

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕМАТИЧНИХ МАШИН І СИСТЕМ**

ЛИСЕЦЬКИЙ ЮРІЙ МИХАЙЛОВИЧ

УДК 004.9:004.75

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ
РІШЕНЬ ПРИ ПОБУДОВІ КОРПОРАТИВНИХ ІНТЕГРОВАНИХ
ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Київ – 2017

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті проблем математичних машин і систем Національної академії наук України

Науковий консультант доктор технічних наук, професор
Снитюк Віталій Євгенович,
Київський національний університет
імені Тараса Шевченка МОН України,
завідувач кафедри інтелектуальних
інформаційних систем

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Литвинов Віталій Васильович,
Чернігівський національний технологічний університет
МОН України,
завідувач кафедри інформаційних технологій та
програмної інженерії

доктор технічних наук, професор
Бідюк Петро Іванович,
Навчально-науковий комплекс «Інститут прикладного
системного аналізу» Національного технічного
університету України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського» МОН України,
професор кафедри математичних методів системного
аналізу

доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Сініцин Ігор Петрович,
Інститут програмних систем НАН України,
завідувач відділу інформаційно-аналітичного
забезпечення систем організаційного управління

Захист відбудеться “20” вересня 2017 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.204.01 в Інституті проблем математичних машин і систем НАН України за адресою: 03187, м. Київ-187, проспект Академіка Глушкова, 42.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту проблем математичних машин і систем НАН України за адресою: 03187, м. Київ-187, проспект Академіка Глушкова, 42.

Автореферат розісланий “20” червня 2017 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



М.Г. Ієвлєв

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У даний час інформаційні системи (ІС) та інформаційні технології (ІТ) є невід'ємною частиною інфраструктури життєдіяльності людини. За порівняно невеликий період ІС та ІТ пройшли складний шлях розвитку: ще вчора вони виконували допоміжну роль у розв'язанні прикладних задач, а сьогодні стають найважливішою інтелектуальною складовою механізму прийняття рішень в економіці, екології, системі державного та корпоративного управління.

Великі промислові підприємства, оператори зв'язку, фінансові установи в умовах конкуренції, інтернаціоналізації та глобалізації економіки не можуть функціонувати без сучасних систем управління, які дозволяють здійснювати планування і оптимізувати бізнес-процеси. Повнота та актуальність даних дозволяють приймати раціональні управлінські рішення і планувати обґрунтовану стратегію розвитку. Саме цією обставиною обумовлено бурхливий розвиток ІС та ІТ в останнє десятиліття.

Розвиток ІС та ІТ відбувається в напрямі консолідації і зберігання різних даних, їх аналізі, захисті інформації, розвитку засобів віддаленого доступу, інтеграції різнорідних систем, автоматизації операційних процесів, підтримки нових видів систем моніторингу та управління. Особливо характерні ці тенденції для територіально розподілених систем, що мають гетерогенну структуру, які, безумовно, відносяться до складних систем. Процеси створення і функціонування складних систем традиційно супроводжують процедури прийняття рішень, які базуються на використанні сучасних ІТ.

Розвитку математичних методів дослідження складних систем, моделюванню процесів їх функціонування і проектуванню присвячені роботи вчених В.М. Глушкова, В.С. Михалевича, О.Г. Івахненка, М.З. Згуровського, Н.Д. Панкратової, С.Ф. Матвієвського, Т. Сааті, А.А. Тимченка, В.Л. Волковича, В.М. Томашевського, А.М. Вороніна та ін.

Наукові результати цих учених створили основу і сприяли подальшій розробці методології системного підходу і системного аналізу.

Розвиток інформаційних технологій управління складними об'єктами, підтримки прийняття рішень при їх побудові і функціонуванні, розробка систем моніторингу, розподілених ІС, автоматизованих інформаційних систем, інформаційно-аналітичних систем та інших їх видів знайшли своє відображення в роботах таких зарубіжних і вітчизняних авторів як Д. Захман, А.О. Морозов, В.В. Литвинов, О.Ф. Волошин, В.Є. Снитюк, І.П. Сініцин, П.І. Бідюк, С.В. Голуб, А.Н. Алішов, В.І. Гриценко, та ін.

Визнаючи наукову і практичну цінність розробок вищезазначених авторів, необхідно відзначити, що вони в основному розглядають перелічені вище види ІС як програмні комплекси, не приділяючи належної уваги їх апаратній складовій як необхідній та дуже важливій частини, особливо для територіально розподілених структур. Тому в даний час відсутня цілісна концепція побудови інтегрованих інформаційних систем корпоративного рівня для територіально розподілених

організацій і підприємств як єдиного комплексу програмно-апаратних засобів, що не забезпечує ефективність прийняття рішень у процесі їх створення. Крім того, сьогодні цей процес головним чином відбувається на основі суб'єктивних оцінок або з використанням моделей і методів, які не відповідають сучасному рівню розвитку інформаційних технологій, що викликає об'єктивне протиріччя між вимогами до ефективності і оперативності прийняття рішень і обмеженими можливостями існуючого науково-методичного апарату (моделей, методів, алгоритмів).

Вищевикладене вказує на те, що науково-прикладна проблема підвищення ефективності побудови корпоративних інтегрованих інформаційних систем (КІС) для територіально розподілених підприємств як єдиного комплексу програмно-апаратних засобів за рахунок впровадження інформаційних технологій підтримки прийняття рішень є актуальною. Таким чином, необхідна розробка концептуальних основ, моделей, методів та інструментальних засобів підтримки прийняття рішень для вирішення даної науково-прикладної проблеми, яка також має важливе господарське значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Обраний напрям дослідження тісно пов'язаний із програмою «Стратегія економічного і соціального розвитку на 2004–2015 рр.», Законами України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» (стаття 4) та «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки на період до 2020 року» (стаття 3), а також з «Переліком державних науково-технічних програм», «Переліком найважливіших розробок, спрямованих на створення новітніх технологій та продукції».

Дисертаційне дослідження виконувалося в рамках науково-дослідних програм Інституту проблем математичних машин і систем НАНУ, кафедри аерокосмічної геодезії Інституту екологічної безпеки та Національного авіаційного університету:

- «Розробка теоретичних основ побудови нових моделей, алгоритмів і розподілених інформаційних технологій підтримки прийняття рішень у системах електронного урядування» («Е-Система»), номер державної реєстрації 0111U002509.
- «Застосування геоінформаційних технологій у санітарно-епідеміологічному моніторингу територій», номер державної реєстрації 0111U002354.
- «Геоінформаційна система пасажирсько-транспортної взаємодії мегаполісів з прилеглими територіями», номер державної реєстрації 140/10.02.06.

Мета і задачі дослідження. Мета роботи полягає у вирішенні актуальної науково-прикладної проблеми підвищення ефективності процесу побудови КІС за рахунок розробки концептуальних основ, моделей, методів та інструментальних засобів підтримки прийняття рішень. Для її досягнення в рамках дисертаційної роботи передбачається вирішення таких наукових завдань:

- виконати аналіз існуючих підходів, моделей, методів та інструментальних засобів, використовуваних для побудови ІС;
- розробити концептуальні основи побудови КІС;
- розробити моделі супроводу КІС по етапах життєвого циклу;
- побудувати інтегральний критерій оцінки ефективності КІС на основі ансамблю моделей для зменшення невизначеності процесу прийняття рішень при побудові КІС;

- розробити композиційний метод вибору альтернативних варіантів елементного базису КІС;
- розробити технологію порівняння ефективності методів оцінювання і вибору альтернатив при побудові КІС;
- розробити систему підтримки прийняття рішень (СППР) для автоматизації та об'єктивізації процесу вибору елементного базису КІС.

Об'єктом дослідження є процеси підтримки прийняття рішень при побудові КІС.

Предметом дослідження є принципи, моделі, методи та інструментальні засоби підтримки прийняття рішень, які використовуються при побудові КІС.

Методи дослідження. Враховуючи особливості предметної галузі та сформульованих задач, як методологічна основа використовувався системний підхід для дослідження процесів підтримки прийняття рішень при побудові КІС. Також використовувалися основні положення і методи системного аналізу та теорії прийняття рішень. Аналіз вхідних даних для забезпечення їх порівняності, узгодженості та достовірності проводився за допомогою методів багатовимірного і інтелектуального аналізу даних, а також методів експертних оцінок. Структурна і параметрична ідентифікація застосовувалася при розробці моделей супроводу КІС по етапах життєвого циклу. Крім того, використовувались методи кластерного аналізу для класифікації альтернатив і методи пошуку оптимальних альтернатив. Розробка композиційного методу вибору альтернатив виконана з використанням теорії оптимізації та експертних оцінок.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в розробці концептуальних основ, моделей, методів та інструментальних засобів підтримки прийняття рішень при створенні КІС.

У рамках виконаного дослідження отримані такі наукові результати.

Вперше:

- розроблено концептуальну модель КІС, яка базується на використанні єдиної мультисервісної мережі і є основою універсальної технології, інваріантної до використовуваних програмно-апаратних платформ і галузі економіки, для якої вона створюється;
- розроблено метод формування інтегрального критерію оцінки ефективності КІС з використанням ансамблю моделей і визначенням вагових коефіцієнтів, які вказують на їхню значущість, що дозволяє зменшити невизначеність процесу прийняття рішень;
- розроблено метод вибору альтернативних варіантів елементного базису КІС, який базується на композиційному поданні цільової функції, що дозволяє прискорити і об'єктивізувати процес вибору.

Удосконалено:

- технологію порівняння ефективності методів оцінювання і вибору альтернатив з використанням критерію мінімуму середньої кількості змін упорядкування, що дозволяє визначити найкращий з групи методів.

Отримали подальший розвиток:

- формальне представлення складних систем як сукупності математичних

моделей будови, функціонування і розвитку при побудові КІС, що дозволяє здійснювати структурування процесу створення і функціонування КІС та утворює базис для формування критеріїв, використовуваних при прийнятті рішень щодо вибору оптимальної альтернативи;

- методи вибору альтернатив на основі використання адитивної згортки значущих характеристик і врахування їх вагових коефіцієнтів, що дозволяє визначити оптимальну технологію організації каналів зв'язку;

- технологія аналізу експертних висновків шляхом використання послідовності методів виявлення неоднорідності висновків, що прискорює визначення їх узгодженості та достовірності.

Загалом одержані результати у вигляді концептуальних основ, моделей, методів та інструментальних засобів підтримки прийняття рішень створюють методологію побудови КІС. Достовірність одержаних результатів підтверджено експериментальними дослідженнями, а також їх упровадженням у ряді організацій для різних галузей економіки.

Практичне значення одержаних результатів. Усі розроблені, моделі, методи та інструментальні засоби підтримки прийняття рішень при побудові КІС доведені до рівня інженерних методик, алгоритмів і програмних засобів комп'ютерної реалізації і використані в:

1. ВАТ «ЕК Житомиробленерго» при побудові корпоративної інтегрованої інформаційної системи підприємства.

2. ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» при побудові інформаційно-технологічної інфраструктури для впровадження автоматизованої системи управління виробництвом на базі програмних рішень SAP.

3. ТОВ «ДТЕК» при побудові єдиної системної інформаційно-технологічної інфраструктури підприємства.

4. АТ «Ощадбанк» при побудові інформаційно-аналітичної системи «Реєстр вкладників Ощадбанку СРСР»; територіально розподіленої інформаційно-технологічної інфраструктури банку і корпоративної мультисервісної мережі.

5. ВАТ «Укресімбанк» при побудові інформаційно-технологічної інфраструктури для системи внутрішнього моніторингу і системи автоматизації банку.

6. ПрАТ «Страхова Компанія «ПРОВІДНА» при побудові територіально розподіленої інформаційно-технологічної інфраструктури компанії.

7. ЗАТ «ВТБ БАНК» при побудові корпоративної мультисервісної мережі банку.

8. ВАТ «Укртелеком» при побудові територіально розподіленого центру обробки даних; національної мережі бездротового доступу в Інтернет «Радіоспот»; корпоративної інтранет-мережі рівня «область-район».

9. ПрАТ «Київстар» при побудові інтегрованої системи управління телекомунікаційною мережею оператора мобільного зв'язку; територіально розподіленої інформаційно-технологічної інфраструктури оператора мобільного зв'язку; оптичної магістральної транспортної мережі оператора мобільного зв'язку.

10. ПрАТ «Датагруп» при створенні єдиної інтегрованої інформаційної

системи оператора фіксованого зв'язку.

11. ТОВ «Українські новітні технології» при побудові операторської мережі бездротового зв'язку.

Акти впровадження подані у додатку до дисертації.

