить:

$$r(a_0) = 13; \quad r(a_1) = 4; \quad r(a_2) = 1; \quad r(a_3) = 5; \quad r(a_4) = 7.$$

За моделлю Бекмана для даної структури норма керованості на кожному рівні становить: $r_1 = 9/4 \approx 3$; $r_2 = 41/9 \approx 5$.

На основі цих даних можна зробити висновок, що треба оптимізувати кількість підлеглих топ-менеджера, яка дорівнює 13, тоді як норма становить

від 5 до 8. До того ж, можна за потреби зменшити кількість підлеглих у менеджера a_4 , інформаційне навантаження якого дещо вище норми.

Кількість менеджерів в оптимізованій ієрархії G_3 з середньою нормою керованості $r=6$ на множині з $n=41$ виконавця дорівнює $M = (n - 1)/(r - 1) = 40/5 = 8$, і на практиці структура має 14 менеджерів.

Множиною внутрішньо стійких вершин $G_1 \in \{a_1, b_2 \dots b_4, b_6, b_8 \dots b_{23}, b_{25}, b_{27}, b_{29} \dots b_{32}, b_{34} \dots b_{39}, c_1 \dots c_{17}, c_{19}, c_{20}, d_1 \dots d_6\}$. Множиною внутрішньо стійких вершин $G_2 \in \{a_1, a_7, a_8, b_4 \dots b_9, b_{11} \dots b_{15}, b_{17}, b_{18}, b_{20} \dots b_{33}, b_{35}, b_{36}, c_1, c_4 \dots c_7, c_9 \dots c_{14}, d_1 \dots d_4\}$. Множиною внутрішньо стійких вершин $G_3 \in \{a_6 \dots a_{12}, b_2, b_3, b_7, b_8, b_{10} \dots b_{12}, b_{14} \dots b_{22}, c_1, c_1 \dots c_6, c_8 \dots c_{16}, d_1 \dots d_3\}$. Число внутрішньої стійкості $\alpha(G_1) = 58$, що становить 77,33% від загальної кількості вершин; $\alpha(G_2) = 49$ – 75,38%; $\alpha(G_3) = 41$ – 74,545%. В припустимій за оптимальністю структурі цей показник $\geq 70\%$.

Множиною зовнішньо стійких вершин $G_1 \in \{a_0, a_2 \dots a_9, b_1, b_5, b_7, b_{24}, b_{26}, b_{28}, b_{33}, c_{18}\}$. Множиною зовнішньо стійких вершин $G_2 \in \{a_0, a_2 \dots a_6, b_1 \dots b_3, b_{10}, b_{16}, b_{19}, b_{34}, c_2, c_3, c_8\}$. Множиною зовнішньо стійких вершин $G_3 \in \{a_0, a_1 \dots a_5, a_{13}, b_1, b_4 \dots b_6, b_9, b_{13}, c_7\}$. Число зовнішньої стійкості $\beta(G_1) = 17$, що становить 22,67% від загальної кількості вершин; $\beta(G_2) = 16$ – 24,62%; $\beta(G_3) = 14$ – 25,455%. В припустимій за оптимальністю структурі цей показник $\geq 20\%$.

У G_1 діаметр $D = 6$, радіус $R = 3$, у G_2 та G_3 $D = 7$, $R = 4$ (якщо прийняти a_0 за центр графу), що є оптимальним для даних організаційних структур. Кількість рівнів ієрархії не має перевищувати 5, відповідно оптимальний інтервал значень радіуса дорівнює $[2;4]$, діаметра – $[4;8]$.

4.4 Побудова аналітичної моделі інформаційних потоків на прикладі організаційних структур трьох підприємств

Відповідно до (2.2) побудуємо аналітичні моделі інформаційних потоків розглянутих в попередньому підрозділі СЛФОС.

У табл. 4.9 зазначено інтенсивність потоків повідомлень між менеджерами вищої ланки структури G_1 у вигляді середньої кількості повідомлень відправлених менеджером a_j менеджеру a_i впродовж деякої одиниці часу. Ці дані використовуються для обчислення ентропії повідомлень за формулою (2.3). Результати обчислень кількості інформації представлені у табл. 4.10.

Таблиця 4.9 – Середня кількість відправлених/отриманих повідомлень

| $\lambda(a_j \rightarrow a_i)$ | | одержувачі (a_i) | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 | a_6 | a_7 | a_8 | Σ |
| відправники (a_j) | a_1 | | 9 | 16 | 10 | 18 | 2 | 5 | 2 | 62 |
| | a_2 | 2 | | 14 | 10 | 1 | 12 | 14 | 19 | 72 |
| | a_3 | 4 | 12 | | 10 | 10 | 19 | 13 | 13 | 81 |
| | a_4 | 3 | 2 | 11 | | 13 | 12 | 19 | 17 | 77 |
| | a_5 | 2 | 18 | 18 | 8 | | 15 | 11 | 8 | 80 |
| | a_6 | 19 | 20 | 9 | 5 | 20 | | 11 | 1 | 85 |
| | a_7 | 12 | 8 | 14 | 11 | 13 | 2 | | 19 | 79 |
| | a_8 | 17 | 13 | 18 | 16 | 10 | 15 | 12 | | 101 |
| | Σ | 59 | 82 | 100 | 70 | 85 | 77 | 85 | 79 | |

Кількість інформації, що проходить через канали комунікації менеджерів визначається наступним чином:

$$I_{\text{кп}}(a_k) = H_e(x) + H_o(x), \quad (4.1)$$

де a_k – менеджер;

H_e – ентропія відправлених повідомлень;

H_o – ентропія отриманих повідомлень.

Таблиця 4.10 – Кількість інформації

| | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 | a_6 | a_7 | a_8 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| H_g | 2,47 | 2,48 | 2,71 | 2,55 | 2,61 | 2,5 | 2,64 | 2,78 |
| H_o | 2,32 | 2,61 | 2,77 | 2,74 | 2,6 | 2,53 | 2,73 | 2,44 |
| $I_{\text{кп}}$ | 4,79 | 5,09 | 5,48 | 5,29 | 5,21 | 5,03 | 5,37 | 5,22 |

Нехай для розрахунку цінності інформації були обчислені наступні коефіцієнти w_i : $w_1(x) = 0,27$; $w_2(x) = 0,15$; $w_3(x) = 0,04$; $w_4(x) = 0,02$; $w_5(x) = 0,15$; $w_6(x) = 0,28$; $w_7(x) = 0,09$. Визначимо $I_{\text{ці}}$ для отриманих повідомлень. Менеджери оцінили отримані повідомлення за інформаційними властивостями c_1 - c_7 як показано в таблицях 4.11-4.18.

Таблиця 4.11 – Оцінки комунікацій a_1 Таблиця 4.12 – Оцінки комунікацій a_2

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_2 | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 1,0 |
| a_3 | 1,0 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 1,0 |
| a_4 | 0,9 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 0,7 | 0,9 |
| a_5 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 |
| a_6 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 0,9 |
| a_7 | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 0,9 |
| a_8 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,9 |

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_1 | 1,0 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 0,9 |
| a_3 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| a_4 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,9 |
| a_5 | 1,0 | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 0,5 | 0,9 | 0,9 |
| a_6 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| a_7 | 0,9 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 1,0 |
| a_8 | 0,9 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 1,0 |

Таблиця 4.13 – Оцінки комунікацій a_3 Таблиця 4.14 – Оцінки комунікацій a_4

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_1 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 0,7 | 1,0 | 0,5 | 0,7 |
| a_2 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,5 |
| a_4 | 1,0 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 0,7 |
| a_5 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 1,0 |
| a_6 | 1,0 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 0,5 | 0,7 |
| a_7 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 1,0 | 0,7 |
| a_8 | 0,9 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_1 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 0,5 | 1,0 |
| a_2 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,0 |
| a_3 | 0,7 | 0,5 | 1,0 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 1,0 |
| a_5 | 0,9 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 1,0 | 0,7 |
| a_6 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 1,0 |
| a_7 | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 0,7 |
| a_8 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 1,0 | 0,7 |

Таблиця 4.15 – Оцінки комунікацій a_5

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_1 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 1,0 | 0,9 | 0,7 |
| a_2 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 1,0 |
| a_3 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 1,0 |
| a_4 | 0,9 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,7 |
| a_6 | 0,7 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 1,0 |
| a_7 | 1,0 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 1,0 |
| a_8 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,6 | 0,9 | 0,5 | 0,7 |

Таблиця 4.16 – Оцінки комунікацій a_6

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_1 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 0,9 | 1,0 | 0,9 |
| a_2 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 0,9 |
| a_3 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,7 | 0,9 | 0,7 | 1,0 |
| a_4 | 1,0 | 0,5 | 1,0 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 1,0 |
| a_5 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,9 |
| a_7 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 1,0 | 0,7 |
| a_8 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

Таблиця 4.17 – Оцінки комунікацій a_7

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_1 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 0,7 |
| a_2 | 1,0 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 1,0 |
| a_3 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,7 |
| a_4 | 1,0 | 1,0 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 0,9 |
| a_5 | 0,7 | 1,0 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,7 |
| a_6 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,9 | 1,0 | 0,7 |
| a_8 | 1,0 | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,7 |

Таблиця 4.18 – Оцінки комунікацій a_8

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_1 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,9 | 0,5 | 0,9 |
| a_2 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,9 |
| a_3 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| a_4 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,7 |
| a_5 | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 |
| a_6 | 0,9 | 0,5 | 1,0 | 0,7 | 0,9 | 1,0 | 0,7 |
| a_7 | 0,9 | 0,7 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0,9 |

Значення $Z(x)$ узагальненого показника $I_{ци}$ повідомлень розраховуються відповідно до (2.7). Результати розрахунків для побудови аналітичної моделі представлені у табл. 4.19.

Таблиця 4.19 – Аналітична модель структури G_1

| | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 | a_6 | a_7 | a_8 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| I_{iip} | 121 | 154 | 181 | 147 | 165 | 162 | 164 | 180 |
| I_{kip} | 4,79 | 5,09 | 5,48 | 5,29 | 5,21 | 5,03 | 5,37 | 5,22 |
| $I_{ци}$ | 5,63 | 5,39 | 5,43 | 5,5 | 5,64 | 5,6 | 5,77 | 5,2 |

Навантаження менеджера a_1 є оптимальним: при найменшій I_{kip} серед менеджерів він має високу $I_{ци}$. А навантаження менеджерів a_3 і a_4 , навпаки потребує збалансування.

У табл. 4.20 наведено середню кількість повідомлень відправлених менеджером структури G_2 a_j менеджеру a_i впродовж деякої одиниці часу. Обчислені за формулою (2.3) значення ентропії повідомлень та кількість інформації, обчислена за формулою (4.1), представлені у табл. 4.21.

Таблиця 4.20 – Середня кількість відправлених/отриманих повідомлень

| $\lambda(a_j \rightarrow a_i)$ | | одержувачі (a_i) | | | | | | | |
|--------------------------------|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 | d_1 | Σ |
| відправники (a_j) | a_0 | | 15 | 13 | 20 | 26 | 12 | 20 | 106 |
| | a_1 | 10 | | 7 | 20 | 19 | 14 | 21 | 91 |
| | a_2 | 6 | 6 | | 7 | 23 | 6 | 21 | 69 |
| | a_3 | 7 | 7 | 19 | | 26 | 6 | 26 | 91 |
| | a_4 | 21 | 11 | 11 | 16 | | 26 | 23 | 108 |
| | a_5 | 10 | 6 | 8 | 11 | 13 | | 9 | 57 |
| | d_1 | 22 | 11 | 26 | 6 | 20 | 8 | | 93 |
| | Σ | 76 | 56 | 84 | 80 | 127 | 72 | 120 | |

Таблиця 4.21 – Кількість інформації

| | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 | d_1 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| H_e | 2,53 | 2,49 | 2,31 | 2,33 | 2,51 | 2,55 | 2,41 |
| H_o | 2,41 | 2,5 | 2,43 | 2,45 | 2,55 | 2,37 | 2,52 |
| $I_{\text{кїп}}$ | 4,94 | 4,99 | 4,74 | 4,78 | 5,06 | 4,92 | 4,93 |

Нехай для розрахунку цінності інформації були обчислені наступні коефіцієнти w_i : $w_1(x) = 0,27$; $w_2(x) = 0,12$; $w_3(x) = 0,05$; $w_4(x) = 0,02$; $w_5(x) = 0,2$; $w_6(x) = 0,24$; $w_7(x) = 0,09$. Визначимо $I_{\text{ці}}$ для отриманих повідомлень. Менеджери оцінили отримані повідомлення за інформаційними властивостями c_1 - c_7 як показано в таблицях 4.22-4.28.

Значення $Z(x)$ узагальненого показника $I_{\text{ці}}$ повідомлень розраховуються відповідно до (2.7). Результати розрахунків для побудови аналітичної моделі представлені у табл. 4.29.

Таблиця 4.22 – Оцінки комунікацій a_0

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_1 | 1,0 | 0,5 | 1,0 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| a_2 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,7 |
| a_3 | 0,9 | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| a_4 | 0,9 | 1,0 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 1,0 | 0,7 |
| a_5 | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 1,0 |
| d_1 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 1,0 |

Таблиця 4.24 – Оцінки комунікацій a_2

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_0 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 0,7 | 1,0 | 0,5 | 0,7 |
| a_1 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,5 |
| a_3 | 1,0 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 0,7 |
| a_4 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 1,0 |
| a_5 | 1,0 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 0,5 | 0,7 |
| d_1 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 1,0 | 0,7 |

Таблиця 4.26 – Оцінки комунікацій a_4

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_0 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 1,0 | 0,9 | 0,7 |
| a_1 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 1,0 |
| a_2 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 1,0 |
| a_3 | 0,9 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,7 |
| a_5 | 0,7 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 1,0 |
| d_1 | 1,0 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 1,0 |

Таблиця 4.28 – Оцінки комунікацій d_1

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_0 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 0,7 |
| a_1 | 1,0 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 1,0 |
| a_2 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,7 |
| a_3 | 1,0 | 1,0 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 0,9 |
| a_4 | 0,7 | 1,0 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,7 |
| a_5 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,9 | 1,0 | 0,7 |

Таблиця 4.23 – Оцінки комунікацій a_1

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_0 | 1,0 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 0,9 |
| a_2 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| a_3 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,9 |
| a_4 | 1,0 | 0,7 | 0,9 | 0,9 | 0,5 | 0,9 | 0,9 |
| a_5 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| d_1 | 0,9 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,7 | 1,0 |

Таблиця 4.25 – Оцінки комунікацій a_3

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_0 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 0,5 | 1,0 |
| a_1 | 0,9 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,0 |
| a_2 | 0,7 | 0,5 | 1,0 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 1,0 |
| a_4 | 0,9 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 1,0 | 0,7 |
| a_5 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 1,0 |
| d_1 | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 0,7 |

Таблиця 4.27 – Оцінки комунікацій a_5

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_0 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 0,9 | 1,0 | 0,9 |
| a_1 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 0,9 |
| a_2 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,7 | 0,9 | 0,7 | 1,0 |
| a_3 | 1,0 | 0,5 | 1,0 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 1,0 |
| a_4 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,9 |
| d_1 | 0,9 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 1,0 | 0,7 |

Таблиця 4.29 – Аналітична модель структури G_2

| | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | a_5 | d_1 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $I_{\text{іп}}$ | 182 | 147 | 153 | 171 | 235 | 129 | 213 |
| $I_{\text{кіп}}$ | 4,94 | 4,99 | 4,74 | 4,78 | 5,06 | 4,92 | 4,93 |
| $I_{\text{ці}}$ | 4,77 | 4,54 | 4,6 | 4,7 | 4,88 | 4,71 | 4,85 |

Навантаження менеджерів a_1 потребує збалансування: при одній з найвищих $I_{\text{кіп}}$ серед інших менеджерів він має низьку $I_{\text{ці}}$. Навантаження менеджерів a_2 і a_3 є низьким за всіма показниками, що теж не можна вважати оптимальним. Навантаження радника d_1 є оптимальним.

У табл. 4.30 наведено середню кількість повідомлень відправлених менеджером структури G_3 a_j менеджеру a_i впродовж деякої одиниці часу. Обчислені за формулою (2.3) значення ентропії повідомлень та кількість інформації, обчислена за формулою (4.1), представлені у табл. 4.31.

Таблиця 4.30 – Середня кількість відправлених/отриманих повідомлень

| $\lambda(a_j \rightarrow a_i)$ | | одержувачі (a_i) | | | | | | | |
|--------------------------------|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|
| | | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | d_{36} | d_{37} | Σ |
| відправники (a_j) | a_0 | | 19 | 28 | 23 | 10 | 16 | 15 | 111 |
| | a_1 | 28 | | 22 | 11 | 27 | 11 | 11 | 110 |
| | a_2 | 11 | 15 | | 19 | 23 | 26 | 27 | 121 |
| | a_3 | 20 | 15 | 10 | | 13 | 23 | 17 | 98 |
| | a_4 | 11 | 17 | 16 | 28 | | 11 | 24 | 107 |
| | d_{36} | 24 | 29 | 26 | 16 | 23 | | 30 | 148 |
| | d_{37} | 20 | 13 | 18 | 20 | 25 | 28 | | 124 |
| | Σ | 114 | 108 | 120 | 117 | 121 | 115 | 124 | |

Таблиця 4.31 – Кількість інформації

| | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | d_{36} | d_{37} |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|
| H_e | 2,52 | 2,46 | 2,53 | 2,53 | 2,49 | 2,56 | 2,54 |
| H_o | 2,5 | 2,53 | 2,51 | 2,53 | 2,51 | 2,49 | 2,51 |
| $I_{\text{кіп}}$ | 5,02 | 4,99 | 5,04 | 5,06 | 5,0 | 5,05 | 5,05 |

Нехай для розрахунку цінності інформації були обчислені наступні коефіцієнти w_i : $w_1(x) = 0,2$; $w_2(x) = 0,16$; $w_3(x) = 0,1$; $w_4(x) = 0,02$; $w_5(x) = 0,16$; $w_6(x) = 0,23$; $w_7(x) = 0,13$. Визначимо $I_{ці}$ для отриманих повідомлень. Менеджери оцінили отримані повідомлення за інформаційними властивостями c_1-c_7 як показано в таблицях 4.32-4.38.