Особистий внесок здобувача. Усі основні положення і результати дисертації отримані автором самостійно. З робіт, опублікованих у співавторстві, використані результати, які отримані особисто здобувачем.

У друкованих працях, підготовлених за участю автора та опублікованих у співавторстві, йому належать такі результати.

У роботі [4] – метод формування інтегрального критерію ефективності для оцінки альтернатив з використанням ансамблю моделей, що «дають поради»; в [5] – композиційний метод формування елементного базису КПС, що об'єднує два підходи: рішення задачі оптимізації цільової функції і зведення індивідуальних переваг до колективного ранжування; в [7] – підхід до побудови автоматизованої системи обробки експертної інформації, аналіз математико-статистичних методів експертних оцінок і розробка обчислювальних алгоритмів; у [18] – принципи побудови КПС територіально розподіленого підприємства і вимоги до сучасної телекомунікаційної мережі; в [19] – вимоги до корпоративної інтегрованої інформаційної системи, визначення складу і призначення її елементів; у [24] – використання власних пристроїв для побудови бездротової корпоративної мережі, сформульовані вимоги до неї та визначено особливості архітектури; в [25] – набір вимог до інформаційно-технологічної інфраструктури територіально розподіленого підприємства і визначення відповідної їм функціональності систем; у [26] – набір вимог до оптичних транспортних магістральних DWDM-мереж, визначено послідовність завдань, розв'язуваних у процесі їх інтеграції в інформаційно-технологічну інфраструктуру оператора зв'язку; в [27] – технологія організації бездротового доступу і постановка задачі побудови мережі на базі технології Wi-Fi стандарту IEEE 802.11; в [30] – вимоги до ЦОД і підхід до вибору програмно-апаратної платформи для його побудови; в [31] – організація широкосмугового бездротового доступу для побудови операторської мережі з заданими властивостями; в [34] – технології передачі даних на базі провідних, безпроводних і супутникових каналів зв'язку; в [35] – архітектура корпоративної системи інформаційної безпеки; в [36] – вимоги до структури і функціоналу системи управління і контролю доступу мережі хот-спотів; у [37] – особливості використання бездротової мережі WiMax для вирішення задачі «останньої милі» і технології MIMO для підвищення її ефективності в умовах непрямой видимості; в [39] – методи вибору оптимальної альтернативи на основі використання адитивної згортки характеристик з урахуванням їх вагових коефіцієнтів; у [41] – представлення КПС як сукупності моделей будови, функціонування і розвитку, для структуризації процесу створення і функціонування КПС; в [52] – технології широкосмугового бездротового доступу, визначені критерії для їх порівняння і вибору; в [53] – особливості розвитку мереж нового покоління NGN, підходи до планування в NGN-мережах, методологія NGOSS (New Generation Operations System and Software).

Апробація результатів дисертації. Основні результати доповідалися на таких конференціях: XIII міжнародній науковій конференції «Информатизация и информационная безопасность правоохранительных органов» (м. Москва, 2004 р.); 17 міжнародній Кримській конференції «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (м. Севастополь, 2007 р.); Восьмій міжнародній науково-практичній конференції «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2013» (м. Чернігів – смт Жукин, 2013 р.); Третій, четвертій та п'ятій міжнародних науково-практичних конференціях «Інфокомунікації – сучасність та майбутнє» (м. Одеса, 2013–2015 рр.); VII міжнародній науково-практичній конференції «Информационные процессы и технологии. Информатика-2014» (м. Севастополь, 2014 р.); V міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології, системний аналіз і моделювання соціоекологіоекономічних систем» (м. Київ, 2014 р.); II міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (м. Черкаси, 2014 р.); 16 міжнародній науково-практичній конференції SAIT-2014 «Системний аналіз та інформаційні технології» (м. Київ, 2014 р.); III міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми інформатики та комп'ютерної техніки» (м. Чернівці, 2014 р.); Четвертій міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія» (м. Вінниця, 2014 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інформаційні та моделюючі технології» (м. Черкаси, 2014 р.); Дев'ятій міжнародній науково-практичній конференції «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2014» (м. Чернігів-Жукин, 2014 р.); Четвертій міжнародній конференції «Theoretical Foundations of Informational Modeling» (Bulgaria, Varna, 2014); 3 міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні управляючі системи та технології» (м. Одеса, 2014 р.); 17 міжнародній науково-практичній конференції SAIT-2015 «Системний аналіз та інформаційні технології» (м. Київ, 2015 р.); Десятій міжнародній науково-практичній конференції «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2015» (м. Чернігів, 2015 р.); Одинадцятій міжнародній науково-практичній конференції «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2016» (смт Жукин, 2016 р.); V міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні управляючі системи та технології» (м. Одеса, 2016 р.).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи викладені в 54 публікаціях, які включають 2 монографії (одноосібна і колективна), 29 статей у наукових журналах, 6 статей у збірниках наукових праць і 17 тез доповідей на конференціях. У спеціалізованих виданнях, включених до переліку ДАК України з технічних наук, опублікована 21 робота, з яких 19 індексуються в наукометричних базах (9 одноосібних), 13 робіт у зарубіжних спеціалізованих наукових виданнях, з яких 9 індексуються в науково-метричних базах (11 одноосібних).

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел та одного додатку. Повний обсяг дисертації становить 305 сторінок, у тому числі 273 сторінки основного тексту, 70 рисунків, 13 таблиць, список використаних джерел з 283 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета і завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, описано наукову новизну і практичне значення одержаних результатів. Наведено відомості про впровадження результатів роботи, апробації, особистий внесок здобувача і публікації.

Перший розділ присвячений аналізу сучасного стану та тенденцій розвитку побудови ІС. Розглянуто існуючі підходи до побудови ІС. Достатньо детально висвітлені моделі життєвого циклу (ЖЦ) ІС, стадії та етапи їх побудови. Висвітлені особливості побудови ІС з використанням моделей Захмана, TOGAF, FEA і Gartner, виконано аналіз їх переваг і недоліків. Особливу увагу приділено КІС як сукупності різних програмно-апаратних платформ, універсальних і спеціалізованих додатків, інтегрованих в єдину інформаційно-однорідну систему, яка реалізує бізнес-стратегію кожного конкретного територіально розподіленого підприємства. Встановлено характерні особливості їх побудови: складність опису (досить велика кількість функцій, процесів, різнорідних даних і складні взаємозв'язки між ними), що вимагає ретельного моделювання, аналізу даних і процесів; наявність сукупності взаємодіючих компонентів (систем і підсистем), які мають локальні задачі й цілі функціонування; відсутність прямих аналогів, що обмежує можливість використання типових проектних рішень і прикладних систем; необхідність інтеграції існуючих та розроблених систем і додатків; функціонування в неоднорідному середовищі на різних програмно-апаратних платформах; територіальна розподіленість структурних підрозділів, систем і додатків, що в них використовуються.

При побудові такого роду систем для об'єднання їх в єдину КІС необхідно вирішити складне завдання технологічної та інформаційної інтеграції, яка повинна бути проведена на транспортному, інфраструктурному, системному і прикладному рівнях. У рамках даного процесу потрібно також забезпечити інтеграцію інтерфейсів, даних і додатків. Тому для успішного вирішення цього завдання КІС повинні бути перш за все адекватно описані, побудовані повні і несуперечливі функціональні та інформаційні їх моделі. Накопичений досвід проектування КІС вказує на логічну складність, трудомісткість та значну тривалість такої роботи, що вимагає високої кваліфікації фахівців, що беруть у ній участь. Однак до недавнього часу проектування КІС виконувалося в основному на інтуїтивному рівні із застосуванням неформалізованих методів, що базуються на практичному досвіді, експертних оцінках і експериментальних перевірках якості функціонування КІС, які є надто дорогавартісними.

Таким чином, дане дослідження стосується однієї з актуальних тем в області інформаційних технологій – побудови КІС з представленого на ринку набору промислових програмних і апаратних засобів. Методологія побудови та інтеграції подібних систем недостатньо досліджена і її розробка, дослідження та вдосконалення є складною науково-прикладною проблемою.

Проведений аналіз дозволяє зробити такі висновки.

1. На сьогоднішній день відсутня цілісна концепція побудови КІС, що не забезпечує достатньої ефективності прийняття рішень у процесі їх створення.

2. У даний час прийняття рішень при побудові КІС головним чином відбувається на основі суб'єктивних оцінок або з використанням моделей і методів, які не відповідають сучасному рівню розвитку інформаційних технологій.

3. Такий підхід викликає об'єктивне протиріччя між вимогами до ефективності і оперативності прийняття рішень та обмеженими можливостями існуючого науково-методичного апарату (моделей, методів, алгоритмів).

У результаті аналізу, який виконаний у даному розділі, визначено напрями та побудовано структурно-логічну схему дослідження.

Другий розділ присвячено методологічним аспектам дослідження. Зокрема, вказано, що моделювання КІС є інформаційно-аналітичним процесом, який базується на ретроспективних даних, статистичній інформації про подібні системи, результатах прогнозування або оцінках експертів. Аналіз вихідних даних є відповідальним етапом для побудови моделей КІС і включає в себе перевірку даних, забезпечення їхньої сумісності, узгодженості та достовірності.

Для проведення аналізу вихідних даних використано OLAP-технології, Data Mining, апарат теорії нечітких множин і експертні технології.

Практично завжди побудова аналітичної системи для аналізу даних – це завдання побудови єдиної узгоджено функціонуючої ІС на основі неоднорідних програмних і апаратних засобів (рис. 1).

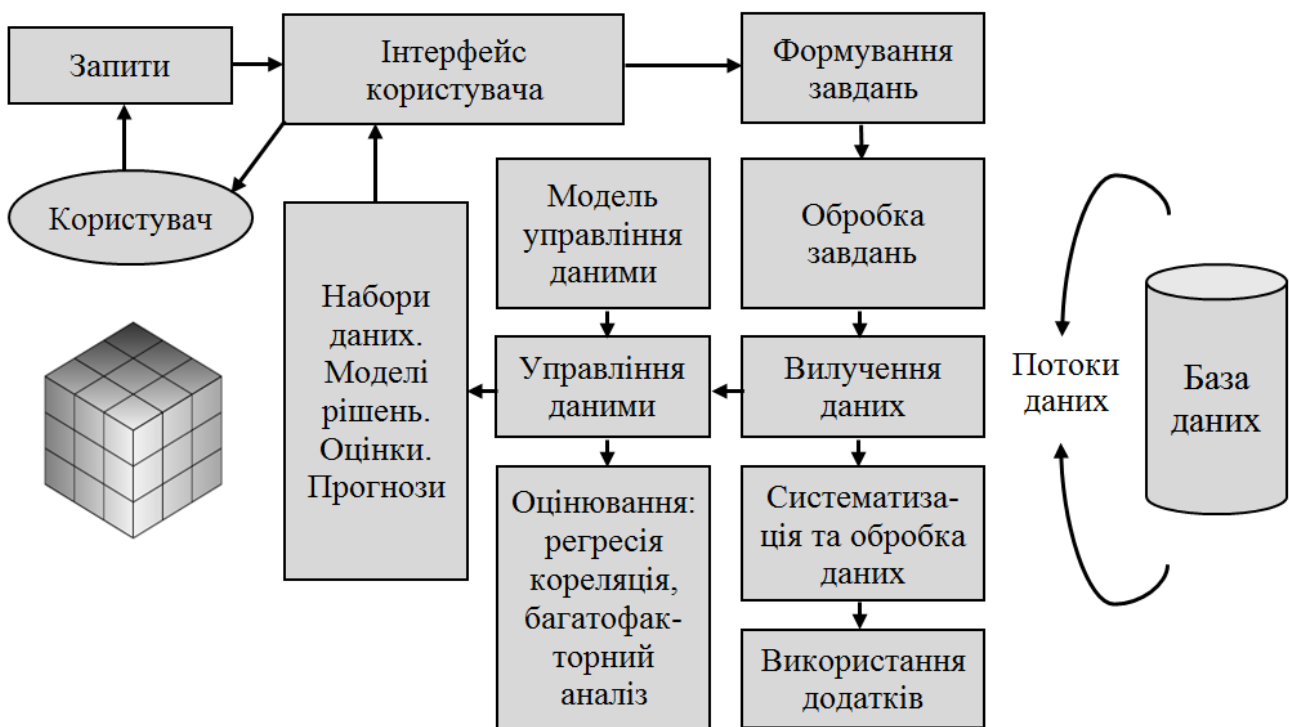


Рисунок 1 – Аналітична ІС видобування, обробки даних і представлення інформації

Якщо як дані використовуються експертні оцінки, то необхідно провести

аналіз узгодженості експертних висновків для перевірки їх достовірності та виявлення причин їх неоднорідності. Для прискорення визначення узгодженості та достовірності експертних оцінок запропоновано технологію аналізу експертних висновків шляхом застосування послідовності методів виявлення неоднорідності висновків експертів. Зміст технології полягає в такому.

У першу чергу оцінюється узгодженість висновків експертів за декількома альтернативами, що здійснює вплив на один кінцевий результат. Це відбувається з використанням коефіцієнта конкордації – загального коефіцієнта рангової кореляції для групи, що складається з m експертів.

Для оцінки значущості коефіцієнта конкордації використовують критерій χ^2 . Знайдене значення має бути більшим табличного значення χ^2 , яке визначається числом ступенів свободи і рівнем довірчої ймовірності, що підтверджує його значущість. Якщо коефіцієнт конкордації значущий, то висновки групи експертів узгоджені і подальший аналіз можна не проводити.

Якщо висновки експертів виявляться неузгодженими, то для оцінки міри схожості висновків кожної пари експертів розраховуються коефіцієнти асоціації за Устюжаніновим, які враховують кількість висновків, що співпали та не співпали, але не враховується їх послідовність.

Для більш точної перевірки узгодженості пар висновків експертів використано метод рангової кореляції Спірмена як один з вибірових мір залежності двох випадкових величин (ознак) X і Y , що базуються на ранжуванні елементів вибірки $(X_1, Y), \dots, (X_n, Y)$, з використанням якого коефіцієнт обчислюється простіше і швидше, ніж коефіцієнт рангової кореляції Кендалла, який також є мірою залежності двох випадкових величин.

При неузгодженості висновків експертів для визначення причин їх неоднорідності проводиться перевірка на суперечливість висновків, яка визначає експертів, висновки яких істотно відрізняються від узагальненого висновку групи. Поняття суперечливості висновку експерта k узагальненому висновку всіх експертів базується на припущенні, що висновок Y_k експерта k є крайньою серед висновків m експертів. Аналіз суперечливості висновку експерта k проводиться з використанням оцінки аномальності результатів при невідомій генеральній дисперсії.

Запропонована технологія аналізу експертних висновків шляхом застосування послідовності методів виявлення неоднорідності висновків експертів може бути алгоритмізованою (рис. 2) і алгоритм містить такі кроки:

- Крок 1. Розрахунок коефіцієнта конкордації.
- Крок 2. Оцінка значущості коефіцієнта конкордації.
- Крок 3. Розрахунок коефіцієнтів асоціації.
- Крок 4. Оцінка мір схожості висновків пар експертів.

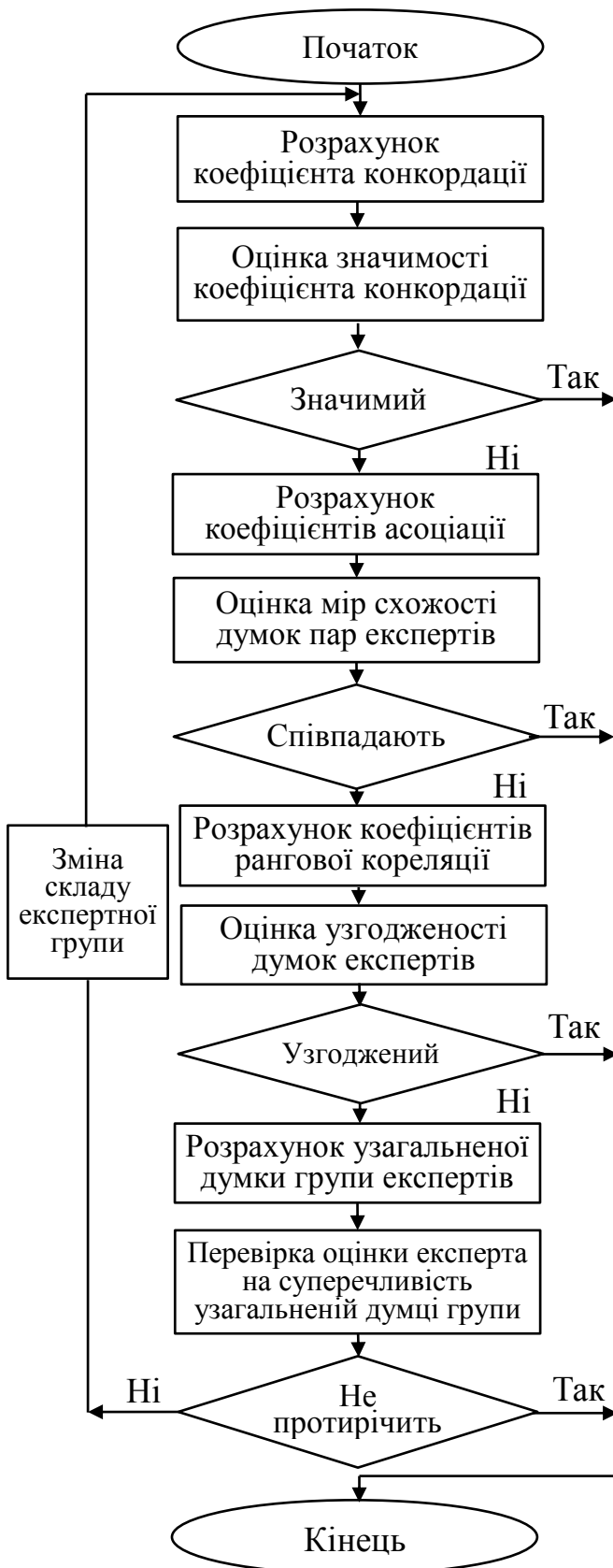


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритму технології аналізу експертних висновків

На завершальному етапі з цієї множини оптимальних за Парето варіантів

Крок 5. Розрахунок коефіцієнтів рангової кореляції.

Крок 6. Оцінка узгодженості висновків експертів.

Крок 7. Розрахунок узагальненого висновку групи експертів.

Крок 8. Перевірка висновку експерта на суперечливість узагальненому висновку групи.

Таким чином, очевидно, що відповідальним етапом для побудови моделей є аналіз вихідних даних, який включає перевірку даних, забезпечення їхньої сумісності, узгодженості та достовірності.

Моделювання – наступний етап дослідження. Найбільш потужними в пізнавальному сенсі є математичні моделі, що дозволяють передбачати поведінку систем. На цьому етапі для об'єктивізації процесу створення моделей застосовано метод групового урахування аргументів (МГУА), основна перевага якого полягає в тому, що адекватність моделі, яка породжує її систему, забезпечується самим процесом моделювання.

На наступному етапі необхідно провести класифікацію отриманих моделей.

Для вирішення завдання щодо класифікації використано методи кластерного аналізу, які дозволяють здійснити розбиття досліджуваної сукупності систем на окремі групи, що називаються кластерами або класами.

Після розбиття на класи здійснюємо пошук оптимальних варіантів систем у своєму класі, використовуючи метод Парето.

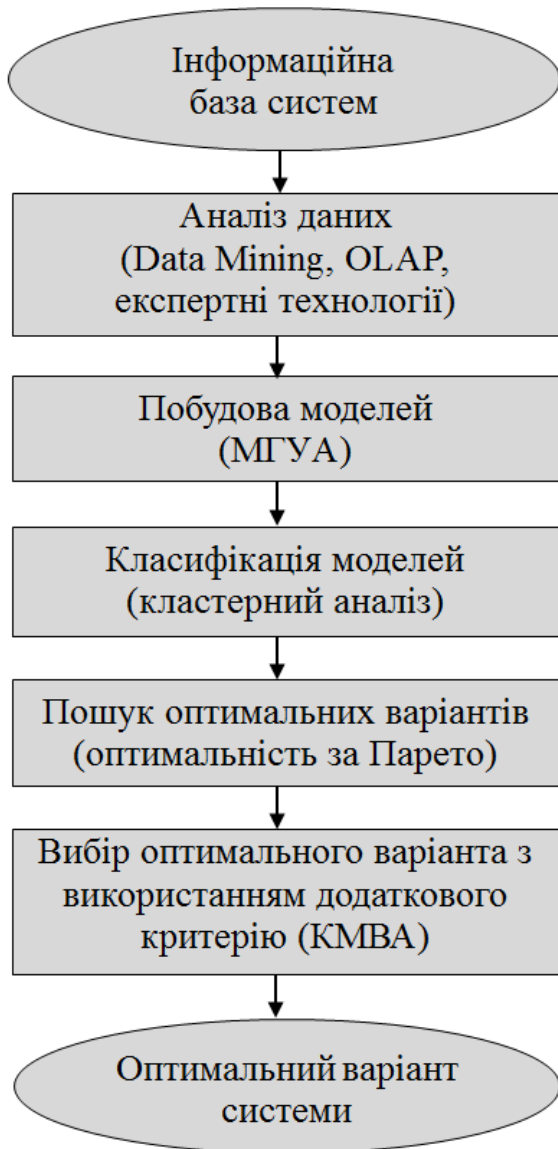


Рисунок 3 – Структурно-логічна схема технології дослідження КПС

систем вибираємо один оптимальний (квазіоптимальний) варіант за допомогою додаткового критерію. Для цього застосовано композиційний метод вибору альтернатив (КМВА), який розроблено в дисертації.

Описана вище технологія дослідження КПС як складних систем представлена у вигляді структурно-логічної схеми (рис. 3).

У **третьому розділі** побудовано концептуальну модель КПС, яка є основою для створення універсальної технології створення КПС з представленого на ринку набору промислових програмно-апаратних засобів та є інваріантною до галузі економіки, для якої вона створюється.

У розроблену модель покладено такі принципи і концепцію.

1. Концепція єдиної мультисервісної мережі організації, що є основою КПС і забезпечує передачу голосу, відеозображення і даних. Концепція мультисервісності містить декілька особливостей, які стосуються різних аспектів побудови мережі, а саме: конвергенція завантаження мережі, що визначає передачу різних типів трафіку в рамках єдиного формату представлення даних; конвергенція протоколів, що визначає перехід від множини існуючих мережевих протоколів до загального (як правило, IP); фізична конвергенція, яка визначає передачу різних типів трафіку в рамках єдиної мережевої інфраструктури; конвергенція пристроїв, що визначає тенденцію побудови

архітектури мережевих пристроїв, здатну в рамках єдиної системи підтримувати різнотипний трафік; конвергенція додатків, що визначає інтеграцію різних функцій у рамках єдиного програмного засобу; конвергенція технологій, що визначає тенденцію до створення єдиної загальної технологічної бази для побудови мереж зв'язку, здатної задовольняти вимогам і регіональних мереж зв'язку, і локальних обчислювальних мереж; організаційна конвергенція, яка припускає централізацію мережевих, телекомунікаційних, інформаційних служб під керуванням менеджерів вищої ланки, що забезпечує необхідні організаторські передумови для інтегрування голосу, відеосигналу і даних в єдиній мережі.

2. Принцип універсальності – розширення предметних областей застосування.

3. Принцип нейтральності до додатків предметної області.

4. Принцип інваріантності – незалежність від використовуваних апаратних і програмних засобів.

5. Принцип стандартизації – максимальне використання промислових програмних і апаратних засобів. Це дозволить суттєво скоротити час проектування та впровадження створюваних КІС.

6. Принцип сумісності компонентів на рівні даних, інтерфейсів і протоколів.

7. Принцип інтеграції компонентів КІС з використанням каналів зв'язку.

Дані концепція та принципи створюють основу для побудови КІС у гетерогенному середовищі для різних галузей економіки.

Для зручності опису пропонується «рівнева» модель КІС. Така модель, за аналогією з моделлю Захмана, переслідує дві основні цілі: з одного боку, логічно розбити весь опис КІС на окремі рівні для спрощення їх формування і сприйняття, з іншого, забезпечити можливість розгляду КІС як цілісного об'єкта з різних точок зору або рівнів абстракції.

Власне модель КІС представляється у вигляді піраміди, що має п'ять рівнів (рис. 4).

Прикладний рівень або рівень додатків – верхній рівень моделі. Він



Рисунок 4 – Модель КІС

реалізований програмними засобами і визначає тип організації і галузеву приналежність системи. Це додатки, які досить добре відомі: ERP (Enterprise Resource Planning) для промислових підприємств, САБ (Система автоматизації банку) для фінансових установ, OSS / BSS (Operation Support System / Business Support System) для операторів зв'язку тощо.

Системний рівень також реалізований програмними засобами і включає в себе використовувані в КІС операційні системи (Unix, Linux, Windows та ін.), системи управління базами даних (MS SQL, Oracle, IBM DB2 та ін.) і системні сервіси (Exchange, Lotus, MS Active Directory тощо).