Таблиця 4.32 – Оцінки комунікацій a_0

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_1 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,9 |
| a_2 | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,5 | 0,7 |
| a_3 | 0,9 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0,6 | 0,4 | 0,7 |
| a_4 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,7 |
| d_{36} | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,8 |
| d_{37} | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,7 |

Таблиця 4.33 – Оцінки комунікацій a_1

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_0 | 0,5 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,4 | 0,7 |
| a_2 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,4 | 0,9 | 0,6 |
| a_3 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 0,9 | 0,6 |
| a_4 | 0,9 | 0,4 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,4 | 0,8 |
| d_{36} | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,9 |
| d_{37} | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,5 |

Таблиця 4.34 – Оцінки комунікацій a_2

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_0 | 0,4 | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,8 |
| a_1 | 0,5 | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,8 |
| a_3 | 0,9 | 0,6 | 0,8 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,8 |
| a_4 | 0,4 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| d_{36} | 0,6 | 0,5 | 0,9 | 0,5 | 0,9 | 0,9 | 0,8 |
| d_{37} | 0,6 | 0,5 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,9 |

Таблиця 4.35 – Оцінки комунікацій a_3

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_0 | 0,8 | 0,6 | 0,9 | 0,6 | 0,4 | 0,6 | 0,6 |
| a_1 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,4 | 0,8 | 0,7 |
| a_2 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,9 | 0,4 | 0,7 |
| a_4 | 0,7 | 0,6 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,6 |
| d_{36} | 0,5 | 0,5 | 0,9 | 0,8 | 0,6 | 0,9 | 0,7 |
| d_{37} | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 0,7 |

Таблиця 4.36 – Оцінки комунікацій a_4

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_0 | 0,4 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| a_1 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,9 | 0,5 |
| a_2 | 0,8 | 0,4 | 0,9 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,6 |
| a_3 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,7 |
| d_{36} | 0,6 | 0,9 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,5 |
| d_{37} | 0,9 | 0,6 | 0,9 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,9 |

Таблиця 4.37 – Оцінки комунікацій d_{36}

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_0 | 0,9 | 0,4 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,4 | 0,7 |
| a_1 | 0,7 | 0,9 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,9 |
| a_2 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 0,9 |
| a_3 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | 0,8 | 0,8 |
| a_4 | 0,6 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 0,7 |
| d_{37} | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |

Таблиця 4.38 – Оцінки комунікацій d_{37}

| | c_1 | c_2 | c_3 | c_4 | c_5 | c_6 | c_7 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_0 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,8 |
| a_1 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 0,6 |
| a_2 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,4 | 0,6 |
| a_3 | 0,5 | 0,4 | 0,8 | 0,9 | 0,5 | 0,6 | 0,4 |
| a_4 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,9 | 0,8 | 0,9 |
| d_{36} | 0,9 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 0,9 | 0,9 | 0,8 |

Значення $Z(x)$ узагальненого показника $I_{ци}$ повідомлень розраховуються відповідно до (2.7). Результати розрахунків для побудови аналітичної моделі представлені у табл. 4.39.

Таблиця 4.39 – Аналітична модель структури G_3

| | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | a_4 | d_{36} | d_{37} |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|
| I_{iip} | 225 | 218 | 241 | 215 | 228 | 263 | 248 |
| I_{kip} | 5,02 | 4,99 | 5,04 | 5,06 | 5,0 | 5,05 | 5,05 |
| $I_{ци}$ | 4,1 | 3,97 | 3,97 | 4,15 | 4,26 | 4,14 | 4,16 |

Навантаження менеджера a_4 є оптимальним: при найменшій I_{kip} серед менеджерів він має високу $I_{ци}$. А навантаження менеджерів a_2 , a_3 , радника d_{36} , і прес-секретаря d_{37} , навпаки, потребує збалансування. Навантаження менеджера a_1 є низьким за всіма показниками, що теж не можна вважати оптимальним.

Для підвищення продуктивності менеджерів рекомендується збалансувати їх навантаження через підпорядкування безпосередніх підлеглих іншим менеджерам, розширення організаційної структури, підвищення значень цінності інформації тощо.

4.5 Приклад застосування алгоритму вибору оптимальної організаційної структури машинобудівного заводу із використанням теорії Демпстера-Шейфера

На основі рекомендацій, сформованих в результаті аналізу організаційної структури машинобудівного заводу, були створені три структури (H_1, H_2, H_3). Альтернативи передбачають такі зміни в початковій структурі (рисунок 4.11):

- H_1 : менеджер a_7 стає підлеглим менеджера a_6 , таким чином зменшуючи інформаційне навантаження на топ-менеджера;
- H_2 : додати деякого менеджера b_x в якості помічника менеджера a_3 , і таким чином вдвічі зменшити інформаційне навантаження на менеджера a_3 ;
- H_3 : передати повноваження менеджера b_{10} (директор з економіки) менеджеру a_6 (зам. генерального директора з фінансів та економіки).

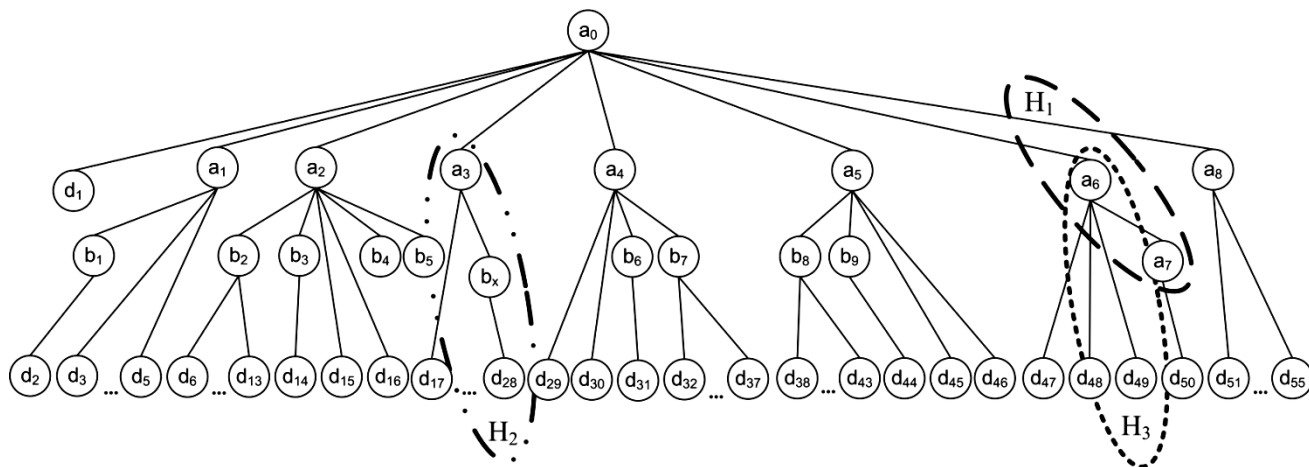


Рисунок 4.11 – Зміни в початковій структурі G_1

За трьома критеріями: за критерієм витрат на утримання (C_1), критерієм якості структури (C_2) та інформаційним критерієм (C_3) – визначено по три групи альтернатив. Матриці порівнянь альтернатив за цими критеріями представлені в табл. 4.40.

Таблиця 4.40 – Результати порівняння альтернатив

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| C_1 | $\{H_1\}$ | $\{H_2\}$ | $\{H_3\}$ | C_2 | $\{H_1\}$ | $\{H_2\}$ | $\{H_3\}$ | C_3 | $\{H_1\}$ | $\{H_2\}$ | $\{H_3\}$ |
| Ω | 4 | 3 | 5 | Ω | 5 | 2 | 4 | Ω | 3 | 5 | 4 |

З табл. 4.40 випливає, що за критерієм C_1 альтернатива H_2 розглядається ОПР як найкраща в порівнянні з двома іншими альтернативами. Перевага $\{\Omega\} > \{H_2\}$ дорівнює 3, а $\{\Omega\} > \{H_1\}$ дорівнює 4. Тобто, Ω має меншу перевагу над H_2 , ніж над H_1 .

Припустимо, що вага критерію C_1 дорівнює $\omega(C_1) = 0,3$, критерію C_2 дорівнює $\omega(C_2) = 0,3$, критерію C_3 дорівнює $\omega(C_3) = 0,4$. Виконаємо перетворення даних з табл. 4.40 в табл. 4.41, 4.42.

Таблиця 4.41 – Результати порівняння альтернатив за критерієм C_1

| | | | | |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|
| $\omega(C_1) = 0,3$ | $\{H_1\}$ | $\{H_2\}$ | $\{H_3\}$ | Ω |
| $\{H_1\}$ | 1 | 0 | 0 | $1/(4 \cdot 0,3)$ |
| $\{H_2\}$ | 0 | 1 | 0 | $1/(3 \cdot 0,3)$ |
| $\{H_3\}$ | 0 | 0 | 1 | $1/(5 \cdot 0,3)$ |
| Ω | 4 | 3 | 5 | 1 |

Таблиця 4.42 – Результати порівняння альтернатив за критеріями C_2 та C_3

| | | | | |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|----------|
| $\omega(C_2) = 0,3$ | $\{H_1\}$ | $\{H_2\}$ | $\{H_3\}$ | Ω |
| Ω | $5 \cdot 0,3$ | $2 \cdot 0,3$ | $4 \cdot 0,3$ | 1 |

| | | | | |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|----------|
| $\omega(C_3) = 0,4$ | $\{H_1\}$ | $\{H_2\}$ | $\{H_3\}$ | Ω |
| Ω | $3 \cdot 0,4$ | $5 \cdot 0,4$ | $4 \cdot 0,4$ | 1 |

Далі, використовуючи підхід, прийнятий в стандартному МАІ, визначимо ваги відповідних груп альтернатив.

$$\omega_1^*(\{H_1\}) = \left(\frac{1}{4 \cdot 0,3}\right)^{1/4} = 0,955;$$

$$\omega_1^*(\{H_2\}) = \left(\frac{1}{3 \cdot 0,3}\right)^{1/4} = 1,027;$$

$$\omega_1^*({H_3}) = \left(\frac{1}{5 \cdot 0,3}\right)^{1/4} = 0,904;$$

$$\omega_1^*(\Omega) = ((4 \cdot 0,3) \cdot (3 \cdot 0,3) \cdot (5 \cdot 0,3) \cdot 1)^{1/4} = 1,128;$$

$$\omega_1({H_1}) = \frac{0,955}{0,955 + 1,027 + 0,904 + 1,128} = 0,238;$$

$$\omega_1({H_2}) = \frac{1,027}{0,955 + 1,027 + 0,904 + 1,128} = 0,256;$$

$$\omega_1({H_3}) = \frac{0,904}{0,955 + 1,027 + 0,904 + 1,128} = 0,225;$$

$$\omega_1(\Omega) = \frac{1,128}{0,955 + 1,027 + 0,904 + 1,128} = 0,281.$$

Отримання значення нормованих ваг можна розглядати як базові ймовірності кожної групи альтернатив. Для цього введемо наступні перевизначення:

$$m_1({H_1}) = 0,238; \quad m_1({H_2}) = 0,256; \quad m_1({H_3}) = 0,225; \quad m_1(\Omega) = 0,281.$$

Аналогічним чином обчислюються ваги і базові ймовірності альтернатив за другим критерієм:

$$m_2({H_1}) = \omega_2({H_1}) = \frac{0,904}{0,904 + 1,136 + 0,955 + 1,019} = 0,225;$$

$$m_2({H_2}) = \omega_2({H_2}) = \frac{1,136}{0,904 + 1,136 + 0,955 + 1,019} = 0,283;$$

$$m_2({H_3}) = \omega_2({H_3}) = \frac{0,955}{0,904 + 1,136 + 0,955 + 1,019} = 0,238;$$

$$m_2(\Omega) = \omega_2(\Omega) = \frac{1,019}{0,904 + 1,136 + 0,955 + 1,019} = 0,254.$$

Базові ймовірності альтернатив за третім критерієм:

$$m_3(\{H_1\}) = \omega_3(\{H_1\}) = \frac{1,027}{1,027 + 0,904 + 0,955 + 1,128} = 0,256;$$

$$m_3(\{H_2\}) = \omega_3(\{H_2\}) = \frac{0,904}{1,027 + 0,904 + 0,955 + 1,128} = 0,225;$$

$$m_3(\{H_3\}) = \omega_3(\{H_3\}) = \frac{0,955}{1,027 + 0,904 + 0,955 + 1,128} = 0,238;$$

$$m_3(\Omega) = \omega_3(\Omega) = \frac{1,128}{1,027 + 0,904 + 0,955 + 1,128} = 0,281.$$

Підраховуємо коефіцієнт конфліктності: $k = 0,632$. При такому рівні конфліктності не можна застосовувати правило комбінування Демпстера. Правило Демпстера використовується, якщо сумарне значення всіх базових ймовірностей фокальних елементів є набагато більшим, ніж значення базової ймовірності основи аналізу, та конфлікт між групами свідочств є мінімальним ($k \leq 0,3$).

В даному випадку треба застосувати правило комбінування Ягера [44, 46, 134]. Це правило використовується, коли сумарне значення всіх базових ймовірностей фокальних елементів не дуже відрізняється від значення базової ймовірності основи аналізу, та існує істотний конфлікт між групами свідочств ($k \leq 0,7$).

$$m_Y(X) = \sum_{X_1, X_2, X_3 \in 2^\Omega, X_1 \cap X_2 \cap X_3 = X} m_1(X_1)m_2(X_2)m_3(X_3),$$

за умови, що $m_Y(\emptyset) = 0, \forall X \in 2^\Omega, X \neq \emptyset, X \neq \Omega$.

$$m_Y(\Omega) = m_1(\Omega)m_2(\Omega)m_3(\Omega) + \sum_{X_1, X_2, X_3 \in 2^\Omega, X_1 \cap X_2 \cap X_3 = \emptyset} m_1(X_1)m_2(X_2)m_3(X_3).$$

Отримаємо наступні значення комбінованих базових ймовірностей для груп альтернатив:

$$m_{123}(\{H_1\}) = 0,113; m_{123}(\{H_2\}) = 0,125; m_{123}(\{H_3\}) = 0,112; m_{123}(\Omega) = 0,651.$$

Усі групи альтернатив є одноелементними множинами, тому $Bel(\{H_1\}) = 0,113$; $Bel(\{H_2\}) = 0,125$; $Bel(\{H_3\}) = 0,112$. Підсумкове ранжування альтернатив набуде вигляду: $H_2 \succ H_1 \succ H_3$.

4.6 Приклад застосування алгоритму вибору оптимальної організаційної структури суднобудівного заводу із використанням теорії Дезера-Смарандаке

На основі рекомендацій, сформованих в результаті аналізу організаційної структури машинобудівного заводу, були запропоновані три варіанти оптимізації структури $(\omega_1, \omega_2, \omega_3)$. Альтернативи передбачають наступні зміни (рисунок 4.12):

- ω_1 : передати окремі госпрозрахункові підприємства $d_{22}, d_{41}, d_{42}, d_{44}, d_{45}$ під керівництво деякого менеджера a_x ;
- ω_2 : щоб знизити навантаження на менеджера a_2 передати цехи $d_{18}-d_{21}$ під керівництво менеджера b_5 , а окреме госпрозрахункове підприємство d_{22} під керівництво деякого менеджера a_x ;
- ω_3 : що знизити навантаження на топ-менеджера, передати юридичний відділ d_2 під керівництво менеджера a_5 .