Інфраструктурний рівень є комплексом взаємопов'язаних між собою апаратних платформ, що використовуються в організації та забезпечують її функціонування і підтримку існуючих бізнес-процесів. До них відносяться сервери, системи зберігання даних, персональні комп'ютери, периферійні пристрої тощо.

Мережевий рівень – це, власне, єдина мультисервісна мережа (LAN, WAN), здатна передавати голос, відеозображення і дані. До складу мережі входять такі пристрої, як комутатори, маршрутизатори, точки доступу, міжмережеві екрани.

Фізичний рівень – найнижчий рівень, безпосередньо здійснює передачу потоку даних. Може бути організований на різних каналах зв'язку: дротових

(волоконно-оптичні лінії зв'язку, мідні дроти), бездротових (Wi-Fi, WiMAX, PPL), супутникових (SCPC і MCPC, DAMA, TDM / TDMA, FTDMA, MF-TDMA).

Відзначимо, що в запропонованій моделі КПС перші чотири рівні описують архітектуру системи, а п'ятий відповідає вже не рівню опису архітектури, а рівню працюючої організації у цілому і визначає її галузеву належність.

Процес побудови КПС як будь-якої складної системи реалізується як логічна єдність трьох процедур: синтезу, аналізу, вибору і прийняття рішень.

В основі ефективного виконання цих процедур лежать такі передумови: формування комплексу моделей, які дозволять здійснити ідентифікацію критеріальних функцій; розробка інтегрального критерію, отримання значень якого дозволить встановити переваги на множині альтернативних варіантів.

Розв'язано задачу формування комплексу моделей, які складають інформаційно-аналітичний базис дослідження. Як складну систему КПС можна подати трьома моделями: будови, функціонування і розвитку.

Модель будови (M_c) є теоретико-множинною моделлю, що реалізує відношення «частина – ціле» і є теоретико-множинною операцією об'єднання:

$$A = \bigcup_{i \in I} A^i, \quad (1)$$

де I – індексна множина;

A^i – складові елементи A ;

$A^i = \langle A_1^i, A_2^i, \dots, A_n^i; A_{11}^i, A_{12}^i, \dots, A_{1m}^i; \dots, A_{nl}^i \rangle$.

Модель функціонування (M_f) визначає процеси досягнення цілей системою, які здійснюються її складовими і представляються такими відображеннями:

$$F_1 : \langle P, C_c^t, C_s^t, X^{t-1} \rangle \rightarrow X^t, \quad (2)$$

$$F_2 : \langle P, C_c^t, C_s^t, X^{t-1} \rangle \rightarrow Y^t, \quad (3)$$

де t – момент часу функціонування КПС;

P – вектор прикладних задач, які вона повинна розв'язувати;

C_c^t – її структура в момент часу t ;

C_s^t – стратегія управління;

X^t – стан КПС;

Y^t – її вихід у момент часу t .

Модель розвитку (M_p) описує адаптивні процеси КПС у зовнішньому середовищі за допомогою відображення

$$F_3 : \langle E_z^n, P_r^n \rangle \rightarrow \langle E_e^n, E_f^n, E_a^n, R \rangle, \quad (4)$$

де E_z^n і P_r^n – нові цілі та процеси ціледосягнення, відповідно, передбачають існування у структурі КПС таких елементів E_e^n , які здатні взяти на себе нові функції E_f^n і за допомогою нових операцій E_a^n привести до вироблення нових нестандартних рішень R . Множини E_z^n і P_r^n – нечіткі категорії, що впливають з невизначеності їх на етапі проектування, а також з нечіткості часового інтервалу між припущенням про можливість реалізації та реалізацією E_z^n , яка визначається функцією $\xi(Z)$. Оцінка такої можливості та її характеристики визначаються на етапі дослідження можливості розв'язання задачі Ω . Розглядаючи передбачуване функціонування КПС, аналогічне існуванню системи дослідження в базисі системних властивостей, позначимо Q^0 – простір станів КПС. Тоді можна встановити існування відображення

$$\langle E_z^n, P_r^n \rangle \rightarrow Q^0. \quad (5)$$

Простір Q^0 має три складові Q_c^o, Q_p^o, Q_n^o ,

де Q_c^o – компоненти стану точно відомі апіорі;

Q_p^o – компоненти, розподіл ймовірностей яких відомо;

Q_n^o – компоненти, значення яких можуть бути передбачені експертами.

Отже, Q_c^o не залежить від $\xi(Z)$, для Q_p^o функцію $\xi(Z)$ можна формально розглядати як щільність імовірності стану Q_p^o КПС. З огляду на те, що складові Q_n^o – нечіткі множини, $\xi(Z)$ – багатовимірна функція приналежності, встановлюється відповідність

$$Q_n^o \leftrightarrow \text{Kern}(\xi(Z)), \quad (6)$$

де

$$\text{Kern}(\xi(Z)) = \{q_n^m \in Q_n^o \mid \xi(q_n^m) = \max_{q_n \in Q_n^o} \xi(q_n)\}. \quad (7)$$

Формально модель розвитку має вигляд

$$F_3^0 : \langle E_z^n, P_r^n \rangle \rightarrow Q^0 = Q^0(C, M, \xi(Z), \text{Kern}(\xi(Z))), \quad (8)$$

де C – компоненти стану системи, що є константами.

Таким чином, розробка трійки моделей $\langle M_\sigma, M_\phi, M_p \rangle$ є додатковим інформаційним фактором, що дозволяє здійснювати структурування процесу створення і функціонування КПС. Також запропоновані моделі утворюють базис для

формування критеріїв, які будуть використані при прийнятті рішень щодо вибору оптимальної альтернативи при побудові КПС.

Як будь-яка складна система КПС складається з великої кількості підсистем, об'єднаних сукупністю різноманітних зв'язків. Приступаючи до створення нової КПС, особа, яка приймає рішення (ОПР), неминуче стикається з необхідністю здійснення вибору з різноманіття об'єктів, елементів і взаємозв'язків між ними. Очевидно, що розв'язання задачі вибору оптимальної альтернативи залежить від спектру завдань P , які вирішуватиме КПС, а її ефективність буде визначатися існуючою структурою S і стратегією управління C , що полягає в ефективному розподілі ресурсів.

Багатоваріантність вибору може бути скорочена шляхом застосування принципу подвійності занурень видів забезпечень у композиції з методом послідовного аналізу варіантів. Незважаючи на значне зменшення кількості альтернатив, потужність їх множини залишається значною, що визначається різноманітністю існуючих технічних, програмних та інших рішень. Розглянемо один із методів вибору оптимальної альтернативи (підсистеми, об'єкта, елемента та ін.) в умовах невизначеності.

Припустимо, що вихідні дані містяться в таблиці типу «об'єкт-властивість» (табл. 1). Апріорі припускаємо, що критерій ефективності є невідомою функцією від показників ефективності, тобто

$$E = E(f_1, f_2, \dots, f_k). \quad (9)$$

Таблиця 1 – Показники ефективності альтернатив

	f_1	f_2	–	f_k	E
S_1	z_{11}	z_{12}	–	z_{1k}	E_1
S_2	z_{21}	z_{22}	–	z_{2k}	E_2
–	–	–	–	–	–
S_n	z_{n1}	z_{n2}	–	z_{nk}	E_n

Табличні значення критерію ефективності отримані в результаті експертних висновків, можливо, для аналогічних альтернатив або є ретроспективними даними.

Для ідентифікації моделі (9) необхідно зробити такі кроки. По-перше, слід визначити клас моделей, до якого належить шукана модель. Найбільш часто використовуються:

1. Модель множинної лінійної регресії:

$$E = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i f_i, \quad (10)$$

де a_i – невідомі коефіцієнти.

Їх пошук становить сутність методу найменших квадратів. Зауважимо, що його використання пов'язане з необхідністю тестування і усунення

мультиколінеарності, гетероскедастичності та автокореляції.

2. Модель множинної нелінійної регресії:

$$E = a \cdot \prod_{i=1}^k G_i(s_i), \quad (11)$$

де a – деяка константа, а G_i є функцією однієї змінної (показника ефективності), які вибираються з деякої сукупності. Обмеженість вибору вказує на недолік методу.

3. Модель у вигляді полінома Колмогорова-Габора:

$$E = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i f_i + \sum_{i<j} a_{ij} f_i f_j + \sum_{i<j<l} a_{ijl} f_i f_j f_l + \dots \quad (12)$$

Ідентифікують значення параметрів в (12), використовуючи метод групового ураховання аргументів. На користь застосування такого методу свідчить відома теорема Вейєрштрасса про точне наближення будь-якої неперервної функції полінома. Недоліком МГУА є складність аналітичної побудови моделі (12).

4. Нейронні мережі є універсальними апроксиматорами. Для отримання залежності (9) можуть бути застосовані прямозв'язані мережі з алгоритмом зворотного поширення помилки або подібними алгоритмами навчання, мережі зустрічного поширення, мережі з радіально-базисними функціями активації та ін. Кожна з нейромереж є самостійною моделлю, облік результатів їх використання і знання особливостей функціонування дозволяють ефективно вирішувати завдання ідентифікації. До недоліків віднесемо слабку інтерпретованість нейромереж як моделей і, в окремих випадках, зациклення в локальних оптимумах.

5. Ще один тип моделей, які можуть бути ефективними апроксиматорами – нечіткі продукційні правила.

$$\text{Якщо } z_1 \in Z_1, \text{ і } z_2 \in Z_2, \dots, \text{ і } z_k \in Z_k, \text{ тоді } e \in E, \quad (13)$$

де z_i – значення показників ефективності;

Z_i – нечіткі множини з відповідними функціями належності (з невідомими параметрами).

Визначення значень параметрів здійснюється на основі навчання нечітких нейромереж. Недолік, а, можливо, і перевага моделей – об'єктивізація суб'єктивних висновків.

Для вирішення практичних завдань перелічених моделей цілком достатньо. Всі вони можуть бути використані для отримання (9) і визначення оптимальної альтернативи. Для цього необхідно з'ясувати, чи є ці альтернативи однотипними, подібними (з експертної точки зору). Якщо це не так, то альтернативи класифікують,

використовуючи відомі методи, і табл. 1 розбивається на окремі таблиці, відповідні класам альтернатив. По-друге, таблицю необхідно розділити на дві частини: навчальну (А) і контрольну (В) вибірки. Зробити це можна таким чином. Спочатку рядки табл. 1 упорядковуються за зменшенням їх вибірових дисперсій. Далі у вибірку А визначаємо верхні 70% рядків, до вибірки В – 70% нижніх рядків або в вибірку А визначаємо всі рядки з непарними номерами і 50% рядків з парними номерами, рядки, що залишилися, складуть вибірку В. Можливі й інші процентні співвідношення та способи формування вибірок. Очевидно також і те, що вони будуть впливати на точність результату.

На наступному кроці, використовуючи рядки навчальної вибірки, здійснюємо ідентифікацію залежності (9) для кожної моделі M_i з ансамблю M , $i = \overline{1, p}$. Таким чином,

$$M_i = E_i(f_1, f_2, \dots, f_k), \quad i = \overline{1, p}. \quad (14)$$

Позначимо $C = (C_{ij})_{i,j=1}^{q,k}$ – матрицю, відповідну контрольній вибірці і отриману в табл. 1. Підставляючи в моделі (14) дані матриці С, отримаємо табл. 2.

Таблиця 2 – Результати моделювання

	f_1	f_2	...	f_k	μ_1	μ_2	...	μ_p
s_1	C_{11}	C_{12}	...	C_{1k}	m_{11}	m_{12}	...	m_{1p}
s_2	C_{21}	C_{22}	...	C_{2k}	m_{21}	m_{22}	...	m_{2p}
...
s_q	C_{q1}	C_{q2}	...	C_{qk}	m_{q1}	m_{q2}	...	m_{qp}

Значення m_{ij} , $i = \overline{1, q}$, $j = \overline{1, p}$ є значеннями критерію ефективності для i -ої альтернативи, отриманими з використанням j -ої моделі.

Далі для кожної моделі знайдемо показник відхилення табличних значень критерію ефективності від значень, отриманих з використанням моделей:

$$\delta_i = \frac{1}{q} \sum_{j=1}^q \left(\frac{m_{ij} - E_i}{E_i} \right)^2, \quad i = \overline{1, p}. \quad (15)$$

Значення δ_i свідчать про точність апроксимації шуканої залежності. У нас з'являються підстави для визначення важливості кожної моделі ансамблю.