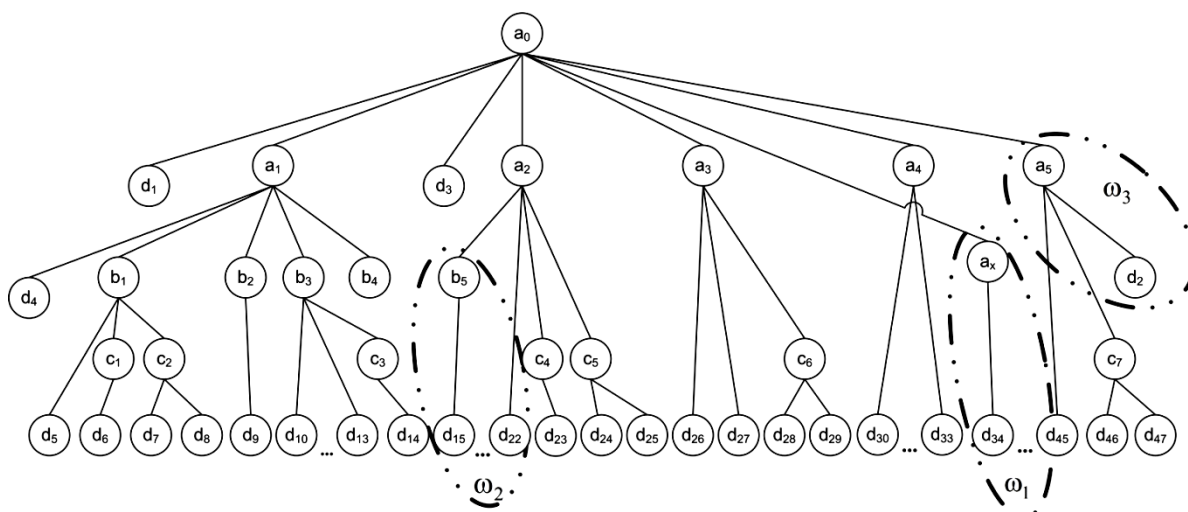


Рисунок 4.12 – Зміни в початковій структурі G_2

Відповідно до (3.2) на цій основі аналізу можна сформулювати 19 підмножин. Але між елементами немає перетинів $\omega_1 \cap \omega_3 = \emptyset$ і $\omega_2 \cap \omega_3 = \emptyset$, таким чином, отримуємо наступну гібридну модель Дезера-Смарандаке, яка представлена виразами:

$$X_0 = \emptyset; \quad X_1 = \omega_1; \quad X_2 = \omega_2; \quad X_3 = \omega_1 \cap \omega_2; \quad X_4 = \omega_1 \cup \omega_2.$$

За трьома критеріями: за критерієм витрат на утримання (C_1), критерієм якості структури (C_2) та інформаційним критерієм (C_3) – визначено три групи свідочств з наступними узагальненими основними масами впевненостей:

$$C_1 : m_1(\omega_1) = 0,45; \quad m_1(\omega_2) = 0,3; \quad m_1(\omega_1 \cap \omega_2) = 0,1; \quad m_1(\omega_1 \cup \omega_2) = 0,15;$$

$$C_2 : m_2(\omega_1) = 0,15; \quad m_2(\omega_2) = 0,35; \quad m_2(\omega_1 \cap \omega_2) = 0,4; \quad m_2(\omega_1 \cup \omega_2) = 0,1;$$

$$C_3 : m_3(\omega_1) = 0,25; \quad m_3(\omega_2) = 0,2; \quad m_3(\omega_1 \cap \omega_2) = 0,2; \quad m_3(\omega_1 \cup \omega_2) = 0,35.$$

Необхідно скомбінувати ці маси впевненостей, використовуючи правило Дезера-Смарандаке (3.20).

Для цього представимо в табл. 4.43 всі комбіновані підмножини, що є результатом перетину елементів отриманої моделі.

Таблиця 4.43 – Комбіновані підмножини за критеріями C_1, C_2, C_3

| $C_1 C_2 \backslash C_3$ | ω_1 | ω_2 | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| $\omega_1 \cap \omega_1$ | ω_1 | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | ω_1 |
| $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ |
| $\omega_1 \cap \omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ |
| $\omega_1 \cap (\omega_1 \cup \omega_2)$ | ω_1 | $\omega_1 \cup \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ | ω_1 |
| $\omega_2 \cap \omega_1$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ |
| $\omega_2 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | ω_2 | $\omega_1 \cap \omega_2$ | ω_2 |
| $\omega_2 \cap \omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ |
| $\omega_2 \cap (\omega_1 \cup \omega_2)$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ | ω_2 | $\omega_1 \cup \omega_2$ | ω_2 |
| $\omega_1 \cap \omega_2 \cap \omega_1$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ |
| $\omega_1 \cap \omega_2 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ |

| | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| $\omega_1 \cap \omega_2 \cap \omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ |
| $\omega_1 \cap \omega_2 \cap (\omega_1 \cup \omega_2)$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ |
| $(\omega_1 \cup \omega_2) \cap \omega_1$ | ω_1 | $\omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ | ω_1 |
| $(\omega_1 \cup \omega_2) \cap \omega_1$ | $\omega_1 \cap \omega_2$ | ω_2 | $\omega_1 \cup \omega_2$ | ω_2 |
| $(\omega_1 \cup \omega_2) \cap \omega_1 \cap \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ |
| $(\omega_1 \cup \omega_2) \cap (\omega_1 \cup \omega_2)$ | ω_1 | ω_2 | $\omega_1 \cup \omega_2$ | $\omega_1 \cup \omega_2$ |

Тепер розрахуємо узагальнені комбіновані маси впевненостей експертних свідочств:

$$m_{DS}(\omega_1) = m_1(\omega_1) * m_2(\omega_1) * m_3(\omega_1) + m_1(\omega_1) * m_2(\omega_1) * m_3(\omega_1 \cup \omega_2) + \\ + m_1(\omega_1) * m_2(\omega_1 \cup \omega_2) * m_3(\omega_1) + m_1(\omega_1) * m_2(\omega_1 \cup \omega_2) * m_3(\omega_1 \cup \omega_2) + \\ + m_1(\omega_1 \cup \omega_2) * m_2(\omega_1) * m_3(\omega_1) + m_1(\omega_1 \cup \omega_2) * m_2(\omega_1) * m_3(\omega_1 \cup \omega_2) + \\ + m_1(\omega_1 \cup \omega_2) * m_2(\omega_1 \cup \omega_2) * m_3(\omega_1) = 0,085;$$

$$m_{DS}(\omega_2) = m_1(\omega_2) * m_2(\omega_2) * m_3(\omega_2) + m_1(\omega_2) * m_2(\omega_2) * m_3(\omega_1 \cup \omega_2) + \\ + m_1(\omega_2) * m_2(\omega_1 \cup \omega_2) * m_3(\omega_2) + m_1(\omega_2) * m_2(\omega_1 \cup \omega_2) * m_3(\omega_1 \cup \omega_2) + \\ + m_1(\omega_1 \cup \omega_2) * m_2(\omega_2) * m_3(\omega_2) + m_1(\omega_1 \cup \omega_2) * m_2(\omega_2) * m_3(\omega_1 \cup \omega_2) + \\ + m_1(\omega_1 \cup \omega_2) * m_2(\omega_1 \cup \omega_2) * m_3(\omega_2) = 0,106;$$

$$m_{DS}(\omega_1 \cap \omega_2) = 0,477;$$

$$m_{DS}(\omega_1 \cup \omega_2) = 0,332.$$

Таким чином, проведені розрахунки вказують на те, що найкраще рішення ґрунтується на експертних свідочтвах, які вказують на наявність перетину елементів ω_1 і ω_2 з найбільшою масою впевненості, що дорівнює 0,477.

4.7 Приклад застосування алгоритму вибору оптимальної організаційної структури морського порту із використанням методів перерозподілу конфліктів

На основі рекомендацій, сформованих в результаті аналізу організаційної структури морського порту, були створені три структури

$(\omega_1, \omega_2, \omega_3)$. Альтернативи передбачають такі зміни в початковій структурі (рисунок 4.13):

- ω_1 : передати $d_{38}-d_{41}$ під керівництво менеджера a_2 , таким чином зменшуючи інформаційне навантаження на топ-менеджера;
- ω_2 : передати юридичну службу c_4 під керівництво менеджера a_3 ;
- ω_3 : передати d_{35} під керівництво менеджера a_1 .

Нехай задана основа аналізу $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3\}$ і призначені наступні основні маси впевненості за трьома критеріями:

$$\begin{aligned} m_1(\omega_1) &= 0,15; & m_1(\omega_2) &= 0,55; & m_1(\omega_3) &= 0,3; \\ m_2(\omega_1) &= 0,45; & m_2(\omega_2) &= 0,35; & m_2(\omega_3) &= 0,2; \\ m_3(\omega_1) &= 0,25; & m_3(\omega_2) &= 0,4; & m_3(\omega_3) &= 0,35. \end{aligned}$$

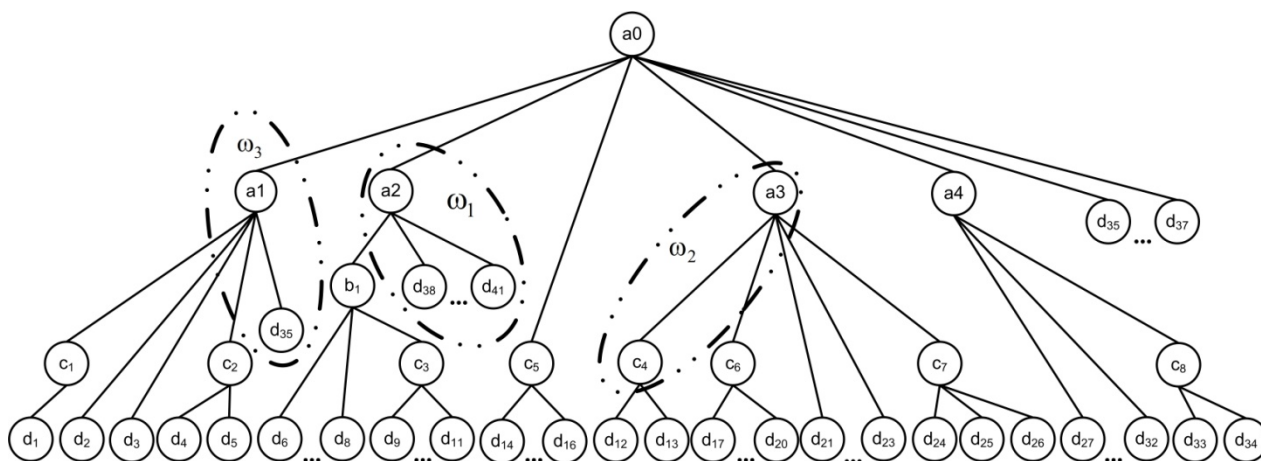


Рисунок 4.13 – Зміни в початковій структурі G_3

Комбінуючи стандартним чином основні маси впевненості для непорожніх перетинів початкових фокальних елементів за формулою

$$m_{PCR5}(X) = m_{12\dots s}(X) + \sum_{\substack{2 \leq t \leq s \\ 1 \leq r_1, \dots, r_t \leq s \\ 1 \leq r_1 < r_2 < \dots < r_{t-1} < (r_t = s)}} \sum_{\substack{X_{j_2}, \dots, X_{j_t} \in G^\Theta \setminus \{X\} \\ \{j_2, \dots, j_t\} \in \mathcal{P}^{t-1}(\{1, \dots, n\}) \\ X \cap X_{j_2} \cap \dots \cap X_{j_s} = \emptyset \\ \{i_1, \dots, i_s\} \in \mathcal{P}^s(\{1, \dots, s\})}} \frac{(\prod_{k_1=1}^{r_1} m_{i_{k_1}}(X))^2 \cdot \prod_{l=2}^t (\prod_{k_l=r_{l-1}+1}^{r_l} m_{i_{k_l}}(X_{j_l}))}{(\prod_{k_1=1}^{r_1} m_{i_{k_1}}(X)) + [\sum_{l=2}^t (\prod_{k_l=r_{l-1}+1}^{r_l} m_{i_{k_l}}(X_{j_l}))]},$$

отримаємо:

$$m(\omega_1) = m_1(\omega_1) * m_2(\omega_1) * m_3(\omega_1) = 0,15 * 0,45 * 0,25 = 0,01688;$$

$$m(\omega_2) = m_1(\omega_2) * m_2(\omega_2) * m_3(\omega_2) = 0,55 * 0,35 * 0,4 = 0,077;$$

$$m(\omega_3) = m_1(\omega_3) * m_2(\omega_3) * m_3(\omega_3) = 0,3 * 0,2 * 0,35 = 0,021.$$

Коефіцієнт конфлікту дорівнює $k = 0,885$, отже будемо застосовувати правило PCR5.

Конфліктні маси впевненості розраховуються наступним чином:

$$m(\omega_1 \cap \omega_1 \cap \omega_2) = m_1(\omega_1) * m_2(\omega_1) * m_3(\omega_2) = 0,15 * 0,45 * 0,4 = 0,027;$$

$$m(\omega_1 \cap \omega_1 \cap \omega_3) = m_1(\omega_1) * m_2(\omega_1) * m_3(\omega_3) = 0,15 * 0,45 * 0,35 = 0,024;$$

$$m(\omega_1 \cap \omega_2 \cap \omega_1) = m_1(\omega_1) * m_2(\omega_2) * m_3(\omega_1) = 0,15 * 0,35 * 0,25 = 0,013;$$

$$m(\omega_1 \cap \omega_2 \cap \omega_2) = m_1(\omega_1) * m_2(\omega_2) * m_3(\omega_2) = 0,15 * 0,35 * 0,4 = 0,021;$$

$$m(\omega_1 \cap \omega_2 \cap \omega_3) = m_1(\omega_1) * m_2(\omega_2) * m_3(\omega_3) = 0,01838;$$

$$m(\omega_1 \cap \omega_3 \cap \omega_1) = m_1(\omega_1) * m_2(\omega_3) * m_3(\omega_1) = 0,0075;$$

$$m(\omega_1 \cap \omega_3 \cap \omega_2) = m_1(\omega_1) * m_2(\omega_3) * m_3(\omega_2) = 0,012;$$

$$m(\omega_1 \cap \omega_3 \cap \omega_3) = m_1(\omega_1) * m_2(\omega_3) * m_3(\omega_3) = 0,0105;$$

$$m(\omega_2 \cap \omega_1 \cap \omega_1) = m_1(\omega_2) * m_2(\omega_1) * m_3(\omega_1) = 0,062;$$

$$m(\omega_2 \cap \omega_1 \cap \omega_2) = m_1(\omega_2) * m_2(\omega_1) * m_3(\omega_2) = 0,099;$$

$$m(\omega_2 \cap \omega_1 \cap \omega_3) = m_1(\omega_2) * m_2(\omega_1) * m_3(\omega_3) = 0,0866;$$

$$m(\omega_2 \cap \omega_2 \cap \omega_1) = m_1(\omega_2) * m_2(\omega_2) * m_3(\omega_1) = 0,048;$$

$$m(\omega_2 \cap \omega_2 \cap \omega_3) = m_1(\omega_2) * m_2(\omega_2) * m_3(\omega_3) = 0,0674;$$

$$m(\omega_2 \cap \omega_3 \cap \omega_1) = m_1(\omega_2) * m_2(\omega_3) * m_3(\omega_1) = 0,0275;$$

$$m(\omega_2 \cap \omega_3 \cap \omega_2) = m_1(\omega_2) * m_2(\omega_3) * m_3(\omega_2) = 0,044;$$

$$m(\omega_2 \cap \omega_3 \cap \omega_3) = m_1(\omega_2) * m_2(\omega_3) * m_3(\omega_3) = 0,0385;$$

$$m(\omega_3 \cap \omega_1 \cap \omega_1) = m_1(\omega_3) * m_2(\omega_1) * m_3(\omega_1) = 0,03375;$$

$$m(\omega_3 \cap \omega_1 \cap \omega_2) = m_1(\omega_3) * m_2(\omega_1) * m_3(\omega_2) = 0,054;$$

$$m(\omega_3 \cap \omega_1 \cap \omega_3) = m_1(\omega_3) * m_2(\omega_1) * m_3(\omega_3) = 0,04725;$$

$$m(\omega_3 \cap \omega_2 \cap \omega_1) = m_1(\omega_3) * m_2(\omega_2) * m_3(\omega_1) = 0,02625;$$

$$m(\omega_3 \cap \omega_2 \cap \omega_2) = m_1(\omega_3) * m_2(\omega_2) * m_3(\omega_2) = 0,042;$$

$$m(\omega_3 \cap \omega_2 \cap \omega_3) = m_1(\omega_3) * m_2(\omega_2) * m_3(\omega_3) = 0,03675;$$

$$m(\omega_3 \cap \omega_3 \cap \omega_1) = m_1(\omega_3) * m_2(\omega_3) * m_3(\omega_1) = 0,015;$$

$$m(\omega_3 \cap \omega_3 \cap \omega_2) = m_1(\omega_3) * m_2(\omega_3) * m_3(\omega_2) = 0,024.$$

Перший локальний конфлікт $m(\omega_1 \cap \omega_1 \cap \omega_2) = m_1(\omega_1) * m_2(\omega_1) * m_3(\omega_2) = 0,15 * 0,45 * 0,4 = 0,027$ пропорційно розподіляється між альтернативами ω_1 і ω_2 наступним чином:

$$\frac{x_1}{0,15 * 0,45} = \frac{y_1}{0,4} = \frac{0,15 * 0,45 * 0,4}{0,15 * 0,45 + 0,4}.$$

Тоді, $x_1 = 0,0039$; $y_1 = 0,0231$.

Другий локальний конфлікт $m(\omega_1 \cap \omega_1 \cap \omega_3) = m_1(\omega_1) * m_2(\omega_1) * m_3(\omega_3) = 0,15 * 0,45 * 0,35 = 0,024$ пропорційно розподіляється між альтернативами ω_1 і ω_3 наступним чином:

$$\frac{x_2}{0,15 * 0,45} = \frac{z_1}{0,35} = \frac{0,15 * 0,45 * 0,35}{0,15 * 0,45 + 0,35}.$$

Тоді, $x_2 = 0,00382$; $z_1 = 0,01981$.

Локальний конфлікт $m(\omega_1 \cap \omega_2 \cap \omega_3) = m_1(\omega_1) * m_2(\omega_2) * m_3(\omega_3) = 0,15 * 0,35 * 0,35 = 0,01838$ пропорційно розподіляється між альтернативами ω_1 , ω_2 і ω_3 наступним чином:

$$\frac{x_5}{0,15} = \frac{y_4}{0,35} = \frac{z_2}{0,35} = \frac{0,15 * 0,35 * 0,35}{0,15 + 0,35 + 0,35}.$$

Тоді, $x_5 = 0,00324$; $y_4 = 0,00757$; $z_2 = 0,00757$.

Підсумкові комбіновані маси впевненості для ω_1 , ω_2 і ω_3 , з урахуванням перерозподілу між ними конфліктної маси впевненості, приймуть такий вигляд:

$$\begin{aligned} m_{PCR5}(\omega_1) &= m(\omega_1) + x_1 + \dots + x_{18} = 0,01688 + 0,0039 + 0,00382 + 0,00127 + \\ &+ 0,01086 + 0,00324 + 0,00118 + 0,0024 + 0,00716 + 0,01051 + 0,06649 + \\ &+ 0,02888 + 0,02719 + 0,00688 + 0,0092 + 0,02113 + 0,03831 + 0,00729 + \\ &+ 0,0121 = 0,27868; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m_{PCR5}(\omega_2) &= m(\omega_2) + y_1 + \dots + y_{18} = 0,077 + 0,0231 + 0,01185 + 0,01014 + \\ &+ 0,00757 + 0,0064 + 0,05137 + 0,03251 + 0,03529 + 0,02094 + 0,02391 + \\ &+ 0,01513 + 0,02305 + 0,03415 + 0,01878 + 0,01021 + 0,01336 + 0,02827 + \\ &+ 0,02087 = 0,46389; \end{aligned}$$

$$m_{PCR5}(\omega_3) = m(\omega_3) + z_1 + \dots + z_{18} = 0,021 + 0,01981 + 0,00757 + 0,00632 + \\ + 0,0032 + 0,00334 + 0,02246 + 0,04347 + 0,0055 + 0,02095 + 0,00435 + \\ + 0,02455 + 0,01409 + 0,00894 + 0,00875 + 0,02864 + 0,00848 + 0,0029 + \\ + 0,00313 = 0,25743.$$

Наведені вище міркування дозволяють зробити висновок про те, що початковий рівень підтримки (впевненості) експертів щодо значущості підмножини ω_3 на повній основі аналізу $\Omega(m(\omega_1) = 0,017; m(\omega_2) = 0,077; m(\omega_3) = 0,021)$ в результаті перерозподілу конфліктів став ще більш вираженим.

4.8 Висновки за розділом 4

- 1) запропоновані інформаційні технології аналізу та вибору припустимих за оптимальністю СЛФОС на основі сформульованих критеріїв та моделей;
- 2) було розглянуто приклад практичного застосування розроблених інформаційних технологій для багатокритеріального аналізу трьох організаційних структур та формування рекомендацій щодо їх реструктуризації;
- 3) наведено приклади практичного застосування розробленої інформаційної технології вибору організаційної структури на наступних чинних підприємствах: машинобудівний завод (із застосуванням методу правила комбінування свідочств Ягера на основі моделі Демпстера-Шейфера); суднобудівний завод (із застосуванням класичного правила комбінування свідочств Дезера-Смарандаке на основі гібридної моделі); морський порт (із застосуванням правила пропорційного перерозподілу конфліктів PCR5 на основі моделі Демпстера-Шейфера);
- 4) запропонована структурно-функціональна схема інструментальних засобів реалізації СППР для формування рекомендацій ОПР щодо прийняття рішень на основі запропонованої інформаційної технології;

5) запропоновані в роботі моделі та інформаційні технології аналізу СЛФОС і розв'язання багатокритеріальної задачі прийняття рішень в умовах невизначеності реалізовані у вигляді програмних модулів.

Основні положення цього розділу викладені у публікаціях автора [47-49,53-55,60,114,119].

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-практичної задачі розробки нових підходів, моделей та інформаційних технологій аналізу та вибору оптимальних СЛФОС в умовах багатокритеріальності, невизначеності та наявності конфліктних експертних суджень.

Основні наукові та практичні результати:

- 1) аналіз сучасних методів оптимізації ієрархічних організаційних структур вказав на відсутність комплексного підходу в застосуванні критеріїв оцінювання СЛФОС, що враховує і вертикальні (лінійні), і горизонтальні (функціональні) зв'язки. У зв'язку з цим було запропоновано дескриптивно-аналітичну модель СЛФОС, яка враховує такі зв'язки;
- 2) запропонована сукупність критеріїв оцінювання СЛФОС, які визначають витрати на її утримання та якість структури. На основі побудованої аналітичної моделі інформаційних потоків в СЛФОС був сформульований ще один критерій оцінювання СЛФОС, що враховує інформаційне навантаження на елементи структури верхніх рівнів ієрархії (топ-менеджер, менеджери вищої ланки);
- 3) визначені границі оптимальності для часткових критеріїв якості структур. Показано, що завдання вибору СЛФОС, що є припустимими за оптимальністю, може бути представлене та вирішене як завдання пошуку і вибору багатокритеріальних альтернатив;
- 4) розроблені математичні моделі експертних свідочств, які дозволяють обробляти результати експертного опитування в умовах наявності великої кількості критеріїв та альтернатив, наявності невизначеності та конфліктних експертних свідочств;
- 5) проведений аналіз методів багатокритеріальної оцінки альтернатив показав, що на теперішній час широко застосовуються методи, в основі яких лежить механізм парного порівняння. Проте, такі методи мають

низку недоліків: обмеження кількості альтернатив, що порівнюються, необхідність оцінювання всіх альтернатив, високий рівень узгодженості експертних оцінок тощо. В якості підходу, який дозволяє отримувати більш точні результати без наведених вище недоліків і при наявності різних форм невизначеностей, був запропонований метод побудови групового ранжування на основі теорії свідоцтв Демпстера-Шейфера і теорії правдоподібних і парадоксальних міркувань Дезера-Смарандаке. Запропонований метод є модифікацією існуючих методів комбінування експертних свідоцтв і базується на комплексному використанні правил комбінування експертних свідоцтв на основі кон'юнктивного консенсусу. Метод використовує правило комбінування Ягера, класичне правило Дезера-Смарандаке та правило пропорційного перерозподілу конфліктів PCR5;

- б) розроблені інформаційні технології аналізу та вибору оптимальних СЛФОС в умовах невизначеності на основі запропонованих моделей;
- 7) запропонована структурно-функціональна схема інструментальних засобів реалізації СППР для формування рекомендацій ОПР щодо прийняття рішень на основі запропонованої інформаційної технології, яка була реалізована у вигляді програмних модулів;
- 8) виконано апробацію розроблених інформаційних технологій на прикладах наступних організаційних структур чинних підприємств:
 - а) великому машинобудівному підприємстві (із застосуванням правила комбінування свідоцтв Ягера на основі моделі Демпстера-Шейфера);
 - б) суднобудівному заводі (із застосуванням правила комбінування свідоцтв Дезера-Смарандаке на основі гібридної моделі);
 - в) морському порту (із застосуванням правила пропорційного перерозподілу конфліктів PCR5 на основі моделі Демпстера-Шейфера);

- 9) розроблені моделі та інформаційні технології були використані у виробничій діяльності Дирекції з персоналу ДП «Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря»-«Машпроект» (Акт про використання результатів на основі Договору про співробітництво №2002 від 17.03.2015). Результати дисертаційного дослідження використовуються у навчальному процесі кафедри Інженерії програмного забезпечення Чорноморського національного університету імені Петра Могили при викладанні навчальних дисциплін «Моделі і методи сценарного аналізу», «Ситуаційне моделювання та управління».

Список використаних джерел

1. Аббасов А. М., Мамедова М. Г. Методы организации баз знаний с нечеткой реляционной структурой. Баку : Элм, 1997. 256 с.
2. Авсентьев А. О. Определение ценности информации. *Доклады ТУСУРа*. Томск. 2016. Том 19, №1. С. 21-24.
3. Алескеров Ф. Т., Хабина Э. Л., Шварц Д. А. Бинарные отношения, графы и коллективные решения. Москва : Физматлит, 2012. 341 с.
4. Армстронг М. Практика управления человеческими ресурсами. 8-е издание. СПб. : Питер, 2005. 848 с.
5. Батищев Д. И., Шапошников Д. Е. Многокритериальный выбор с учетом индивидуальных предпочтений. Нижний Новгород, 1994. 86 с.
6. Белов А. А., Гвоздев А. В. Модульное построение автоматизированной системы управления организационными процессами. *Вестник ИГЭУ*. Иваново. 2007. №3. С. 1–6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modulnoe-postroenie-avtomatizirovannoy-sistemy-upravleniya-organizatsionnymi-protsessami> (дата обращения: 27.01.2017).
7. Блюмин С. Л., Шуйкова И. А. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности. Липецк : ЛЭГИ, 2001. 138 с.
8. Борисов А. Н., Крумберг О. А., Федоров И. П. Принятие решений на основе нечетких моделей. Примеры использования. Рига : Зинатне, 1990. 184 с.
9. Бурков В. Н. Введение в теорию управления организационными системами. Москва : ЛИБРОКОМ, 2009. 264 с.
10. Бурков В. Н., Ириков В. А. Модели и методы управления организационными системами. Москва : Наука, 1994. 270 с.
11. Бурков В. Н., Заложнев А. Ю., Новиков Д. А. Теория графов в управлении организационными системами. Москва : Синтег, 2001. 321 с.
12. Валькман Ю. Р., Быков В. С., Рыхальский А. Ю. Моделирование НЕ-факторов – основа интеллектуализации компьютерных технологий.

Системні дослідження та інформаційні технології. 2007. №1. С. 39-61.

URL: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/14097> (дата
обращення: 29.09.2016).

13. Варламов І. Д., Гаценко С. С. Математична модель інформаційних потоків автоматизованих систем управління. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2014. Вип. 4. С. 47-56. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2014_4_10 (дата обращения: 27.07.2017).
14. Варламов І. Д., Гаценко С. С. Модель інформаційних потоків автоматизованих систем управління. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2014. №3(21). С. 5–10. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sitsbo_2014_3_3 (дата обращения: 15.12.2016)
15. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. Москва : Наука, 1991. 384 с.
16. Влацкая И. В., Нестеренко М. Ю., Полежаев П. Н. Разработка системы поддержки принятия решений в условиях неопределенности на основе игрового моделирования. *Вестник ОГУ*. 2011. №5(124). С. 138-145. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sistemy-podderzhki-prinyatiya-resheniy-v-usloviyah-neopredelennosti-na-osnove-igrovogo-modelirovaniya> (дата обращения: 05.03.2018).
17. Воронин А. А., Мишин С. П. Алгоритмы поиска оптимальной структуры организационной системы. *Автомат. и телемех*. 2002. №5. С. 120–132. URL: http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=at&paperid=2082&option_lang=rus (дата обращения: 07.12.2017).
18. Математические модели организаций: Учебное пособие / А. А. Воронин и др. Москва : ЛЕНАНД, 2008. 360 с.
19. Воронин А. А., Мишин С. П. Моделирование структуры организационной системы. Об алгоритмах поиска оптимального дерева. *Вестн. Волг. ун-та*. 2001. С. 78-98.

20. Воронин А. А., Мишин С. П. Оптимальные иерархические структуры. Москва : ИПУ РАН, 2003. 214 с.
21. Граецкая О. В., Пономарева Н. С. Концептуальное конструирование организационных структур в процессе реализации стратегии. *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2012. №5 (130). С. 221-226.
22. Громов Ю. Ю., Тютюнник В. М. Материалы к разработке теории информации. 1. Меры количества и качества информации. *Фундаментальные исследования*. 2011. №8. С. 347-355. URL: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=27961> (дата обращения: 17.03.2018).
23. Губка Н. С., Малеева О. В. Структуризация информационных потоков на фазах жизненного цикла инновационного проекта. *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. 2009. №3. С. 156–160. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/recs_2009_3_29 (дата обращения: 27.05.2018).
24. Губко М. В. Математические модели оптимизации иерархических структур. Москва : ЛЕНАНД, 2006. 264 с.
25. Губко М. В. Оптимальные иерархии управления для функций затрат, представимых в виде суммы однородных функций. *Проблемы управления*. 2009. №3. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/optimalnye-ierarhii-upravleniya-dlya-funktsiy-zatrat-predstavimyh-v-vide-summy-odnorodnyh-funktsiy> (дата обращения: 21.02.2017).
26. Губко М. В., Новиков Д. А. Теория игр в управлении организационными системами. Москва : Синтег, 2002. 148 с.
27. Джабраилова З. Г., Нобари С. Р. Метод многокритериального ранжирования для решения задач управления персоналом. *Искусственный интеллект*. 2009. №4. С. 130-137. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/8168> (дата обращения: 11.10.2018).
28. Джабраилова З. Г., Нобари С. Р. Моделирование процесса выбора кандидатов на вакантные должности с применением нечеткой логики.

- Искусственный интеллект*. 2009. №1. С. 254-259. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/7842> (дата обращения: 11.10.2018).
29. Дилигенский Н. В., Немченко В. И., Посашков М. В. Комплексная оценка эффективности организационной структуры газораспределительной организации. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. Том 14. №4(5). 2012. С. 1445-1450. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnaya-otsenka-effektivnosti-organizatsionnoy-struktury-gazoraspredelitelnoy-organizatsii> (дата обращения: 29.01.2017).
30. Дилигенский Н. В., Цапенко М. В. Многокритериальная оценка сравнительной эффективности организационных систем управления. *Проблемы управления и моделирования в сложных системах* : Труды VIII межд. конф. Самара: СамНЦ РАН, 2006. С. 66-72.
31. Дилигенский Н. В., Салов А. Г. Системный анализ и совершенствование организационных структур управления деятельностью генерирующего предприятия. *Известия Самарского научного центра РАН*. 2012. №4(5). С. 1445-1450. URL: <https://studfile.net/preview/8185316/> (дата обращения: 29.01.2017).
32. Дилигенский Н. В., Немченко В. И., Посашков М. В. Системный подход в совершенствовании организационной структуры газораспределительной организации. *Вестник СамГТУ. Технические Науки*. 2013. №3(39). С. 32-42.
33. Дилигенский Н. В. Структурный синтез локально оптимальных организационных систем управления с обратными связями. *Проблемы управления и моделирования в сложных системах* : Труды VIII межд. конф. Самара: СамНЦ РАН, 2006. С. 57-65.
34. Дли М. И., Стоянова И. В. Метод интеллектуального управления информационными ресурсами. *Автоматизированные системы управления*. 2010. №5(29). С.13-22.

35. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике. Москва : Радио и связь, 1990. 288 с.
36. Ермаков А. В. Анализ системы информационных потоков в организационной структуре. *Вопросы экономики и права*. 2015. №6. С. 87-91.
37. Ершов Д. М., Качалов Р. М. Системы поддержки принятия решений в процедурах формирования комплексной стратегии предприятия. Москва : ЦЭМН РАН, 2013. 60 с.
38. Иванцевич Д. М., Лобанов А. А. Человеческие ресурсы управления. Москва : Аспект Пресс, 2004. 245 с.
39. Информационные потоки предприятий и методы их исследования. *От обезьяны до совершенной личности*: веб-сайт. URL: <http://bbcont.ru/business/informacionnyye-potoki-predpriyatii-i-metody-ih-issledovaniya.html> (дата обращения: 04.11.2018).
40. Заде Л. Лингвистическая переменная и теория нечетких множеств. Москва : Мир, 1979. 168 с.
41. Киселева В. В., Кузнецова Е. Е., Кузнецов Б. В. Анализ научного потенциала (межстан. аспекты). Москва : Наука, 1991. 128 с.
42. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. Москва : Радио и связь, 1990. 544 с.
43. Графодинамическое моделирование структур организационных систем / Коваленко И. И., Донченко М. В., Швед А. В., Кобылинский И. А. Николаев : Илион, 2012. 59 с.
44. Коваленко И. И., Пономаренко Т. В., Швед А. В. Методы качественного анализа в задачах судостроения, судоремонта и судоходства: учебное пособие. Николаев : Илион, 2014. 220 с.
45. Коваленко И. И., Чернов С. К. Моделирование и анализ структур организационных систем. Николаев : изд. Торубара В.В., 2015. 124 с.