Виконаємо інвертування і нормування показників відхилення і будемо вважати, що $\delta_i \in 0;1$, $\sum_{i=1}^p \delta_i = 1$. Далі для будь-якої нової альтернативи S^* достатньо

визначити значення показників ефективності z_i^* , $i = \overline{1, k}$. Підставивши їх у моделі (16), отримаємо значення M_j^* , $j = \overline{1, p}$. Для визначення значення інтегрального критерію ефективності альтернативи S^* використовуємо формулу

$$E^* = E(s^*) = \sum_{i=1}^p \delta_i M_i^*. \quad (16)$$

Розрахувавши значення критерію ефективності для всіх альтернатив, визначаємо найкращу з них. Якщо необхідно виконати порівняльний аналіз альтернатив, то отримані значення критерію ефективності необхідно нормувати.

Таким чином, запропонований метод може бути алгоритмізований, і алгоритм містить такі кроки:

Крок 1. Попередня підготовка даних. Поділ вибірки даних на навчальну і контрольну частини.

Крок 2. Для отримання пулу однотипних об'єктів виконати кластеризацію альтернатив.

Крок 3. Використовуючи математичні обчислення і здійснюючи навчання моделей, отримати критерії ефективності як залежності від часткових показників ефективності. Використовуємо дані навчальної вибірки.

Крок 4. Визначити похибку апроксимації на даних контрольної вибірки, які інтерпретуємо як значення, обернені до значень важливості моделей.

Крок 5. Обчислюємо значення інтегрального критерію оцінки ефективності для кожної альтернативи і визначаємо оптимальну альтернативу.

Для перевірки адекватності розробленого методу проведено обчислювальні експерименти (табл. 3). У першому з них дані були згенеровані за складною багатофакторною функціональною залежністю, у другому випадку досліджувалися статистичні дані.

Таблиця 3 – Експериментальна верифікація результатів

№	Модель	Експеримент № 1		Експеримент № 2	
		Коеф. важливості	Середня відносна похибка, %	Коеф. важливості	Середня відносна похибка, %
1	Лінійна регресія	0,02	50	0,04	25
2	Нелінійна регресія	0,14	7,14	0,12	8,33
3	Поліном	0,34	2,94	0,28	3,57
4	Перцептрон	0,11	9,09	0,10	10
5	RBF-мережа	0,12	8,33	0,11	9,09
6	Мережа зустрічного поширення	0,01	83,33	0,05	20
7	Нечіткі продукційні правила	0,26	3,84	0,30	3,33
8	Інтегральний критерій	0,71	1,4	0,43	2,33

Для першого експерименту середня відносна помилка на перевірочних даних склала 1,4%, що у 2 рази менше помилки за МГУА. Для другого – 2,3%, що також вказує на перевагу інтегрального критерію у порівнянні з найкращою моделлю – нечіткими продукційними правилами, для яких помилка становить 3,3%.

Графічно результати представлені на рис. 5 і рис. 6.

Таким чином, запропонований метод формування інтегрального критерію оцінки ефективності КПС базується на використанні ансамблю так званих моделей, що «дають поради». Визначення вагових коефіцієнтів, що вказують на їхню значущість, дозволяє побудувати критерій ефективності, який є інтегральним показником якості альтернатив, значення якого обчислюються без втручання людини.

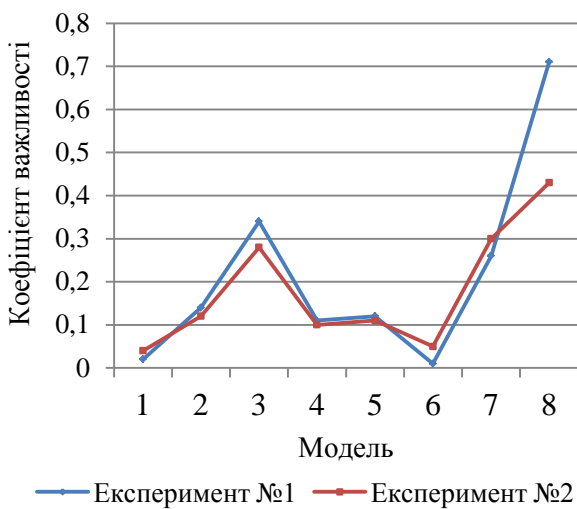


Рисунок 5 – Коефіцієнти важливості моделей

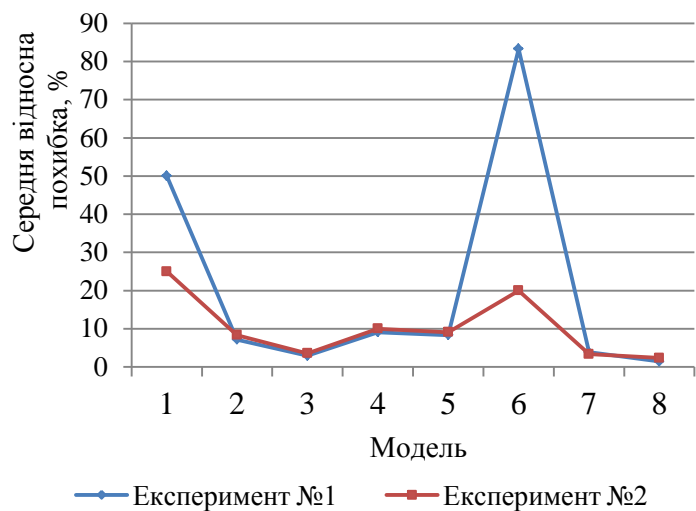


Рисунок 6 – Середня відносна похибка моделей

У четвертому розділі виконано формалізацію та розв'язано задачу оцінювання і вибору альтернативних варіантів при побудові КПС, яку в загальному вигляді можна сформулювати таким чином.

Нехай S – КПС, до якої належить множина елементів або підсистем $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$. Кожний елемент s_j є оптимальним (квазіоптимальним) у своєму класі, $j = \overline{1, n}$. Взаємодія і взаємозалежність між s_i і s_j на цьому етапі дослідження не враховується, $i, j = \overline{1, n}$, $i \neq j$. Необхідно визначити оптимальний елемент $s^* \in A(s)$.

Існує множина альтернативних елементів-претендентів $A(s) = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$. Всі елементи множини $A(s)$ мають набір однотипних характеристик $B(s) = (b_1, b_2, \dots, b_k)$. Значення кожної характеристики належить певній множині $b_j \in \Xi_j$, $j = \overline{1, k}$ і є кількісним показником виконання деякої функції або показником

ефективності. Критерієм ефективності елемента є інтегральна залежність від показників ефективності.

Ідеальний елемент s^1 має найкращі характеристики $b_j^i, j = \overline{1, k}$:

$$\forall i \in \{1, 2, \dots, n\} B(s^1) = (\max_i b_1^i, \max_i b_2^i, \dots, \max_i b_k^i). \quad (17)$$

Найгірший елемент s^0 має найменші значення всіх характеристик:

$$\forall i \in \{1, 2, \dots, n\} B(s^0) = (\min_i b_1^i, \min_i b_2^i, \dots, \min_i b_k^i). \quad (18)$$

Очевидно також, що $\forall i \in \{1, 2, \dots, k\} \forall j \in \{1, 2, \dots, m\} b_j^i \in [\min_i b_j^i, \max_i b_j^i]$. Дані про значення характеристик елементів-альтернатив зведемо в матрицю $B = \{b_j^i\}_{i,j=1}^{m,k}$. Виконаємо нормування елементів матриці B , отримавши нову матрицю C за

формулою $c_{ij} = \frac{b_j^i - \min_j b_j^i}{\max_j b_j^i - \min_j b_j^i}$, тоді $c_{ij} \in [0, 1]$. Розрахуємо елементи матриці D ,

$$d_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_j c_{ij}}, \text{ тоді } d_{ij} \in [0, 1] \text{ і } \sum_j d_{ij} = 1, \forall i \in \{1, 2, \dots, m\} \forall j \in \{1, 2, \dots, k\}.$$

Вибір оптимального елемента $s^* \in A(s)$ пов'язаний з необхідністю розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації:

$$b_1 \rightarrow \max_{s \in A(s)}, b_2 \rightarrow \max_{s \in A(s)}, \dots, b_k \rightarrow \max_{s \in A(s)}, \quad (19)$$

при обмеженнях $b_i \in [\min_{s \in A(s)} b_i, \max_{s \in A(s)} b_i], i = \overline{1, k}$. Задачу (19) в нашому випадку може бути зведено до пошуку

$$\text{Arg min}_s d(s, s^1), \quad (20)$$

де d – функція відстані у просторі нормованих характеристик. Оскільки в ідеальному випадку $B(s^1) = (1, 1, \dots, 1)$, то задача (20) може бути зведена до такої:

$$F = \sum_{j=1}^k (1 - d_{ij}) \rightarrow \min_i \text{ або } F = \sum_{j=1}^k d_{ij} \rightarrow \max_i. \quad (21)$$

Розв'язуючи задачі (19)–(21), використовуємо метод адитивної згортки.

Іншим методом розв'язання задачі є метод ідеальної точки. Припустимо, що такою точкою є елемент S_{im} , значення кожної характеристики якого дорівнює найкращому значенню характеристики серед усіх відповідних елементів, тобто $d_j = \max_i d_{ij} \forall j = \overline{1, k}$. Отримаємо нову задачу пошуку

$$H = \sum_{j=1}^k (\max_i d_{ij} - d_{ij}) \rightarrow \min_i \quad (22)$$

при тих же обмеженнях.

Далі, виходячи з припущення, що характеристики є не однаково значущими, припишемо їм вагові коефіцієнти $W(s) = (w_1, w_2, \dots, w_k)$. Тоді задачі (21) і (22) будуть такими:

$$F^w = \sum_{j=1}^k w_j (1 - d_{ij}) \rightarrow \min_i \text{ або } H^w = \sum_{j=1}^k w_j (\max_i d_{ij} - d_{ij}) \rightarrow \min_i, \quad (23)$$

$$\text{де } \sum_{j=1}^k w_j = 1.$$

Для визначення коефіцієнтів $W(s)$ порівнюємо важливості характеристик. За методом аналізу ієрархій Сааті зводимо їх у матриці $T_i, i = \overline{1, l}$, де l – кількість експертів. Для кожної матриці знаходимо максимально власне число λ_i^{\max} і відповідний йому власний вектор $(w_i^1, w_i^2, \dots, w_i^k), i = \overline{1, l}$. Кожний елемент w_i^j буде вказувати на важливість j -ої характеристики, зазначеної i -м експертом. Якщо експерти однаково компетентні, то вагові коефіцієнти будуть такими:

$$w^j = \frac{\sum_{i=1}^l w_i^j}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^l w_i^j}, j = \overline{1, k}, \sum_{j=1}^k w^j = 1. \quad (24)$$

Якщо експерти не однаково компетентні, то їх компетентність можна визначити у вигляді вагових коефіцієнтів.

Для врахування взаємозв'язку характеристик, замість необхідності розв'язання

задач оптимізації типу (20)–(22), використовуємо експертні висновки. Припустимо, що в розв'язанні задач беруть участь q експертів з однаковою компетентністю. Характеристики елемента для кожного з експертів мають однакові пріоритети. Об'єктивізований підхід тоді полягає у такому. Для кожної характеристики будуємо систему індивідуальних переваг:

$$\begin{aligned}
 s_{i1}^1 &\leq s_{i2}^1 \leq \dots \leq s_{im}^1, \\
 s_{i1}^2 &\leq s_{i2}^2 \leq \dots \leq s_{im}^2, \\
 &\dots\dots\dots, \\
 s_{i1}^k &\leq s_{i2}^k \leq \dots \leq s_{im}^k.
 \end{aligned}
 \tag{25}$$

Нижні індекси в (25) визначають один із елементів із множини перестановок елементів $\{1, 2, \dots, m\}$. У загальному випадку визначення найкращого елемента – альтернативи можна здійснити з використанням різних методів: правила відносної більшості, правила відносної більшості з вибуванням, методів Борда, Кондорсе, Коупленда, Сімпсона, альтернативних голосів, правил послідовного або паралельного виключення.

Как правило, експерти впорядковують альтернативи, виходячи з суб'єктивізованих переваг: за значеннями однієї характеристики, комбінацією значень двох характеристик, за принципом домінування двох певних характеристик над двома іншими, середньоквадратичним відхиленням значень характеристик та ін. Тоді система (25) зводиться до такого виду:

$$\begin{aligned}
 s_{i1}^1 &\prec s_{i2}^1 \prec \dots \prec s_{im}^1, \\
 s_{i1}^2 &\prec s_{i2}^2 \prec \dots \prec s_{im}^2, \\
 &\dots\dots\dots, \\
 s_{i1}^k &\prec s_{i2}^k \prec \dots \prec s_{im}^k.
 \end{aligned}
 \tag{26}$$

Далі, використовуючи перераховані вище методи голосування, упорядковуємо альтернативи і знаходимо їх оцінки – ціле невід'ємне число. За індивідуальною перевагою будуємо колективне ранжування за відомими критеріями: середнього значення, компромісу і медіани Кемени-Снелла та отримуємо числові оцінки кожної

альтернативи: $v_1 = v(s_1), v_2 = v(s_2), \dots, v_m = v(s_m)$. Виконаємо їх нормування: $v_i' = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^m v_i}$,

тоді $v_i' \in [0, 1]$ і $\sum_{i=1}^m v_i' = 1$.