46. Коваленко И. И., Швед А. В. Экспертные технологии поддержки принятия решений. Николаев : Илион, 2013. 216 с.
47. Коваленко И. И., Пугаченко Е. С., Антипова Е. А. Информационная технология оценивания сложных организационных структур управления предприятиями. *Проблемы информационных технологий*. 2015. №1 (017). С. 57-62. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pit_2015_1_11 (дата обращения: 06.11.2018).
48. Системный анализ сложных организационных структур управления предприятиями / Коваленко И. И., Чернов С. К., Чернова Л. С., Антипова Е. А. *Управление развитием сложных систем*. 2015. №22(1). С.61-68. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2015_22\(1\)__11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2015_22(1)__11) (дата обращения: 06.11.2018).
49. Коваленко И. И., Пугаченко Е. С., Антипова Е. А. Анализ топологических свойств линейно-функциональных организационных структур предприятий. *Зб. наук. праць НУК*. 2015. №2. С. 90-95. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpnuk_2015_2_19 (дата обращения: 06.11.2018).
50. Коваленко И. И., Пугаченко Е. С., Антипова Е. А. Сравнительный анализ топологических свойств некоторых типовых линейно-функциональных организационных структур. *Зб. наук. праць НУК*. 2015. №3 (459). С. 86-94. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpnuk_2015_3_15 (дата обращения: 06.11.2018).
51. Коваленко И. И., Антипова Е. А., Устенко С. А. Выбор решений с применением теории Дезера-Смарандаке в условиях наличия сложных неопределенностей. *Системные технологии*. Днепропетровск, 2015. №5 (100). С.132-139. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/st_2015_5_19 (дата обращения: 30.11.2018).
52. Коваленко И. И., Антипова Е. А., Бордун С. А. Выбор решений на множестве экспертных свидетельств с использованием правил перераспределения конфликтов. *Геометричне моделювання та*

- інформаційні технології*. №1. 2016. С. 74-77. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gmtit_2016_1_14 (дата обращения: 01.02.2019).
53. Коваленко И. И., Антипова Е. А. Перераспределение конфликтов для выбора решений в условиях наличия неопределенностей. *Информационные технологии в моделировании*: Материалы всеукраинской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 24-25 марта 2016 г. Николаев : ННУ им. В.А. Сухомлинского, 2016. С. 34-35.
54. Коваленко И. И., Пугаченко Е. С., Антипова Е. А. Системный анализ сложных линейно-функциональных организационных структур наукоемких предприятий. *Наукові праці ЧНУ ім. Петра Могили. Комп'ютерні технології*. 2016. Вип. 254. Т. 266. С. 16-22. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchduct_2015_266_254_5 (дата обращения: 01.02.2019).
55. Коваленко И. И., Антипова Е. А., Пугаченко Е. С. Комплексный анализ организационной структуры морского порта. *Зб. наук. праць НУК*. 2015. №6. С. 20-28. URL: <http://znp.nuos.mk.ua/archives/2015/6/5.pdf> (дата обращения: 01.02.2019).
56. Коваленко И. И., Антипова Е. А., Кучара Ю. П. Модель информационных потоков линейно-функциональной организационной структуры управления крупным наукоемким предприятием. *Наукові праці ЧНУ ім. Петра Могили. Комп'ютерні технології*. 2016. Вип. 271. Т. 283. С.43-49. URL: <https://docplayer.ru/58831479-Model-informacionnyh-potokov-lineyno-funkcionalnoy-organizacionnoy-struktury-upravleniya-krupnym-naukoeckim-predpriyatiem.html> (дата обращения: 01.02.2019).
57. Коваленко И.И., Антипова Е.А. Модели информационных потоков в линейно-функциональных организационных структурах управления предприятиями. *Информационные управляющие системы и*

- технологии*: Материалы IV междунар. научно-практ. конф. 22-24 сентября 2015. Одесса : “ВидавІнформ” ОНМА, 2015. С. 317-320.
58. Сравнительный анализ методов моделирования некоторых НЕ-факторов [Текст] / Коваленко И. И., Швед А. В., Мельник А. В., Пугаченко Е. С. *Вісник ЧНУ ім. Петра Могили*. №1. 2015. С.43-50.
59. Методы системного анализа в задачах морских кластеров / Коваленко И.И. и др. Херсон : Издательство «Новое слово», 2017. 268 с.
60. Коваленко И. И., Антипова Е. А., Устенко С. А. Информационная технология выбора оптимальных линейно-функциональных организационных структур. *Геометричне моделювання та інформаційні технології*. №1(3). С. 7-13. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gmtit_2017_1_3.
61. Коваленко И. И., Швед А. В., Антипова Е. А. Модели неопределенностей в групповых экспертных суждениях. *Наукові праці ЧНУ ім. Петра Могили. Комп'ютерні технології*. 2017. Вип. 295. Т. 307. С.54-59.
62. Коваленко И. И., Антипова Е. А. Uncertainties in expert judgments. *Стратегії країн причорноморського регіону в геополітичному просторі*: Матеріали міжнародної наукової конференції, 7-10 червня 2018 р. Миколаїв : ЧНУ імені Петра Могили, 2018. С. 41-42.
63. Коробко В. И. Теория управления: учебное пособие. Москва : Издательство Московского гуманитарного университета, 2014. 412 с.
64. Кожухаров А. Н., Ларичев О. И. Многокритериальная задача о назначениях. *Автомат. и телемех.* 1977. №7. С. 71–88.
65. Копитова І. В. Оцінка оптимальності організаційної структури управління при зміні стратегії підприємства. *Ефективна економіка*. 2014. №5. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2014_5_80 (дата звернення: 12.05.2017).

66. Коровина Л. В. Анализ методов оценки состояния документооборота организации. *Современные проблемы науки и образования*. 2013. №4. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9783> (дата обращения: 09.06.2017).
67. Курочкин А. В. Принципы организационного проектирования предприятий. *Проблемы теории и практики управления*. 1998. №1. С. 91-96.
68. Ландэ Д. В. Моделирование динамики информационных потоков. *Фундаментальные исследования*. 2012. №6. С. 652-654.
69. Ларичев О. И., Стернин М. Ю. Система поддержки принятия решений многокритериальной задачи о назначениях. *Информационные системы и процессы*. 1998. №3. С. 10–16.
70. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений. Москва : Логос, 2000. 296 с.
71. Левин В. И. Новое обобщение операции над нечеткими множествами. *Известия Академии Наук. Теория и системы управления*. 2001. №1. С. 143-146.
72. Лейбкинд А. Р., Рудник Б. Л., Чухнов А. И. Модели формирования организационных структур (обзор). *Экономика и математические методы*. 1980. Т. XVI. Вып. 1. С. 39-59.
73. Литвак Б. Г. Экспертные оценки и принятие решений. Москва : Патент, 1996. 235 с.
74. Макарова И. К. Управление человеческими ресурсами. Пять уроков эффективного HR-менеджмента. Москва : Дело. 2007. 232 с.
75. Мамедова М. Г., Джабраилова З. Г. Нечеткая многокритериальная модель поддержки принятия решений в задачах управления персоналом. *İnformasiya texnologiyaları problemləri (Проблемы информационных технологий)*. 2012. №2(6). С. 37-46. URL: http://library.ict.az/show.php?meq_id=1011 (дата обращения: 11.10.2018).

76. Мескон М. Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. Москва : Дело, 1992. 493 с.
77. Микони С. В. Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив: учебное пособие. СПб. : Лань, 2009. – 270 с.
78. Миркин Б. Г. Проблемы группового выбора. Москва : Наука, 1974. 256 с.
79. Мишин С. П. Подходы к моделированию оптимальных многоуровневых организаций. *Управление большими системами: сборник трудов*. 2006. №12-13. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-modelirovaniyu-optimalnyh-mnogourovnevnyh-organizatsiy> (дата обращения: 21.02.2018).
80. Млодецкий В. Р. Анализ сложных организационных структур управления. *Вісник придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2013. №4. С. 60-66.
81. Мониторинг показателей научного потенциала: анализ и прогноз / Информационный бюллетень. Москва : ЦИСН, 2000. №1.
82. Моргунов В. М. Представление и обработка определенных и неопределенных знаний средствами нечетких логик. *Автоматика и телемеханика*. 1995. №5. С. 114-123.
83. Нариньяни А. С. Неточность как НЕ-фактор. Попытка доформального анализа. Москва-Новосибирск, 1994. 34 с.
84. Недашковская Н. И. Оценивание чувствительности метода ДШ/МАИ к изменениям во множестве альтернатив. *Системные исследования и информационные технологии*. 2012. №1. С. 17-30.
85. Никонов О. Я., Подоляка О. А., Подоляка А. Н., Скакалина Е. В. Математические методы решения многокритериальной задачи о назначениях. *Вестник ХНАДУ*. 2011. №55. С. 103-112.
86. Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Рефлексивные игры. Москва : Синтег, 2003. 160 с.

87. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. Москва : Физматлит, 2007. 523 с.
88. Овсиевич Б. Л. Модели формирования организационных структур. Москва; Ленинград : Наука, 1979. 160 с.
89. Пацула, О. В. Методы управления ограниченными ресурсами проекта в условиях неопределенности на примере задачи о назначениях. *Научные труды КубГТУ*. 2015. №13. URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/742> (дата обращения: 16.09.2018).
90. Петренко Л. А., Трейтяк М. М. Оцінювання рівня організації управління підприємством. *Стратегія економічного розвитку України*. 2015. №36. С.107-117.
91. Петровский А. Б. Компьютерная поддержка принятия решений. *Системные исследования*. 1996. №24. С. 146-178.
92. Попов В. А., Скринник М. В. Модель автоматизации документооборота в системе управления предприятием. *Радиоелектронні і комп'ютерні системи*. 2006. № 4. С. 119-124.
93. Прохорова М. П. Теория принятия решений в менеджменте: учебное пособие. Нижний Новгород : ВГИПУ, 2011. 71 с.
94. Розен В. В. Математические модели принятия решений в экономике: учеб. пособие для студентов вузов. Москва: Высшая школа, 2002. 401 с.
95. Розен В. В., Смирнова Д. С. Модели многокритериальной оптимизации по качественным критериям. *Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика*. 2013. 13:2(2). С. 37–44.
96. Ротштейн А. П., Штовба С. Д. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений. *Известия Академии Наук. Теория и системы управления*. 2001. №3. С. 150-154.
97. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Москва : Изд-во «ЛКИ», 2008. 360 с.
98. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва : Радио и связь, 1993. 278 с.

99. Салов А.Г. Анализ эффективности функционирования структур управления энергетическими предприятиями. *Известия высших учебных заведений Северо-Кавказский регион. «Технические науки»*. 2008. №1(143). С. 32-37.
100. Методика многокритериальной иерархической оценки качества в условиях неопределенности / Севестьянов П. В., Дымова Л. Г., Каптур М., Зенькова А. В. *Информационные технологии*. 2001. № 9. С. 10-13.
101. Сигорский В. П. Математический аппарат инженера. Киев : Техніка, 1975. 768 с.
102. Слапик В. С. Информационные системы поддержки принятия решений в управлении IT-проектами. Минск : БГУ, 2013. С. 25-33.
103. Ситник В. Ф. Системи підтримки прийняття рішень: Навч. посіб. – Київ : КНЕУ, 2004. 614 с.
104. Сочнев С. В. Механизмы получения оценки и выбора систем корпоративного управления. *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*. 2000. №6. С. 76-82.
105. Терелянский П. В. Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования. Волгоград : ВолгГТУ, 2009. 126 с.
106. Трахтенгерц Э. А. Компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений. *Проблемы управления*. 2003. №1. С. 13-28.
107. Фридланд А. Я. Основные ресурсы информатики. Москва : Астрель, 2005. 283 с.
108. Информационно-вычислительные системы принятия решений. Ин-т пробл. регистрации информ. / Хаджинов В. В., Быков В. А., Храмова И. А., Усачев В. Г. Киев : Наук. Думка, 1993. 138 с.
109. Харари Ф. Теория графов. Москва : Мир, 1973. 301 с.
110. Чередниченко Н. Д. Исследование эвристических правил распределения ресурсов. *Науковедение*. 2014. №1. URL:

<http://naukovedenie.ru/PDF/81TVN114.pdf> (дата обращения 01.03.2019).

111. Чернавский Д. С. Синергетика и информация (динамическая теория информации). Москва : Едиториал УРСС, 2004. 288 с.
112. Шейнин Р. Л. Формализационные методы исследования организационных систем. *Автоматика и телемеханика*. 1988. №10. С. 3-34.
113. Antipova K., Kovalenko I., Davydenko Y., Shved A. Comparative analysis of criteria convolution methods in decision-making. *Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і автоматизація – 2020»*, 22-23 жовтня 2020. Одеська нац. акад. харч. технологій, 2020. С. 57-59.
114. Antipova K. O. Optimal intervals for numerical characteristics of complex organizational structures. *Science and Technology of the Present Time: Priority Development Directions of Ukraine and Poland : International Multidisciplinary Conference*, 19–20 October 2018. Volume 2. Wolomin, Republic of Poland : Baltija Publishing, 2018. P. 94-95.
115. Beckmann M. J. Some Aspects of Returns to Scale in Business Administration. *The Quarterly Journal of Economics*. 1960. Vol. 74. No. 3. P. 464-471.
116. Beynon M. J. DS/AHP method; a mathematical analysis, including an understanding of uncertainty. *European Journal of Operational Research*. 2002. vol.140. P. 148-164.
117. Dezert J. Foundations for a new theory of plausible and paradoxical reasoning. *Information and Security Journal*. Vol. 9. 2002. P. 13-57. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/a9db/71806c8f87477607aec14eb9a51644cc331f.pdf> (last accessed: 31.07.2017).
118. Hua Z., Gong B., Xu X. A DS-AHP approach for multi-attribute decision making problem with incomplete information. *Expert Systems with Applications*. 2008. Vol. 34. P. 2221-2227.

119. Theoretical and scientific foundations of engineering: collective monograph / I.I. Kovalenko and others. International Science Group. Boston : Primedia eLaunch, 2020. 180 p. DOI: 10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II.
120. Methodology for the Synthesis of Information Technologies for Ignorance Modeling: the Key Concepts / Kovalenko I., Davydenko Y., Shved A., Antipova K. *1st International Workshop on Information-Communication Technologies & Embedded Systems*, 14-15 November 2019. Mykolaiv, Ukraine, Petro Mohyla Black Sea National University.
121. K. O. Antipova, Ye. O. Davydenko, I. I. Kovalenko, and A. V. Shved, Modelling of group expert judgments under conditions of complex uncertainty. *East European Scientific Journal, Warsaw, Poland*. No. 5 (45). pp. 4-10. 2019.
122. Sentz K., Ferson Sc. Combination of evidence in Dempster-Shafer Theory. *Sandia National Laboratories*. 2002. 96 p. URL: prod.sandia.gov/techlib/access-control.cgi/2002/020835.pdf (last accessed: 29.02.2017).
123. Shafer G. A mathematical theory of evidence. Princeton University Press, 1976. 297 pp.
124. Shannon C. E. A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 1948. Volume 27. P. 379–423. URL: <http://people.math.harvard.edu/~ctm/home/text/others/shannon/entropy/entropy.pdf> (last accessed: 19.11.2019).
125. Smarandache F., Dezert J. Advances and applications of DS_mT for information fusion. Rehoboth : American Research Press, 2006. Volume 2. 461 pp.
126. Smarandache F., Dezert J., Tacnet J. M. Fusion of sources of evidence with different importances and reliabilities. *Fusion 2010*, 26-29 July 2010. Edinburgh, Scotland, UK. 8 pp.

127. Smarandache F., Dezert J. Importance of Sources using the Repeated Fusion Method and the Proportional Conflict Redistribution Rules #5 and #6. *Cornell University*, 2010. 6 pp. URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00471839> (last accessed: 21.10.2019).
128. Smarandache F., Dezert J. Proportional conflict redistribution rules for information fusion. American Research Press, 2006. Volume 2. P. 61-103.
129. Smarandache F. Unification of Fusion theories (UFT). *International Journal of Applied Mathematics and Statistics*. 2004. Volume 2. P. 1-14.
130. Smets Ph. Analyzing the combination of conflicting belief functions. Universite' Libre de Bruxelles, 2005. 39 pp. URL: iridia.ulb.ac.be/~psmets/Combi_Confl.pdf (last accessed: 29.02.2017).
131. Tacnet J., Dezert J. Cautious OWA and evidential reasoning for decision making under uncertainty. *14th International Conference on Information Fusion*, 5-8 July 2011, Chicago, IL, USA. 8 pp. URL: https://www.academia.edu/29991446/Cautious_OWA_and_evidential_reasoning_for_decision_making_under_uncertainty (last accessed: 18.03.2019).
132. Volkenstein M. Entropy and information. Springer Science & Business Media, 2009. 210 pp.
133. Zhang L. Advances in the Dempster-Shafer theory of evidence. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1994. P. 51-69.
134. Uzga-Rebrovs O. Nenoteiktiby parvaldisana. Resekne: RA Izdevnieciba, 2010. Volume 3. 560 pp.

Додаток А

Список публікацій здобувача за темою дисертації

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ*Наукові праці, в яких опубліковано основні результати дисертації:*

1. Антипова Е. А., Коваленко И. И., Пугаченко Е. С. Информационная технология оценивания сложных организационных структур управления предприятиями. *Проблемы информационных технологий*. 2015. №1 (017). С. 57-62. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pit_2015_1_11. [Видання включено до МНБ: Research Bible, ОАЛ, DOAJ, AcademicKeys, Index Copernicus, Vernadsky, РИНЦ].
Антиповою К. О. проведено оцінювання організаційної структури машинобудівного заводу.
2. Системный анализ сложных организационных структур управления предприятиями / Антипова Е. А., Коваленко И. И., Чернов С. К., Чернова Л. С. *Управление развитием сложных систем*. 2015. №22(1). С.61-68. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2015_22\(1\)_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urss_2015_22(1)_11). [Видання включено до МНБ: Google Academy, Index Copernicus, Ulrichsweb, BASE].
Антиповою К. О. розроблені рекомендації на основі багатокритеріального оцінювання організаційної структури суднобудівного заводу.
3. Антипова Е. А., Коваленко И. И., Устенко С. А. Выбор решений с применением теории Дезера-Смарандаке в условиях наличия сложных неопределенностей. *Системные технологии*. Днепропетровск, 2015. №5 (100). С.132-139. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/st_2015_5_19. [Видання включено до МНБ: Index Copernicus, Vernadsky, Ulrichsweb].
Антиповою К. О. виконано аналіз моделювання складних невизначеностей із застосуванням теорії правдоподібних і парадоксальних міркувань.
4. Антипова Е. А., Коваленко И. И., Пугаченко Е. С. Системный анализ сложных линейно-функциональных организационных структур

- наукоємких підприємств. *Наукові праці ЧНУ ім. Петра Могили. Комп'ютерні технології*. 2016. Вип. 254. Т. 266. С. 16-22. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchduct_2015_266_254_5. [Видання включено до МНБ: Ulrichsweb]. *Антиповою К. О. проведено оцінювання проведеної реструктуризації машинобудівного підприємства.*
5. Антипова Е. А., Коваленко И. И., Кучара Ю. П. Модель информационных потоков линейно-функциональной организационной структуры управления крупным наукоємким предприятием. *Наукові праці ЧНУ ім. Петра Могили. Комп'ютерні технології*. 2016. Вип. 271. Т. 283. С.43-49. URL: <https://docplayer.ru/58831479-Model-informacionnyh-potokov-lineyno-funkcionalnoy-organizacionnoy-struktury-upravleniya-kрупnym-naukoємkim-predpriyatiem.html>. [Видання включено до МНБ: Ulrichsweb]. *Антиповою К. О. побудовано аналітичну модель інформаційних потоків для оцінки їхніх кількісних та якісних характеристик.*
6. Антипова Е. А., Коваленко И. И., Швед А. В. Модели неопределенностей в групповых экспертных суждениях. *Наукові праці ЧНУ ім. Петра Могили. Комп'ютерні технології*. 2017. Вип. 295. Т. 307. С.54-59. [Видання включено до МНБ: Ulrichsweb]. *Антиповою К. О. виконано аналіз моделювання різних форм незнання, породжених комбінаціями невизначеності та неточності, невизначеності та неповноти.*
7. Методы системного анализа в задачах морских кластеров: Монография / Е. А. Антипова и др. Херсон : Издательство «Новое слово», 2017. С. 171-207. ISBN 978-966-2046-62-5. *Антиповою К.О. проведено аналіз організаційних структур великих регіональних підприємств.*
8. Antipova K. O., Davydenko Ye. O., Kovalenko I. I., Shved A. V. Modelling of group expert judgments under conditions of complex uncertainty. *East European Scientific Journal, Warsaw, Poland*. No. 5 (45). pp. 4-10. 2019.

ISSN 2468-5380. *Антіповою К.О. виконано порівняльний аналіз методів перерозподілу конфліктів.*

9. Theoretical and scientific foundations of engineering: collective monograph / K.O. Antipova and others. International Science Group. Boston : Primedia eLaunch, 2020. P. 34-41. DOI: 10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II. *Антіповою К.О. виконано аналіз потоків даних, що передаються через функціональні зв'язки на верхніх рівнях ієрархії організаційних структур із застосуванням методу визначення цінності інформації повідомлень.*
10. Antipova K., Kovalenko I., Davydenko Y., Shved A. Methodology for the Synthesis of Information Technologies for Ignorance Modeling: the Key Concepts. *Міжнародне електронне видання CEUR Workshop Proceedings. Vol-2516 urn:nbn:de:0074-2516-4. P. 233-240. ISSN 1613-0073 [Видання включено до МНБ: Scopus]. Антіповою К.О. виконано аналіз найбільш розповсюджених типів незнання та методів їх моделювання.*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

11. Антипова Е.А., Коваленко И.И. Модели информационных потоков в линейно-функциональных организационных структурах управления предприятиями. *Информационные управляющие системы и технологии: Материалы IV междунар. научно-практ. конф. 22-24 сентября 2015. Одесса : “ВидавІнформ” ОНМА, 2015. С. 317-320. Антіповою К.О. виконано аналіз недоліків існуючих методів визначення цінності інформації.*
12. Антипова Е.А., Коваленко И.И. Перераспределение конфликтов для выбора решений в условиях наличия неопределенностей. *Информационные технологии в моделировании: Материалы всеукраинской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 24-25 марта 2016 г., Николаев : ННУ им. В.А. Сухомлинского, 2016. С. 34-35. Антіповою К.О. виконано*

аналіз моделювання складних невизначеностей із застосуванням теорії правдоподібних і парадоксальних міркувань.

13. Антипова Е.А., Коваленко И.И. Uncertainties in expert judgments. *Стратегії країн причорноморського регіону в геополітичному просторі*: Матеріали міжнародної наукової конференції, 7-10 червня 2018 р., Миколаїв : ЧНУ імені Петра Могили, 2018. С. 41-42. *Антиповою К.О. виконано аналіз моделювання різних форм незнання, породжених комбінаціями невизначеності та неточності, невизначеності та неповноти.*
14. Antipova K. O. Optimal intervals for numerical characteristics of complex organizational structures. *Science and Technology of the Present Time: Priority Development Directions of Ukraine and Poland : International Multidisciplinary Conference / Wolomin, Republic of Poland, 19–20 October 2018. Volume 2. Wolomin : Izdevnieciba «Baltija Publishing», 2018. P. 94-95. ISBN 978-9934-571-5.*
15. Antipova K., Kovalenko I., Davydenko Y., Shved A. Comparative analysis of criteria convolution methods in decision-making. *Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і автоматизація – 2020», 22-23 жовтня 2020. Одеська нац. акад. харч. технологій, 2020. С. 57-59. Антиповою К.О. аналіз недоліків існуючих методів згортки критеріїв.*

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

16. Антипова Е. А., Коваленко И. И., Пугаченко Е. С. Анализ топологических свойств линейно-функциональных организационных структур предприятий. *Зб. наук. праць НУК. 2015. №2. С. 90-95. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpnuk_2015_2_19. Антиповою К. О. розроблені*

рекомендації на основі багатокритеріального оцінювання організаційної структури морського порту.

17. Антипова Е. А., Коваленко И. И., Пугаченко Е. С. Комплексный анализ организационной структуры морского порта. *Зб. наук. праць НУК*. 2015. №6. С. 20-28. URL: <http://znp.nuos.mk.ua/archives/2015/6/5.pdf>. *Антиповою К. О. виконана оцінка проведеної реструктуризації морського порту.*
18. Антипова Е. А., Коваленко И. И., Устенко С. А. Информационная технология выбора оптимальных линейно-функциональных организационных структур. *Геометричне моделювання та інформаційні технології*. №1(3). С. 7-13. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/gmtit_2017_1_3. *Антиповою К. О. розроблено загальну структуру інформаційної технології.*

Додаток Б
Проектування СПР

ПРОЕКТУВАННЯ СППР

В додатку розглянуто процес проектування СППР ASOS (Analysis and Selection of Organizational Structures) аналізу складних лінійно-функціональних організаційних структур і вибору оптимальної структури за допомогою аналізу групових експертних оцінок на основі сучасних методів, засобів і технологій проектування ПЗ. Об'єктно-орієнтована модель системи була розроблена за допомогою мови об'єктно-орієнтованого моделювання UML.

Загальна модель функціонування системи

Для виявлення основних функцій СППР і дослідження динаміки її функціонування була побудована функціональна модель, яка складається з діаграм прецедентів, що демонструють процес перетворення вхідних даних у вихідні.

Для представлення зовнішніх сутностей – акторів – і даних, якими оперує система була використана діаграма прецедентів Use Case UML. В таблиці Б.1 наведено перелік акторів загальної діаграми прецедентів (рис. Б.1) і відповідних їм прецедентів. Діаграма складається з чотирьох акторів та 14 прецедентів. Актори: ОПР (особа, що приймає рішення), Експерт, Консультант (відповідає за проведення експертизи), Оператор (відповідає за імпорту/експорту даних і виконання розрахунків в системі).

ОПР – людина, яка відповідає за формування рекомендацій на основі проведеного аналізу організаційних структур та за вибір найкращого варіанту на основі проведеної експертизи та аналізу експертних суджень.

Експерт – професіонал в деякій галузі, до якого звертаються за оцінками та рекомендаціями.

Консультант – аналітик, який виконує організацію процесу прийняття рішень, аналіз й обробку експертної інформації, на основі чого формує звіт для наступної передачі ОПР.

Оператор – людина, яка виконує функції, що пов’язані з імпортом/експортом даних у системі в процесі проведення аналізу організаційних структур та в процесі проведення експертизи. Також виконує всі необхідні розрахунки для аналізу організаційних структур і формує звіт для ОПР на основі отриманих результатів.

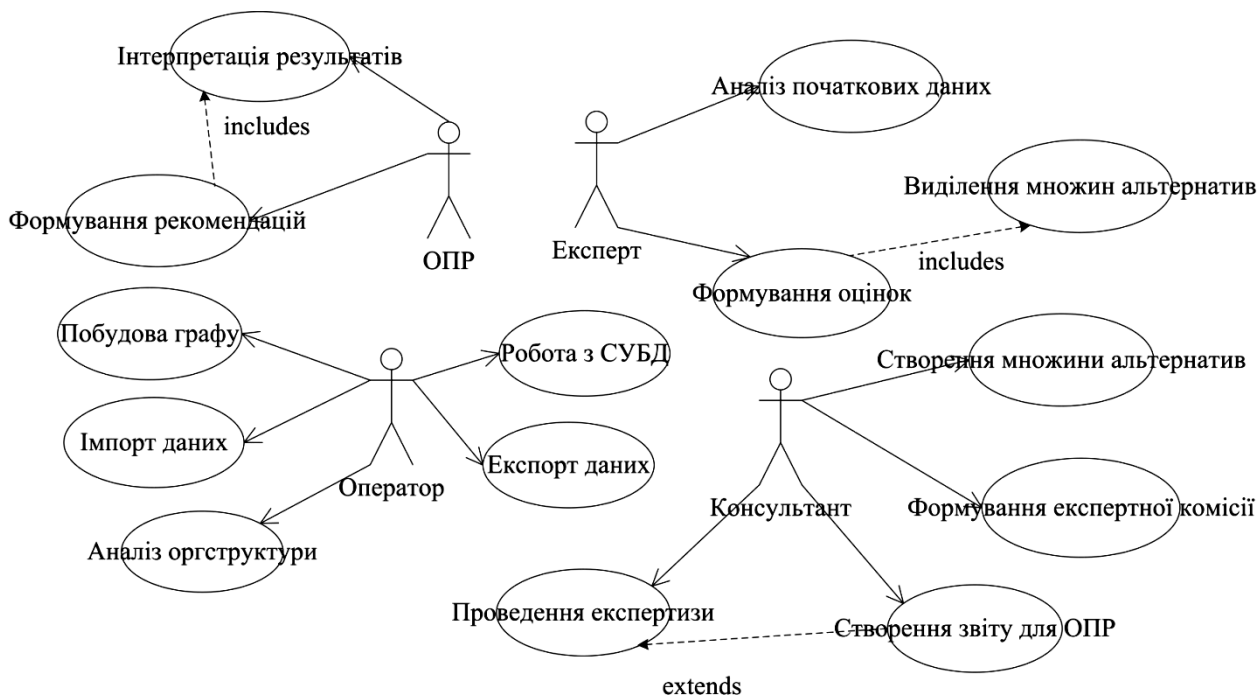


Рисунок Б.1 – Загальна діаграма прецедентів системи

Таблиця Б.1 – Реєстр варіантів використання

| Актор | Назва | Пояснення |
|----------|----------------|---|
| Оператор | Імпорт даних | Імпорт вхідних даних: граф організаційної структури, результати її попереднього аналізу, дані для проведення експертизи |
| | Експорт даних | Експорт графу і даних об організаційній структурі, результатів аналізу та проведеної експертизи |
| | Побудова графу | Побудова вершин графу організаційної структури і зв’язків між ними, що представляють собою елементи ієрархії організаційної структури |

Продовження таблиці Б.1

| Актор | Назва | Пояснення |
|--------------|-------------------------------|---|
| | Аналіз оргструктури | Розрахунок значень властивостей організаційної структури за трьома групами критеріїв |
| | Формування звіту для ОПР | Формування звіту для ОПР на основі результатів аналізу організаційної структури |
| | Робота з СУБД | Адміністрування бази даних |
| Експерт | Аналіз початкових даних | Отримання та аналіз початкових даних для проведення оцінювання (множина альтернатив, шкала оцінювання тощо) |
| | Формування оцінок | Оцінка виділених множин альтернатив |
| | Виділення множин альтернатив | Виділення множин альтернатив із початкової множини для наступного оцінювання |
| ОПР | Інтерпретація результатів | Аналіз та інтерпретація отриманих результатів |
| | Формування рекомендацій | Формування рекомендацій за результатами проведеної експертизи |
| Консультант | Формування експертної комісії | Вибір експертів, що будуть приймати участь в експертизі |
| | Створення множини альтернатив | Формування низки альтернатив, що оцінюються, відповідно до експертизи, яка проводиться |
| | Проведення експертизи | Розрахунок підсумкових мас ймовірностей і формування підсумкового ранжування альтернатив |
| | Формування звіту для ОПР | Формування звіту для ОПР на основі проведеної експертизи |

Модель даних

Фізична модель відображає практичну реалізацію бази даних і визначає ті фізичні об'єкти, які мають бути реалізовані. Ця модель описує структури збереження даних із використанням усіх особливостей конкретної СУБД. Модель враховує такі аспекти як архітектура, безпека, ефективність доступу тощо. Фізична модель даних будується шляхом типізації логічної моделі даних. Фізична структура таблиць, що входять до складу БД СППР, яка зберігає дані для аналізу організаційних структур, представлена на рис. Б.2.

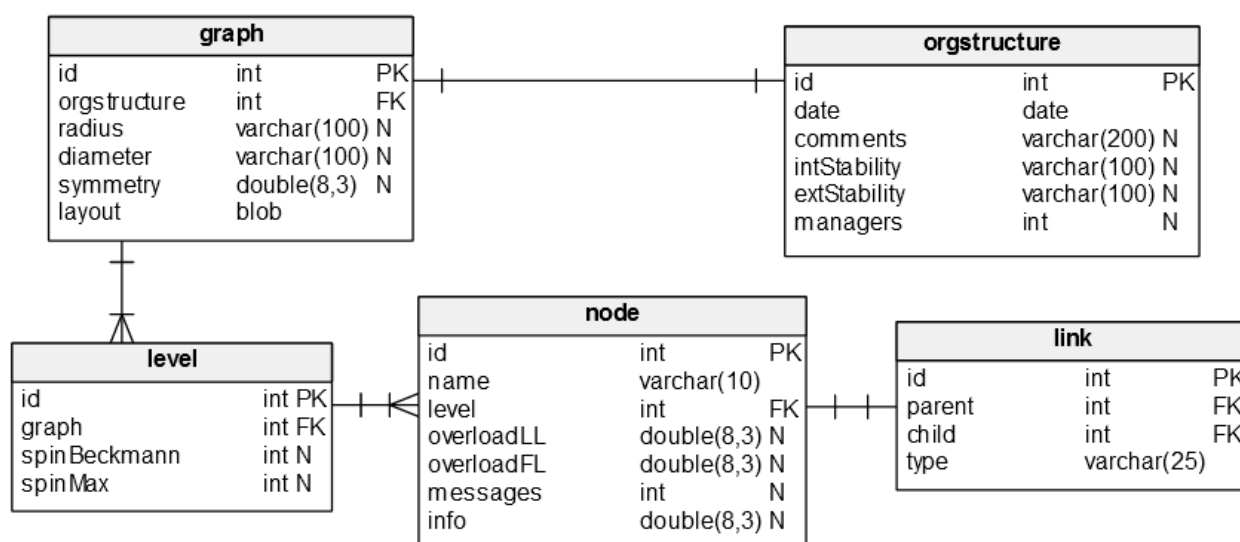


Рисунок Б.2 – Фізична модель даних БД аналізу оргструктур

Опис сутностей і відповідних їм атрибутів наведено в таблиці Б.2.

Таблиця Б.2 – Специфікація сутностей і атрибутів БД аналізу оргструктур

| Сутність | Атрибути | Пояснення |
|--------------|--------------|--|
| orgstructure | id (PK) | Ідентифікатор організаційної структури |
| | date | Дата створення структури |
| | comments | Коментарі щодо структури |
| | intStability | Внутрішньо стійка підмножина вершин (text) |
| | extStability | Зовнішньо стійка підмножина вершин (text) |
| | managers | Кількість менеджерів |

| Сутність | Атрибути | Пояснення |
|-----------------|-------------------|--|
| link | id (PK) | Ідентифікатор зв'язку між двома вершинами |
| | parent (FK) | Ідентифікатор батьківської вершини |
| | child (FK) | Ідентифікатор дочірньої вершини |
| | type | Тип зв'язку |
| graph | id (PK) | Ідентифікатор графу структури |
| | orgstructure (FK) | Ідентифікатор організаційної структури |
| | radius | Радіус графу |
| | diameter | Діаметр графу |
| | symmetry | Коефіцієнт симетрії |
| | layout | Файл відповідного типу, що містить граф |
| level | id (PK) | Ідентифікатор рівня графу |
| | graph (FK) | Ідентифікатор графу |
| | spinBeckmann | Норма керованості за Бекманом |
| | spinMax | Максимальна норма керованості на рівні |
| node | id (PK) | Ідентифікатор вершини графу |
| | name | Назва вершини |
| | level (FK) | Ідентифікатор рівня графу, на якому знаходиться вершина |
| | overloadLL | Перевантаження менеджера за лінійними зв'язками |
| | messages | Середня кількість повідомлень, які отримує менеджер |
| | info | Кількість інформації, що проходить через канал зв'язку вершини |
| | overloadFL | Перевантаження менеджера за функціональними зв'язками |

Фізична структура таблиць, що входять до складу БД СППР, яка зберігає дані для проведення експертиз, представлена на рис. Б.3.