Запропонуємо інтегральний критерій оцінки елементів-альтернатив КПС:

$$G_1 = \alpha \cdot v_i' + (1 - \alpha) \cdot \sum_{j=1}^k d_{ij} \rightarrow \max_i, \quad (27)$$

де $\alpha \in (0,1)$ – коефіцієнт важливості складових цільової функції, що відображає суб'єктивні переваги ОПР як модифікацію задачі (21) і

$$G_2 = \alpha \cdot v_i' + (1 - \alpha) \cdot \sum_{j=1}^k (d_{ij} - \max_i d_{ij}) \rightarrow \max_i \quad (28)$$

як модифікацію (22), а також

$$G_3 = \alpha \cdot v_i' + (1 - \alpha) \cdot \sum_{j=1}^k w_j (d_{ij} - 1) \rightarrow \max_i$$

$$\text{або } G_4 = \alpha \cdot v_i' + (1 - \alpha) \cdot \sum_{j=1}^k w_j (d_{ij} - \max_i d_{ij}) \rightarrow \max_i \quad (29)$$

як модифікацію задачі (23). У цьому випадку оцінки $v_i, i = \overline{1, m}$ розраховуються з урахуванням вагових коефіцієнтів характеристик.

Наведено результати експериментальної верифікації розробленого КМВА (табл. 4). Розв'язувалася задача вибору маршрутизатора як елемента КПС із 500 доступних на ринку. Вибрали з них шість близьких за своїми характеристиками. Потім, після нормування характеристик, визначили оптимальний маршрутизатор, для чого використовували такі методи: адитивна згортка, ідеальна точка, адитивна згортка з ваговими коефіцієнтами, ідеальна точка з ваговими коефіцієнтами, система переваг і КМВА. Графічно результати представлені на рис. 7. За результатами експерименту КМВА підтвердив свою ефективність.

Таблиця 4 – Результати експериментальної верифікації

Альтернатива	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
Метод						
Адитивна згортка	0,198	0,908	0,956	0,182	0,797	0,603
Ідеальна точка	0,927	0,52	0,129	0,995	0,572	0,645
Адитивна згортка з W _(s)	0,016	0,15	0,211	0,079	0,116	0,128
Ідеальна точка з W _(s)	0,214	0,06	0,019	0,11	0,063	0,044
Система переваг	0,312	0,715	0,867	0,371	0,625	0,553
КМВА	0,214	0,421	0,715	0,335	0,521	0,389

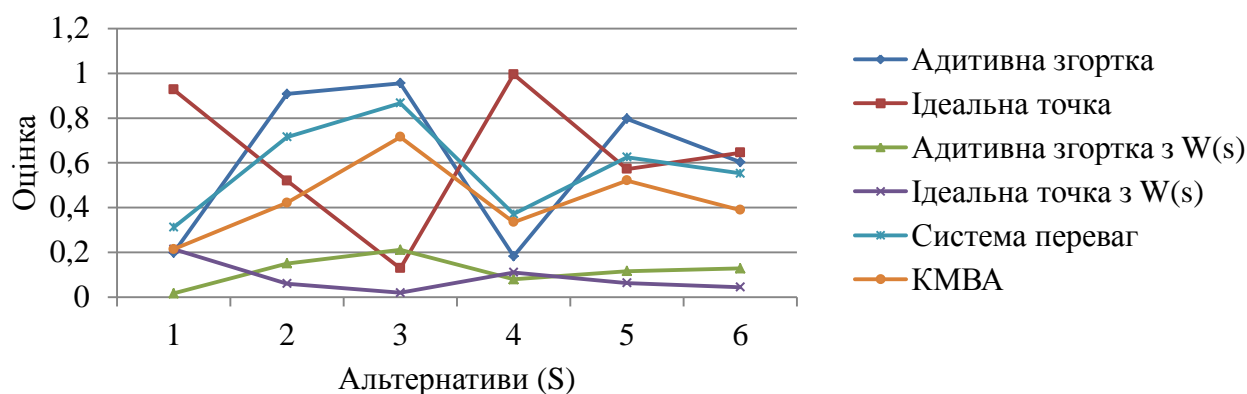


Рисунок 7 – Результати експериментальної верифікації KMVA

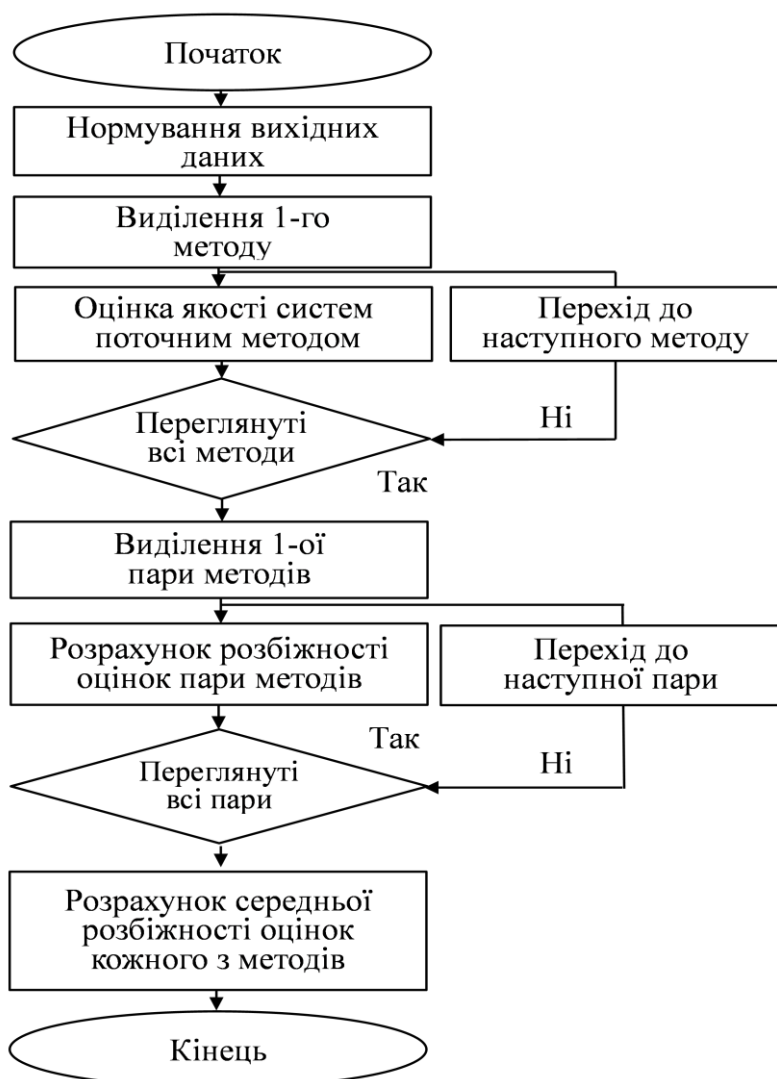


Рисунок 8 – Блок-схема алгоритму технології порівняння ефективності методів оцінювання і вибору альтернатив

Крок 2. Нормування характеристик.

Крок 3. Оцінювання альтернатив різними методами.

Таким чином, KMVA базується на композиційному поданні цільової функції. У методі об'єднані два підходи до визначення найкращої альтернативи: розв'язання задачі оптимізації цільової функції і зведення індивідуальних переваг до колективного ранжування. Метод дозволяє автоматизувати процес вибору і таким чином його об'єктивізувати.

Для порівняння ефективності різних методів оцінювання і вибору альтернатив була розроблена спеціальна технологія, зміст якої полягає у визначенні найкращого з групи методів за критерієм мінімуму середньої кількості змін упорядкування.

Запропонована технологія може бути алгоритмізована (рис. 8), і алгоритм містить такі кроки.

Крок 1. Підготовка даних у вигляді матриці «альтернативи-характеристики».

Крок 4. Попарне порівняння результатів упорядкування альтернатив. Отримання матриці розбіжностей.

Крок 5. Розрахунок середньої розбіжності оцінок за результатами кожного з методів.

Крок 6. Визначення найбільш ефективного методу за критерієм мінімуму середньої кількості змін упорядкування.

Для проведення експериментів даний алгоритм був програмно реалізований на мові C ++. За допомогою даної програмної реалізації проводилися практичні дослідження, порівняння результатів рішення задачі впорядкування різними методами оцінки та вибору, в тому числі і КМВА. Було проведено 480 обчислювальних експериментів для різних за змістом і формальними властивостями вихідних даних. За результатами кожного експерименту визначалася кількість оптимальних альтернатив n кожним з i методів. Причому $n \leq N$, де N – кількість експериментів. Потім розраховувалася частота знаходження оптимальної альтернативи i -м методом:

$$v_i = \frac{n_i}{N}. \quad (30)$$

За результатами всіх експериментів визначався метод, який показав максимальну частоту знаходження оптимальної альтернативи. Порівнюючи результати впорядкування за цим методом з результатами, отриманими за допомогою КМВА, знаходилася кількісна оцінка зменшення частоти вибору неоптимальної альтернативи:

$$\Delta v = \max v_i - v_{KMBA}, \quad (31)$$

де $\max v_i$ – максимальна оцінка частоти знаходження оптимальної альтернативи i -м методом;

v_{KMBA} – оцінка частоти знаходження оптимальної альтернативи за допомогою КМВА.

Аналіз результатів проведених експериментів дозволяє зробити висновок, що в 96% випадках оцінка, отримана за допомогою КМВА, є найкращою:

$$v_{KMBA} = \frac{n_{KMBA}}{N} = 0,96. \quad (32)$$

У результаті частота вибору неоптимальної альтернативи знижується в середньому на 29%:

$$\Delta v_{KMBA} = |\max v_i - v_{KMBA}| \cdot 100\% = 29\%, \quad (33)$$

що експериментально підтверджує ефективність КМВА.

У п'ятому розділі розглянуті особливості створення інформаційно-технологічної інфраструктури (ІТІ) КІС, що представляє єдиний, узгоджено працюючий комплекс програмних, технічних, обчислювальних, комунікаційних, інформаційних та організаційно-технологічних засобів забезпечення функціонування підприємства, а також засобів управління ними.

Особливу увагу приділено організації комплексної інформаційної безпеки як однієї з найважливіших складових ІТІ. Запропоновано архітектуру системи корпоративної інформаційної безпеки, її основні елементи та комплекс засобів, що дозволяє реалізувати надійний ешелонований захист КІС. Визначено основні критерії вибору ІТІ КІС.

Одним із завдань, що вирішуються в рамках побудови ІТІ КІС, є завдання організації каналів зв'язку, які можуть створюватися на базі різних технологій: дротових, бездротових і супутникових. Для обґрунтованого вибору оптимальної технології організації каналу зв'язку пропонується проводити його з урахуванням їх значущих характеристик. Оскільки основними вимогами до каналів зв'язку є висока швидкість, надійність і якість, до таких значущих характеристик ліній зв'язку $\{M\}$, які безпосередньо впливають на її ефективність, можна віднести пропускну здатність P , достовірність передачі даних R , затримку D і джиттер J .

Пропускна здатність лінії характеризує максимально можливу швидкість передачі даних по лінії зв'язку.

Достовірність передачі даних характеризує ймовірність спотворення для кожного переданого біта даних. Іноді цей же показник називають інтенсивністю бітових помилок.

Затримка в комп'ютерних мережах – тривалість проміжку часу між відправленням даних одним каналоутворюючим пристроєм-передавачем і отриманням даних іншим каналоутворюючим пристроєм-приймачем.

Джиттером в області телекомунікацій називається абсолютне значення зміни величини затримки передачі даних (кадрів) у каналі зв'язку.

З огляду на те, що ми будемо вирішувати завдання пошуку оптимальної альтернативи побудови каналу зв'язку шляхом визначення максимального інтегрального критерію ефективності, то як показник ефективності джиттера будемо приймати зворотну йому величину.

Розв'язання даної задачі можливо за допомогою визначення адитивних критеріїв ефективності альтернатив.

Припустимо, що існує велика кількість альтернативних варіантів організації каналів зв'язку $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$; безліч функцій, які вони виконують, $F = \{f_1, f_2, \dots, f_k\}$; множина показників ефективності виконання кожної функції $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_k\}$. Необхідно розв'язати задачу пошуку оптимальної альтернативи:

$$S^* = \underset{s \in S}{\operatorname{Argmax}} E(s), \quad (34)$$

де $E(s)$ – інтегральний критерій ефективності.