Опис сутностей і відповідних їм атрибутів наведено в таблиці Б.3.

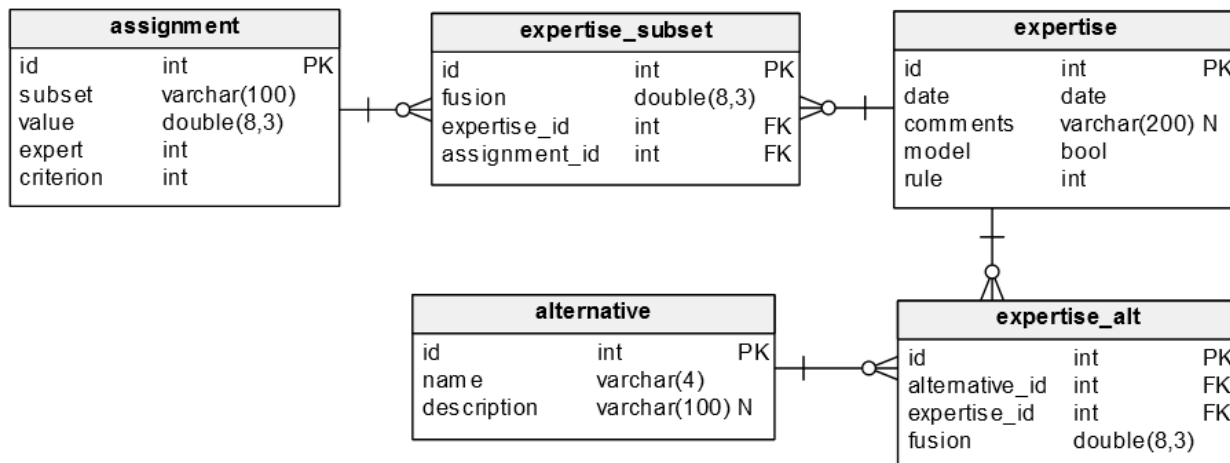


Рисунок Б.3 – Фізична модель даних БД експертиз

Таблиця Б.3 – Специфікація сутностей і атрибутів БД експертиз

| Сутність | Атрибути | Пояснення |
|---------------|---------------------|--|
| expertise | id (PK) | Ідентифікатор експертизи |
| | date | Дата проведення експертизи |
| | comments | Коментарі щодо експертизи |
| | model | Модель ДШ – true, модель ДС – false |
| | rule | Правило комбінування мас (0..3) |
| alternative | id (PK) | Ідентифікатор альтернативи |
| | name | Позначка альтернативи |
| | description | Повна назва альтернативи |
| expertise_alt | id (PK) | Ідентифікатор |
| | expertise_id (FK) | Ідентифікатор експертизи |
| | alternative_id (FK) | Ідентифікатор альтернативи |
| | fusion | Підсумкова оцінка альтернативи |
| assignment | id (PK) | Ідентифікатор експертної оцінки |
| | value | Оцінка підмножини експертом (основна маса ймовірності) |

| Сутність | Атрибути | Пояснення |
|------------------|--------------------|--|
| | expert | Номер експерта |
| | criterion | Номер критерію (0..2) |
| | subset | Низка альтернатив, що утворюють підмножину |
| expertise_subset | id (PK) | Ідентифікатор підмножини |
| | expertise_id (FK) | Ідентифікатор експертизи |
| | assignment_id (FK) | Ідентифікатор оцінки експерта |
| | fusion | Підсумкова оцінка підмножини |

Архітектура системи

Архітектура системи визначає з яких модулів вона складається, задає контекст, в рамках якого приймаються проектні рішення на наступних етапах розробки. Діаграма компонентів висвітлює особливості фізичного представлення системи (рис. Б.4).

СППР складається з наступних модулів: Main, FileManager, DataBase, Graphics_Jung, Graphics_results, Graphics_expertise, Orgstructure, Node, Link, Rules, DS_model, DSm_model.

Модуль **Main** – головний модуль програми, який визиває всі основні функції, що реалізовані в СППР, а також функції реалізації інтерфейсу головного вікна програми. Модуль **FileManager** складається з функцій імпорту даних аналізу організаційних структур і даних для проведення експертизи із файлу та експорту числових результатів розрахунків у файл. Модуль **DataBase** складається з функцій відображення та редагування таблиць БД.

Модуль **Graphics_Jung** складається з функцій побудови і редагування графу організаційної структури та імпорту/експорту графу у файл (в тому числі у файл графічного формату). Модуль **Graphics_expertise** реалізує

функцію вибору моделі аналізу, формування списку альтернатив, ввід відповідних базових ймовірностей вручну. Крім того, цей модуль забезпечує візуалізацію результатів розрахунку комбінованих мас ймовірностей на основі обраного правила комбінування. Модуль **Graphics_results** забезпечує візуалізацію результатів аналізу організаційних структур.

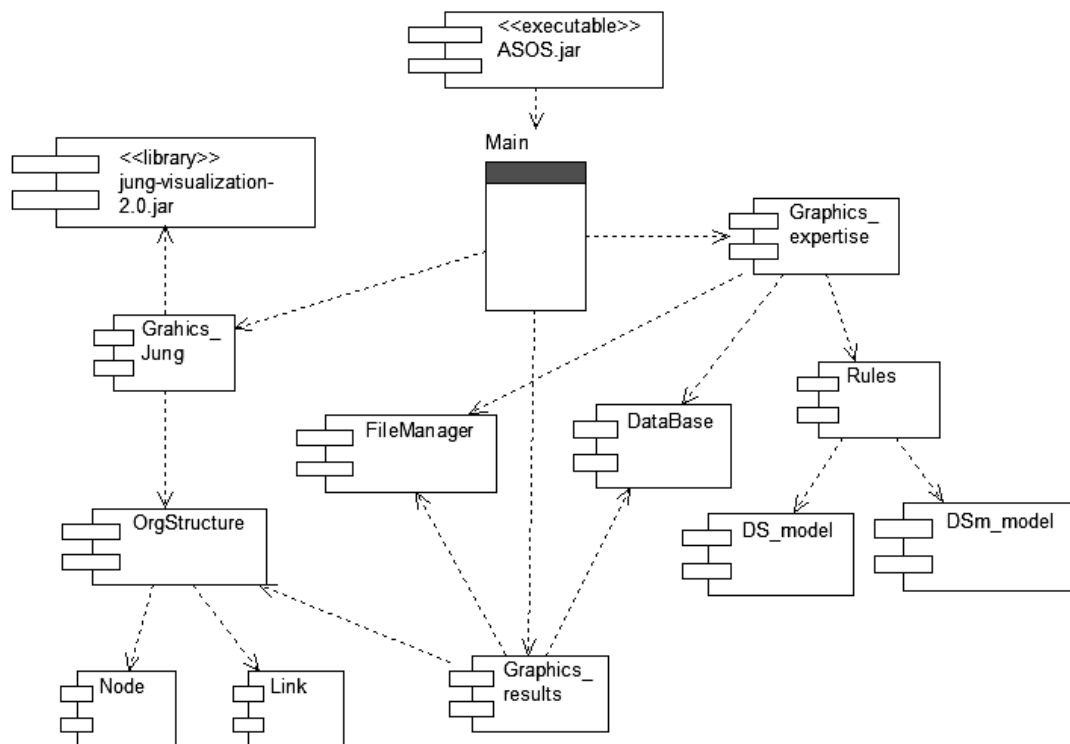


Рисунок Б.4 – Діаграма компонентів

Модуль **Orgstructure** представляє собою організаційну структуру як клас і реалізує функції обчислення її властивостей за трьома групами критеріїв. Клас **Node** представляє собою елемент організаційної структури з відповідними властивостями. Клас **Link** представляє собою зв'язок між двома елементами організаційної структури з відповідними властивостями. Модуль **Rules** складається з опису та реалізації процедур і функцій розрахунку правил комбінування свідочств, процедури вибору оптимального правила комбінування. Модуль **DS_model** складається з функцій побудови моделі даних, тобто формування підмножин альтернатив на основі моделі Демпстера-Шейфера. Модуль **DSm_model** складається з функцій побудови

моделі даних, тобто формування підмножин альтернатив на основі класичної моделі Дезера-Смарандаке.

Проектування інтерфейсу користувача

СППР ASOS (Analysis and Selection of Organizational Structures) є самостійним програмним продуктом, за допомогою якого розраховуються чисельні показники властивостей лінійно-функціональних організаційних структур та проводиться експертиза для виявлення найбільш оптимальної структури на основі експертних свідочств. Програма має простий інтерфейс і довідкову систему для полегшення роботи користувача.

На рис. Б.5 наведено головне вікно програми, в якому користувач будує граф організаційної структури. Конструктор графу має три режими роботи: додавання/видалення вершин і зв'язків між ними, редагування вершин (перейменування та переміщення вершин), трансформація графу (приблизити/віддалити граф, перевернути його тощо). Після натиснення кнопки «Информационный критерий» відкривається вкладка «Функциональные связи» (рис. Б.6), де можна ввести вхідні дані та отримати результати розрахунку інформаційного навантаження менеджерів вищої ланки за функціональними зв'язками.

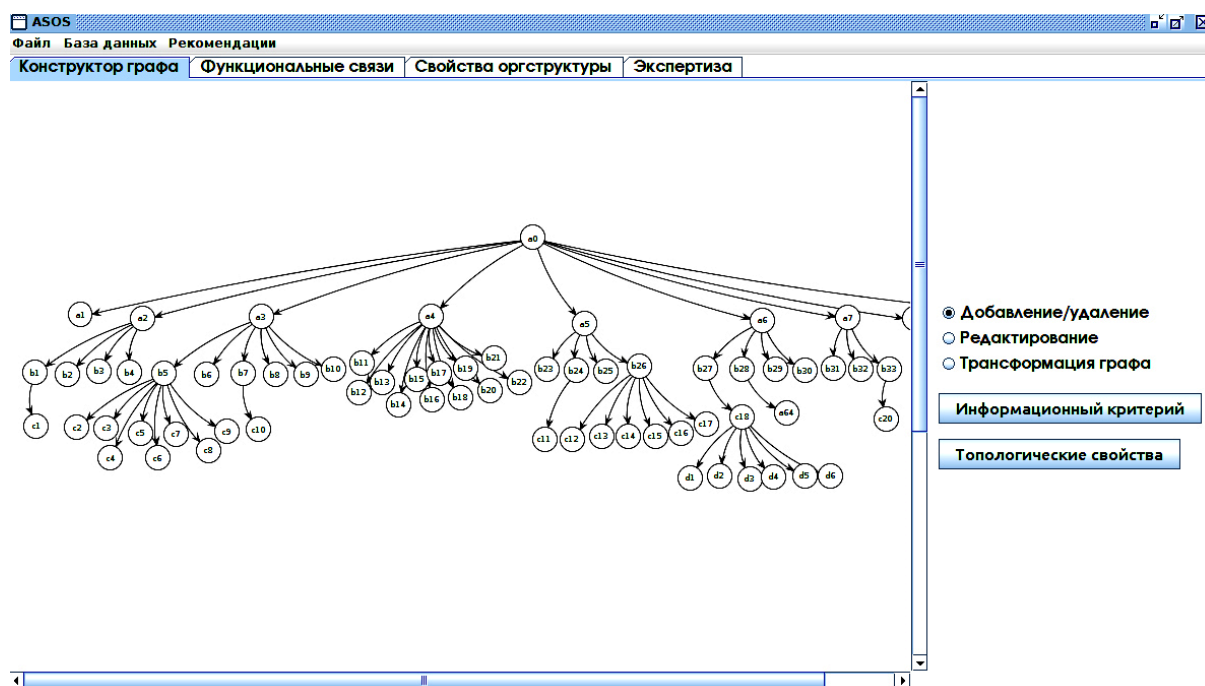


Рисунок Б.5 – Вікно конструктора графу

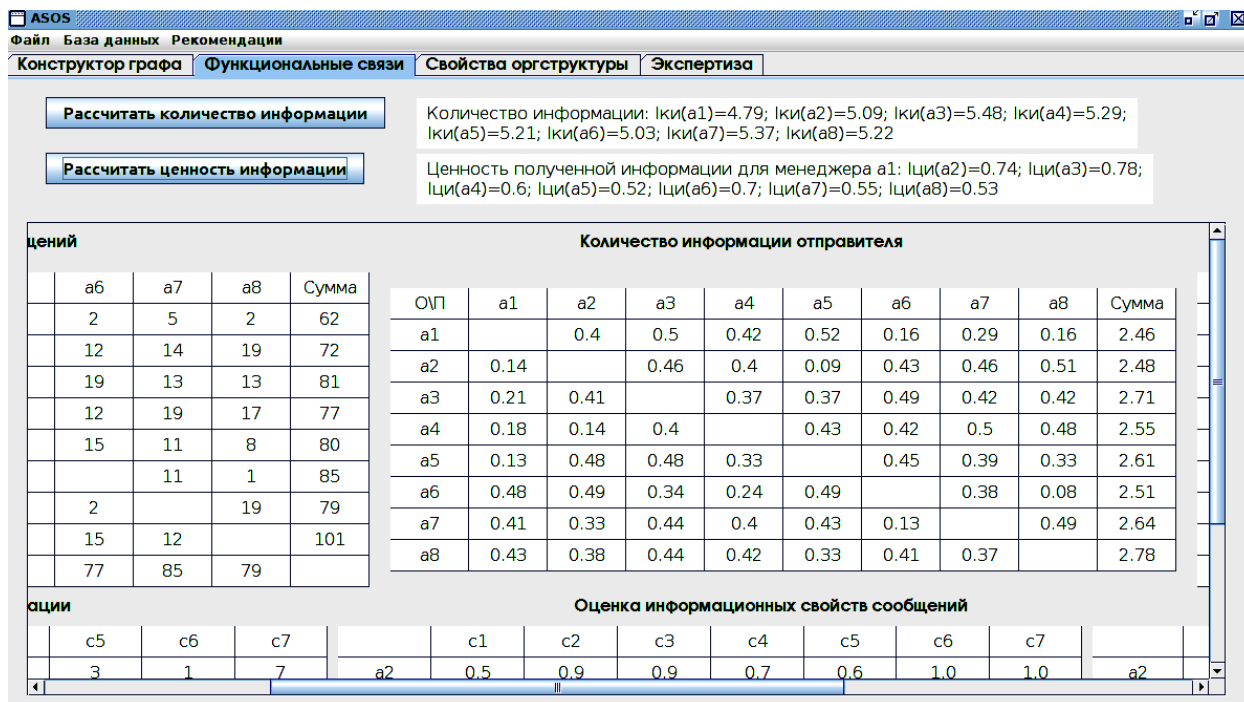


Рисунок Б.6 – Вікно розрахунків інформаційного навантаження

Після натиснення кнопки «Топологические свойства» відкривається вкладка «Свойства оргструктуры» (рис. Б.7), де відображаються результати розрахунків властивостей структури за критеріями витрат на її утримання та якості її топології.

ASOS
Файл База данных Рекомендации
Конструктор графа | **Функциональные связи** | **Свойства оргструктуры** | Экспертиза

| Свойство | Обозначение | Значение |
|---|---------------------|---|
| Норма управляемости (по Бекманну) | r | $r(1)=4$; $r(2)\leq 1$; $r(3)\leq 1$. |
| Норма управляемости | $r \max$ | 12 |
| Симметричность иерархии | S | 0.667 |
| Количество менеджеров | M | 18 |
| Оптимальное количество менеджеров | $Mopt(r)$ | 5(12) |
| Информационная перегрузка топ-менеджера | λ_0 | 1.286 |
| Инф. связи менеджеров высшего звена | deg | $deg\{a1\}=1$; $deg\{a2\}=5$; $deg\{a3\}=7$; $deg\{a4\}=13$; $deg\{a5\}=5$; $deg\{a6\}=5$; $de...$ |
| Инф. перегрузка менеджеров высшего звена | | $a1=0.143$; $a2=0.714$; $a3=1.0$; $a4=1.857$; $a5=0.714$; $a6=0.714$; $a7=0.571$; $a8=0....$ |
| Макс/мин информационная нагрузка | $\max deg/\min deg$ | 13/1 |
| Степень неравномерности инф. нагрузки | λ | 13.0 |
| Диаметр | $D(G)$ | 7 ($d6 \rightarrow c18 \rightarrow b27 \rightarrow a6 \rightarrow a0 \rightarrow a5 \rightarrow b26 \rightarrow c15$) |
| Радиус | $R(G)$ | 4 ($d6 \rightarrow c18 \rightarrow b27 \rightarrow a6 \rightarrow a0$) |
| Число вершин/связей | n/N | 75/74 |
| Число уровней иерархии | k | 5 |
| Число независимости | $\alpha_0(G)$ | 58 (77.33 %) |
| Наибольшее внутренне устойчивое множес... | | {a1,b2..b4,b6,b8..b23,b25,b27,b29..b32,b34..b39,c1..c17,c19,c20,d1..d6} |
| Число доминирования | $\beta_0(G)$ | 17 (22.67 %) |
| Наименьшее внешне устойчивое множество... | | {a0,a2..a9,b1,b5,b7,b24,b26,b28,b33,c18} |

Рисунок Б.7 – Вікно результатів аналізу організаційної структури

На рис. Б.8 наведено вікно вводу вхідних даних для проведення експертизи: початковий набір альтернатив, виділені експертами підмножини за трьома критеріями, модель даних, експертні оцінки виділених підмножин. Після натискання кнопки «Рассчитать массы уверенности» проводяться розрахунки та у вікні відображається підсумкове ранжування альтернатив.

ASOS
Файл База данных Рекомендации

Конструктор графа | Функциональные связи | Свойства оргструктуры | Экспертиза

модель Демпстера-Шейфера
PCR5

| № | Альтернатива |
|----|---|
| A1 | Передать менеджеров a6 и a7 под управление менеджера a3 |
| A2 | Передать менеджеров a10 и a11 под управление менеджера a3 |

Критерий затрат на содержание

| Эксперты | Выделенные подмножества | Оценки |
|----------|-------------------------|--------|
| E1 | A1 | 0.15 |
| E1 | A2 | 0.55 |
| E1 | A3 | 0.3 |

Критерий качества топологии

| Эксперты | Выделенные подмножества | Оценки |
|----------|-------------------------|--------|
| E1 | A1 | 0.45 |
| E1 | A2 | 0.35 |
| E1 | A3 | 0.2 |

Информационный критерий

| Эксперты | Выделенные подмножества | Оценки |
|----------|-------------------------|--------|
| E1 | A1 | 0.25 |
| E1 | A2 | 0.4 |
| E1 | A3 | 0.35 |

| Альтернативы | Основные массы уверенности |
|--------------|----------------------------|
| A1 | 0.017 |
| A2 | 0.077 |
| A3 | 0.021 |

| Альтернативы | Итоговые массы уверенности |
|--------------|----------------------------|
| A1 | 0.279 |
| A2 | 0.464 |
| A3 | 0.257 |

Коэффициент конфликтности: $k = 0.885$
Резльтирующая ранжировка: A2 > A1 > A3

Рисунок Б.8 – Вікно результатів експертизи

Підключення к БД користувач здійснює через пункт «База данных» головного меню. Після вдалого підключення будуть доступні функції перегляду і редагування бази даних.

ДОДАТОК В

Організаційні структури підприємств

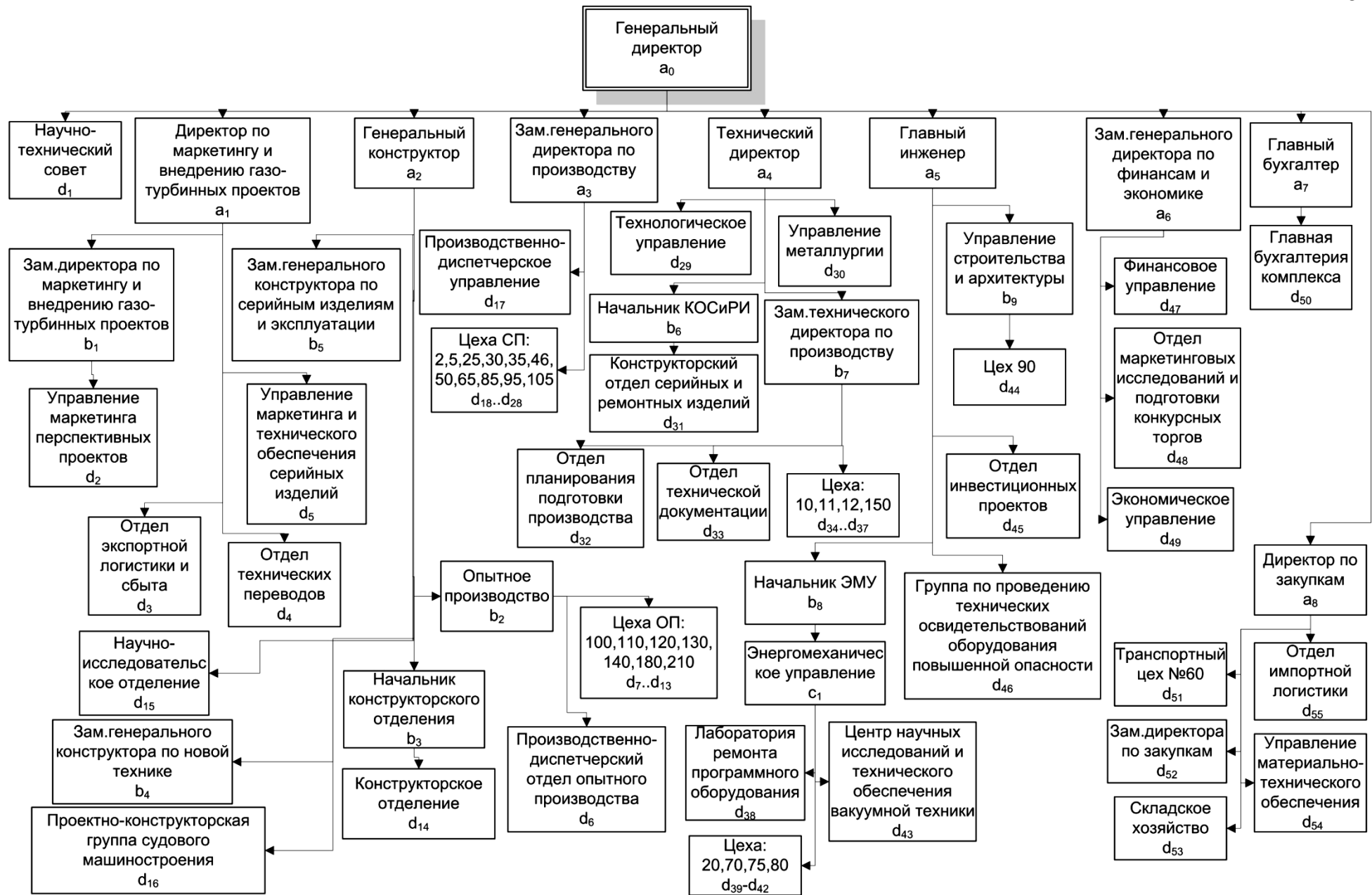


Рисунок В.1 – Організаційна структура машинобудівного заводу

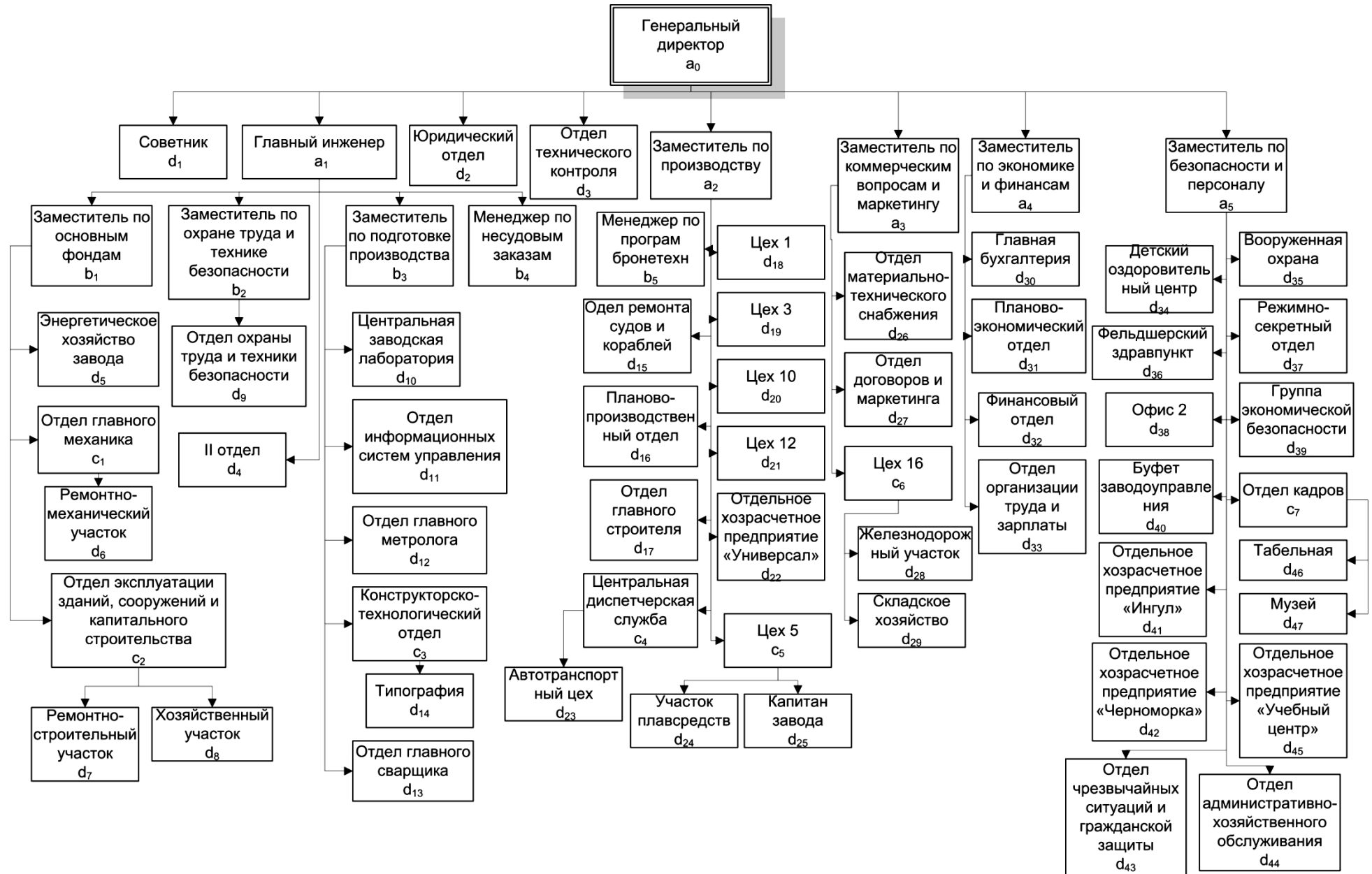


Рисунок В.2 – Організаційна структура суднобудівного заводу

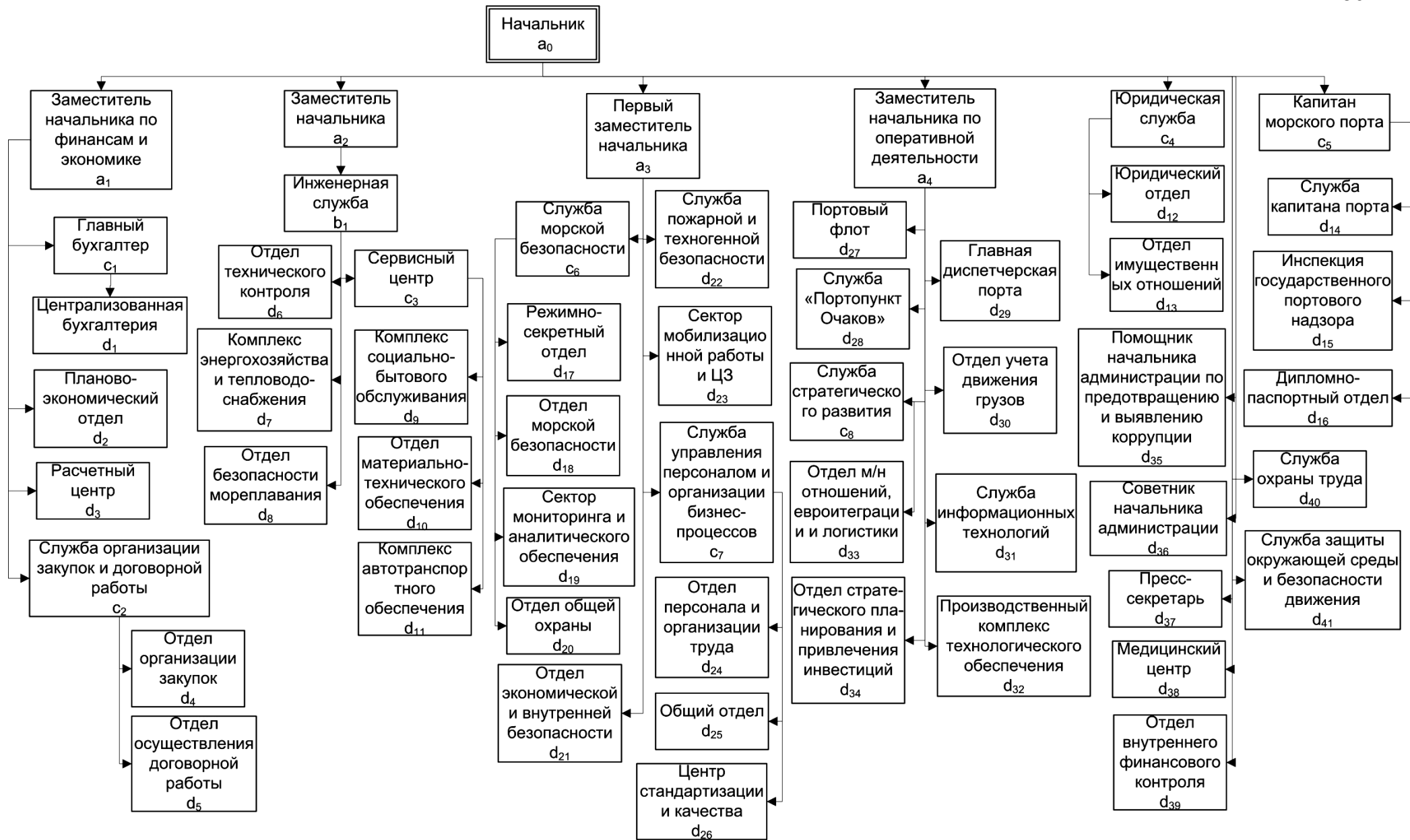


Рисунок В.3 – Організаційна структура морського порту

Додаток Г

Акти впровадження та використання результатів дисертаційної роботи

УЗГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи

НУК ім. адм. Макарова

д.т.н. проф.

В. С. Блінцов

2015 р.



УЗГОДЖЕНО

Технічний директор

ДП НВКГ «Зоря» - «Машпроект»



ДОГОВІР

про творче співробітництво

№ 2002 від « 17 » 05 2015 р.

Миколаїв

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ КОМПЛЕКС ГАЗОТУРБОБУДУВАННЯ



«ЗОРЯ»-«МАШПРОЕКТ»

просп. Жовтневий, 42а, м. Миколаїв, 54018, Україна
Тел.: +(38 0512) 22-11-48, 49-46-33, 22-13-48, 22-70-35
Факс: +(38 0512) 49-90-57, 49-34-00, 49-73-73, 49-92-50, 49-37-94
e-mail: office@zorya.com.ua; web: www.zmturbines.com

№ _____

АКТ

про використання результатів

дисертаційної роботи Антіпової Катерини Олександрівни

«Моделі та інформаційні технології аналізу і вибору

оптимальних лінійно-функціональних організаційних структур

в умовах невизначеності»

на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Даний акт підтверджує, що результати дисертаційної роботи Антіпової К.О. «Моделі та інформаційні технології аналізу і вибору оптимальних лінійно-функціональних організаційних структур в умовах невизначеності» було використано в виробничій діяльності Дирекції з персоналу ДП «Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря» - «Машпроект» при виконанні робіт з аналізу організаційної структури підприємства. Використаний математичний апарат теорії графів та теорії множин, багатокритеріальний аналіз властивостей організаційних структур та програмне забезпечення дозволяють вирішити задачі моделювання та аналізу організаційної структури підприємства для її подальшої оптимізації.

Це дає змогу проводити експерименти для вирішення задач оптимізації за критеріями витрат на утримання організаційної структури, розподілу управлінського, інформаційного навантаження без втручання у налагоджені виробничі процеси.

Наукові дослідження Антіпової К.О. виконувалися відповідно до договору про співпрацю № 2002 від 17.03.2015 про співробітництво між ДП «Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря» - «Машпроект» та Національним університетом кораблебудування імені адмірала Макарова.

Директор з персоналу та Н
ДП НВКГ «Зоря-Машпроект»
д.т.н., професор



С. К. Чернов



ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор Чорноморського
національного університету ім. П. Могили

Н. М. Іщенко

2020 р.

АКТ**про впровадження у навчальний процес****результатів дисертаційної роботи****Антіпової Катерини Олександрівни**

Комісія у складі голови — завідувача кафедри інженерії програмного забезпечення (ІПЗ) д.т.н., професора Фісуна М.Т. і членів: к.т.н., доцента Давиденко Є.О., к.т.н., доцента Швед А.В., підтверджує, що на кафедрі ІПЗ ЧНУ ім. П. Могили впроваджені у навчальний процес результати дисертаційної роботи «Моделі та інформаційні технології аналізу і вибору складних лінійно-функціональних організаційних структур в умовах невизначеності», що увійшли до складу колективної монографії «Методы системного анализа в задачах морских кластеров» (2017 р.).

Матеріали даної монографії використовуються при викладанні дисциплін «Моделі і методи сценарного аналізу», «Ситуаційне моделювання та управління».

Голова комісії
д.т.н., професор

М.Т. Фісун

Члени комісії
к.т.н., доцент
к.т.н., доцент

Є.О. Давиденко

А.В. Швед