Перший метод. Припустимо, що значення показників ефективності для кожної альтернативи відомі і зведені в матрицю $Z^* = (z_{ij})_{i,j=1}^{n,k}$, де z_{ij} – значення j -го показника ефективності i -ої альтернативи.

Всі значення показників ефективності є нормованими рівнозначними величинами, тоді інтегральний критерій ефективності може бути розрахований за формулою

$$E(s_i) = \sum_{j=1}^k Z_{ij}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (35)$$

Розв'язання задачі (34) зводиться до визначення

$$\max \{E(s_1), E(s_2), \dots, E(s_n)\}. \quad (36)$$

Якщо показники ефективності мають різні значення, то вираз (35) набуває такого вигляду:

$$E(s_i) = \sum_{j=1}^k w_j z_{ij}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (37)$$

де w_j – вагові коефіцієнти, значення яких підлягають визначенню. За допомогою методу ієрархій Сааті формується матриця попарних порівнянь $A = (a_{ij})_{i,j=1}^n$ і розв'язується рівняння $Aw = \lambda w$, де λ – власне число, w – власний вектор. Компоненти власного вектора w_j , що відповідають максимальному власному числу, і будуть шуканими ваговими коефіцієнтами у формулі (37), далі розв'язують задачу (36).

Другий метод визначення оптимальної альтернативи без використання формул (35) і (37). Аналогічно описаному вище способу знаходять вагові коефіцієнти $w_j, j = \overline{1, k}$ показників ефективності. Далі здійснюють синтез локальних пріоритетів. Для цього для кожного показника ефективності будується матриця попарних порівнянь альтернатив $A^l = (a_{ij}^l)_{i,j=1}^n, l = \overline{1, k}$. Для кожної матриці обчислюються вектори $w^l = (w_1^l, w_2^l, \dots, w_n^l)$, компоненти яких будуть вказувати на l -ий показник ефективності i -ої альтернативи, $i = \overline{1, n}$. Використовуючи вираз

$$\eta_i = \sum_{j=1}^k w_j \cdot w_i^j, \quad i = \overline{1, n} \quad (38)$$

і визначаючи $\max\{\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n\}$, знаходимо відповідний оптимальний варіант.

Розроблені методи визначення оптимальних варіантів з альтернативних є нескладними в реалізації і мають теоретичне обґрунтування. Також їх перевагою є використання в розрахунках технічних параметрів ліній зв'язку, які мають кількісні фізичні характеристики, що підвищує об'єктивізацію результатів і в кінцевому рахунку прийняття рішень.

У шостому розділі наведено класифікацію СППР, описано її архітектуру, структуру та їх особливості. Розроблено СППР для вибору елементного базису КПС. Для розробки було використано середовище програмування Borland C++. В основу покладено ряд принципів, необхідних для забезпечення ефективності СППР: повнота класів науково-практичних завдань, моделей, методів і алгоритмів; можливість гнучкого завдання методики дослідження і автоматичного вибору методу аналізу; модульна структура, що забезпечує адаптивність і простоту модифікації; підтримка можливостей візуалізації та інтерактивного діалогу з ОПР; наявність зовнішніх інтерфейсів для обміну даними; підтримка сценаріїв протоколювання і генерації звітів.

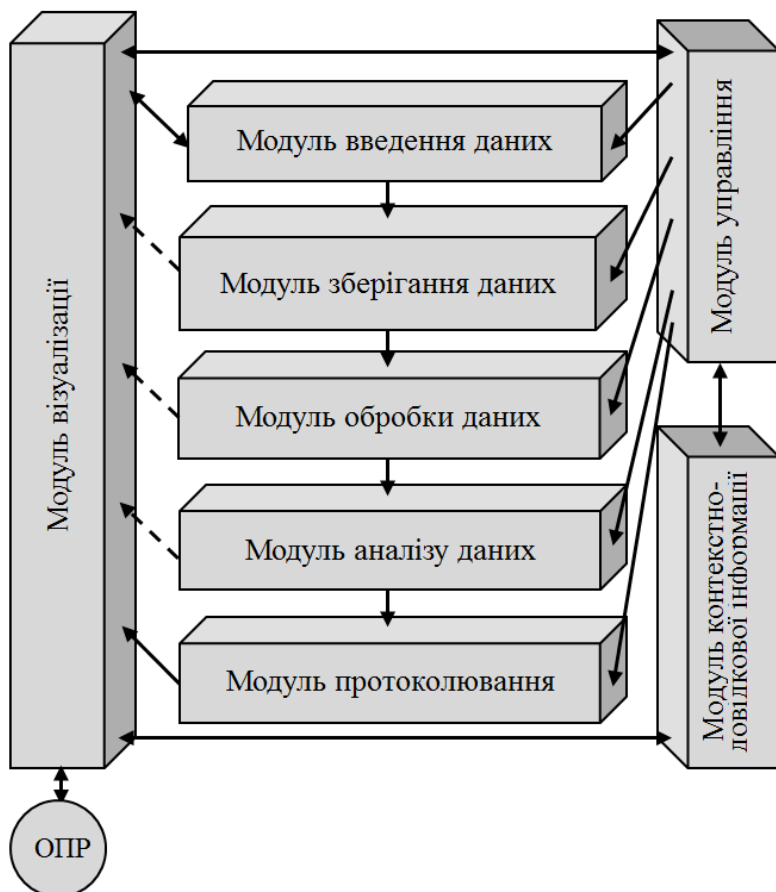


Рисунок 9 – Функціональна структура СППР

Модуль введення даних дозволяє готувати і коригувати вихідні дані, а також дає можливість ОПР вводити дані, підготовлені поза даної СППР, зберігати і відновлювати задану конфігурацію СППР для проведення дослідження та результати обробки вихідних даних.

СППР складається з 8 модулів: управління, візуалізації, контекстно-довідкової інформації, введення, зберігання і обробки, аналізу і протоколювання (рис. 9).

Модуль управління служить для синхронізації роботи всіх модулів СППР і організації взаємодії з ОПР. З його допомогою здійснюються проведення дослідження та вибір необхідних для цього методів і моделей.

Модуль контекстно-довідкової інформації призначений для інформування ОПР у процесі його роботи з СППР про можливі алгоритми дій і попередження про можливі помилки.

Модуль візуалізації служить для графічного відображення досліджуваних альтернатив і результатів їх аналізу.

Модуль зберігання даних дозволяє зберігати дані, оптимізовані для виконання аналітичних операцій. Являє собою БД певної структури, яка забезпечує швидке виконання аналітичних запитів. Дані з БД можуть використовуватися безпосередньо ОПР для розрахунків за допомогою математичних моделей.

Модуль обробки даних здійснює обробку вихідних даних за допомогою статистичних методів, OLAP-технологій, Data Mining або їх комбінації і / або перевірку узгодженості та достовірності експертних оцінок.

Модуль аналізу даних служить для проведення дослідження альтернатив математичними методами і методами обробки інформації, одержуваної від експертів. Він включає в себе блоки, які реалізують різні методи аналізу альтернатив.

Модуль протоколювання надає можливість документувати вихідні дані, оброблені дані і результати аналізу шляхом виведення інформації в текстові файли або на принтер.

Проведені дослідження дозволили визначити такі математичні методи аналізу альтернатив для включення до складу СППР.

Для нормування вихідних даних: пропорційне, пропорційно-степеневе, логарифмічне, логарифмічно-степеневе, відносно-середнє, щодо екстремуму, до одиниці, рівнєве. Також передбачена можливість вибіркового нормування, що дозволяє визначати індивідуальний вид нормування для кожної характеристики з представленого в СППР набору. Для класифікації досліджуваних альтернатив використовуються такі методи кластерного аналізу, як внутрішньогрупові середні, м'якого взаємного поглинання, жорсткого взаємного поглинання.

Для розв'язання задачі оцінювання та вибору використано методи згортки (середньозважене арифметичне, середньозважене геометричне, середньозважене гармонійне, середньозважене квадратичне, середньозважене степеневе); методи введення метрик (Евклідова відстань, L_1 -норма, L_n -норма, супремум-норма); методи експертних оцінок (безпосередньої оцінки, ранжування, парних порівнянь); КМВА.

Також у розділі описано технологію застосування СППР при виборі елементного базису КПС, який можна представити таким чином (рис. 10):

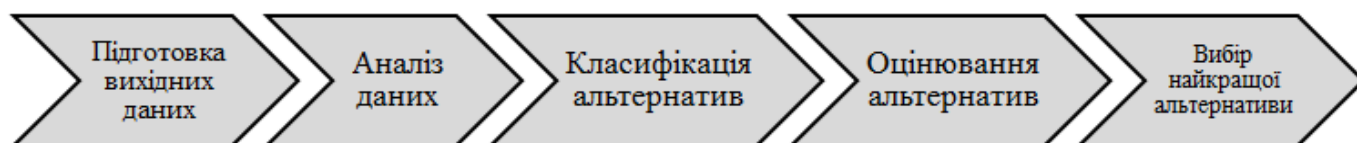


Рисунок 10 – Технологія застосування СППР при виборі елементного базису КПС

Впровадження описаних у даному розділі інструментальних засобів підтримки прийняття рішень дало можливість автоматизувати і об'єктивізувати процес вибору елементного базису КПС.

У сьомому розділі представлені результати практичної реалізації розроблених принципів, моделей, методів та інструментальних засобів підтримки прийняття рішень при створенні КПС, які підтверджують можливість і ефективність їх застосування для різних предметних областей.

У заключному розділі дослідження розглянуто особливості та практичні аспекти побудови КІС: ВАТ «ЕК Житомиробленерго», ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», ТОВ «ДТЕК», АТ «Ощадбанк», ВАТ «Укресімбанк», ПрАТ «Страхова Компанія «ПРОВІДНА», ЗАТ «ВТБ БАНК», ВАТ «Укртелеком», ПрАТ «Київстар», ПрАТ «Датагруп», ТОВ «Українські новітні технології».

На прикладі зазначених проектів продемонстровано, як можна, використовуючи розроблені в даному дослідженні принципи, моделі, методи та інструментальні засоби підтримки прийняття рішень, будувати КІС на різних програмно-апаратних платформах для різних галузей економіки: паливно-енергетичної, металургійної, фінансової, зв'язку.

У ході реалізації цих проектів також накопичений практичний досвід з формування та обґрунтування набору вимог і відповідної їм функціональної структури КІС, послідовності завдань, що вирішуються в ході їх інтеграції, методології прийняття рішень при виборі елементного базису і використанні для цього розроблених інструментальних засобів підтримки прийняття рішень.

ВИСНОВКИ

У дисертаційному дослідженні сформульовано і вирішено науково-прикладну проблему, що має важливе господарське значення, яка полягає в підвищенні ефективності процесу побудови КІС за рахунок розробки концептуальних основ, моделей, методів та інструментальних засобів підтримки прийняття рішень.

При цьому отримані такі нові теоретичні, методичні та практичні результати:

1. Запропоновано концептуальні основи побудови КІС, які базуються на використанні єдиної мультисервісної мережі, що забезпечує передачу голосу, відеозображення і даних. Запропоновані принципи і концепція створюють основу для побудови КІС як єдиного комплексу програмно-апаратних засобів для різних галузей економіки.

2. Розроблено концептуальну модель КІС, яка є основою для створення універсальної технології побудови КІС з представленого на ринку набору промислових програмних і апаратних засобів. Передбачені моделлю механізми взаємодії компонентів дозволяють оперативнo нарощувати функціональність КІС, інтегрувати її з іншими системами. Основною перевагою моделі є її інваріантність.

3. Запропоновано формальне подання КІС як сукупності математичних моделей будови, функціонування і розвитку, що є додатковим інформаційним фактором, який дозволяє здійснювати структурування процесу створення і функціонування КІС. Крім того, запропоновані моделі утворюють базис для формування критеріїв, які будуть використані при прийнятті рішень щодо вибору оптимальної альтернативи.

4. Розроблено метод формування інтегрального критерію оцінки ефективності КІС, який базується на використанні ансамблю моделей, що «дають поради». Визначення вагових коефіцієнтів, які вказують на їхню значущість, дозволяє

побудувати критерій ефективності, що є інтегральним показником якості альтернатив, значення якого обчислюються без втручання людини, що дозволяє зменшити невизначеність і мінімізувати суб'єктивізм процесу прийняття рішень.

5. Розроблено метод композиційного вибору альтернативних варіантів елементного базису КПС, в якому об'єднані два підходи визначення найкращої альтернативи: розв'язання задачі оптимізації цільової функції і зведення індивідуальних переваг до колективного ранжування. Запропонований метод дозволяє прискорити процес вибору і об'єктивізувати його.

6. Для порівняння ефективності різних методів оцінювання і вибору альтернативних варіантів вдосконалено технологію визначення найкращого з групи методів за критерієм мінімуму середньої кількості змін упорядкування альтернатив і запропонований алгоритм її реалізації.

7. Отримала подальший розвиток технологія аналізу експертних висновків шляхом застосування послідовності методів виявлення неоднорідності висновків експертів, що дозволяє прискорити визначення їх узгодженості та достовірності.

8. Отримали подальший розвиток методи вибору альтернатив за допомогою адитивної згортки, які дозволяють визначити оптимальну технологію організації каналів зв'язку з використанням значимих характеристик і урахуванням їх вагових коефіцієнтів.

9. Розроблено СППР, що дозволяє здійснювати вибір елементного базису КПС, який скорочує час, що витрачається на цей процес, і об'єктивізує його.

10. Для одержаних теоретичних результатів виконана експериментальна верифікація, яка підтвердила їх достовірність та ефективність. Впровадження результатів дослідження в ряді організацій підтверджує універсальність запропонованих технологій і їх інваріантність до предметних областей.

Виконана в дисертації кількісна оцінка підвищення ефективності побудови КПС свідчить про скорочення часу, що витрачається на цей процес, від 24% до 36% і зменшення фінансових витрат від 7% до 12%.

У цілому отримані результати у вигляді концептуальних основ, моделей, методів та інструментальних засобів підтримки прийняття рішень створюють методологію побудови КПС для різних галузей економіки з використанням різних програмно-апаратних платформ.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Лисецький Ю. М. Інформаційні системи і технології у менеджменті: монографія / Лисецький Ю. М. – Київ: Логос, 2014. – 417 с.

2. Лисецький Ю. М. Інформаційні системи в управлінні економікою: колективна наукова монографія / Ю. М. Лисецький // Проблеми та перспективи розвитку економічної кібернетики. – Київ, 2014. – С. 65–80.

3. Лисецкий Ю. М. Концептуальная модель территориально распределенной корпоративной интегрированной информационной системы / Ю. М. Лисецкий // Математичні машини і системи. – 2014. – № 1. – С. 108–113.

4. Лисецкий Ю. М. Формирование интегрального критерия эффективности в задачах выбора оптимального проектного варианта / Ю. М. Лисецкий, В. Е. Снитюк // Математичні машини і системи. – 2015. – № 1. – С. 157–163.

5. Лисецкий Ю. М. Композиционный метод формирования элементной базы корпоративной интегрированной информационной системы / Ю. М. Лисецкий, В. Е. Снитюк // Математичні машини і системи. – 2016. – № 2. – С. 102–108.

6. Лисецкий Ю. М. Выбор сложных систем по критерию минимума среднего риска / Ю. М. Лисецкий // Управляющие системы и машины. – 2007. – № 3. – С. 22–25.

7. Лисецкий Ю. М. Об автоматизации экспертных оценок / Ю. М. Лисецкий, Н. П. Каревина // Математичні машини і системи. – 2008. – № 1. – С. 151–162.

8. Лисецкий Ю. М. Алгоритм сравнения методов комплексной количественной оценки качества сложных систем / Ю. М. Лисецкий // Программные продукты и системы. – 2012. – № 4. – С. 153–156.

9. Лисецкий Ю. М. Сложные системы / Ю. М. Лисецкий // Программные продукты и системы. – 2005. – № 3. – С. 2–5.

10. Лисецкий Ю. М. Проблемы построения интегрированных информационных систем с заданными свойствами / Ю. М. Лисецкий // Управляющие системы и машины. – 2009. – № 4. – С. 23–25.

11. Лисецкий Ю. М. Дослідження підприємств за допомогою системного підходу / Ю. М. Лисецкий // Математичне моделювання в економіці. – 2014. – № 1. – С. 159–166.

12. Лисецкий Ю. М. Проблемы построения интегрированных информационных систем с заданными свойствами / Ю. М. Лисецкий // Управляющие системы и машины. – 2009. – № 4. – С. 23–25.

13. Лисецкий Ю. М. Каналы связи как средство интеграции территориально распределенных структур / Ю. М. Лисецкий // Управляющие системы и машины. – 2014. – № 4. – С. 68–72.

14. Лисецкий Ю. М. Построение современного территориально распределенного центра обработки данных / Ю. М. Лисецкий // Программные продукты и системы. – 2008. – № 2. – С. 14–16.

15. Лисецкий Ю. М. Построение географически распределенной ИТ-инфраструктуры для страховой компании / Ю. М. Лисецкий // Программные продукты и системы. – 2009. – № 4. – С. 157–161.

16. Лисецкий Ю. М. Опыт построения корпоративной сети «АрселорМиттал Кривой Рог» / Ю. М. Лисецкий // Управляющие системы и машины. – 2012. – № 1. – С. 88–91.

17. Лисецкий Ю. М. Построение единой системной ИТ-инфраструктуры предприятия топливно-энергетического комплекса / Ю. М. Лисецкий // Управляющие системы и машины. – 2013. – № 5. – С. 4–8.

18. Лисецкий Ю. М. Корпоративная интегрированная информационная система энергораспределяющего предприятия / Ю. М. Лисецкий, С. И. Бобров // Управляющие системы и машины. – 2007. – № 4. – С. 3–9.

19. Лисецкий Ю. М. Пример построения корпоративной интегрированной информационной системы / Ю. М. Лисецкий, А. И. Бобров // Управляющие системы и машины. – 2007. – № 6. – С. 9–16, 23.

20. Лисецкий Ю. М. Построение корпоративной сети металлургического предприятия / Ю. М. Лисецкий // Программные продукты и системы. – 2012. – № 1. – С. 84–85.

21. Лисецкий Ю. М. Опыт построения корпоративной интегрированной информационной системы / Ю. М. Лисецкий // Программные продукты и системы. – 2007. – № 2. – С. 26–29.

22. Лисецкий Ю. М. Информационные технологии в обработке и хранении экономической информации / Ю. М. Лисецкий // П'ята міжнар. наук.-практ. конф. «Інформаційні технології, системний аналіз і моделювання соціоекологіоекономічних систем», (Київ, 19–20 березня 2014 р.). – Київ, 2014. – С. 79–81.

23. Лисецкий Ю. М. Корпоративная мультисервисная сеть банка. Пример построения / Ю. М. Лисецкий // Программные продукты и системы. – 2013. – № 3. – С. 215–219.

24. Лисецкий Ю. М. Особенности построения современной беспроводной корпоративной сети / Ю. М. Лисецкий, Н. П. Каревина // International Journal «Information Technologies&Knowledge». – 2014. – Vol. 8, N 2. – P. 141–146.

25. Лисецкий Ю. М. Опыт построения информационно-технологической инфраструктуры территориально распределенного предприятия / Ю. М. Лисецкий, Н. П. Каревина // Математичні машини і системи. – 2009. – № 2. – С. 85–93.

26. Лисецкий Ю. М. Опыт построения магистральной DWDM-сети оператора мобильной связи / Ю. М. Лисецкий, Н. П. Каревина // Управляющие системы и машины. – 2010. – № 4. – С. 72–76.

27. Лисецкий Ю. М. Национальная сеть беспроводного доступа в Интернет / Ю. М. Лисецкий, С. И. Бобров, А. И. Бобров // Управляющие системы и машины. – 2007. – № 5. – С. 81–85.

28. Лисецкий Ю. М. Корпоративные системы хранения данных. Построение / Ю. М. Лисецкий // Управляющие системы и машины. – 2013. – № 6. – С. 68–71.

29. Лисецкий Ю. М. Катастрофоустойчивые решения. Пример построения территориально распределенной кластерной системы / Ю. М. Лисецкий // Управляющие системы и машины. – 2010. – № 1. – С. 19–23.

30. Лисецкий Ю. М. Опыт построения корпоративного центра обработки данных национального масштаба / Ю. М. Лисецкий, А. И. Бобров // Управляющие системы и машины. – 2008. – № 6. – С. 82–87.

31. Лисецкий Ю. М. WiMAX-сети. Реализации и перспективы / Ю. М. Лисецкий, С. И. Бобров // Управляющие системы и машины. – 2008. – № 4. – С. 88–92.

32. Лисецкий Ю. М. Метод итерационного выбора сложных систем / Ю. М. Лисецкий // Информатизация и управление: сб. ст. – Т. 2: Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня. – М.: Издательство «Мир горной книги», 2008. – № ОВ10. – С. 30–36.

33. Лисецкий Ю. М. Проект «Радиоспот» / Ю. М. Лисецкий // Прикладное программное обеспечение: сб. научн. трудов. – Москва: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики», 2008. – С. 27–33.

34. Лисецкий Ю. М. Корпоративная интегрированная информационная система для энергетиков / Ю. М. Лисецкий, С. И. Бобров // Моделювання та інформаційні технології. Спецвипуск. Інформаційні технології в енергетиці: зб. наук. пр. – Київ: Національна академія наук України, Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2006. – С. 91–94.

35. Лисецкий Ю. М. Корпоративные системы информационной безопасности / Ю. М. Лисецкий, В. Н. Решетников, А. Н. Сотников // XIII междунар. науч.-практ. конф. «Информатизация и информационная безопасность», (Москва, 25–26 мая 2004 г.). – Москва, 2004. – С. 440–444.

36. Лисецкий Ю. М. Особенности создания сети беспроводного доступа в интернет на базе хот-спотов / Ю. М. Лисецкий, С. И. Бобров // 17-я междунар. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии», (Севастополь, 10–14 сентября 2007 г.). – Севастополь, 2007. – С. 239–241.

37. Лисецкий Ю. М. WiMAX – высокоэффективная беспроводная «последняя миля» / Ю. М. Лисецкий, С. И. Бобров // Моделювання та інформаційні технології. Спецвипуск. Інформаційні технології в енергетиці: зб. наук. пр. – Київ: Національна академія наук України, Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України, 2007. – С. 21–29.

38. Лисецкий Ю. М. Метод выбора оптимальной альтернативы с использованием ансамбля «советующих» моделей / Ю. М. Лисецкий // Десята міжнар. наук.-практ. конф. «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2015», (Чернігів, 22–26 червня 2015 р.). – Чернігів, 2015. – С. 308–311.

39. Лисецкий Ю. М. Методы и модели выбора оптимальной альтернативы для формирования элементной базы корпоративной интегрированной информационной системы / Ю. М. Лисецкий, В. Е. Снитюк // Одинадцята міжнар. наук.-практ. конф. «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2016», (Київ – Жукин, 27 червня – 1 липня 2016 р.). – Київ – Жукин, 2016. – С. 335–339.

40. Лисецкий Ю. М. Методы выбора технологий организации каналов связи с помощью аддитивных критериев эффективности / Ю. М. Лисецкий // П'ята міжнар. наук.-практ. конф. «Інфокомунікації – сучасність та майбутнє», (Одеса, 29–30 жовтня 2015 р.). – Одеса, 2015. – С. 109–112.

41. Лисецкий Ю. М. Формальное представление корпоративной интегрированной системы как совокупности математических моделей / Ю. М. Лисецкий, В. Е. Снитюк // 17-th International Conference «System Analysis and

Information Technologies SAIT 2015» (Kyiv, 22 – 25 June 2015). – Kyiv, 2015. – P. 80–81.

42. Лисецкий Ю.М. Некоторые подходы к построению моделей сложных систем / Ю.М. Лисецкий // Восьма міжнарод. наук.-практ. конф. «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2013», (Київ – Жукин, 24–28 червня 2013 р.). – Киев – Жукин, 2013. – С. 326–330.

43. Лисецкий Ю. М. Математические модели и методы в технологии исследования сложных систем / Ю. М. Лисецкий // Дев'ята міжнар. наук.-практ. конф. «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2014», (Київ – Жукин, 23–27 червня 2014 р.). – Київ – Жукин, 2014. – С. 255–259.

44. Лисецкий Ю. М. Модель и система управления предприятием / Ю. М. Лисецкий // Всеукр. наук.-практ. конф. «Інформаційні та моделюючі технології», (Черкаси, 29–31 травня 2014 р.). – Черкаси, 2014. – С. 55.

45. Лисецкий Ю. М. Новые тенденции в построении корпоративной сетевой инфраструктуры / Ю. М. Лисецкий // Седьмая междунар. науч.-практ. конф. «Информационные процессы и технологии. Информатика-2014», (Севастополь, 22–26 апреля 2014 г.). – Севастополь, 2014. – С. 63–64.

46. Лисецкий Ю. М. Информационные технологии в обработке и хранении экономической информации / Ю. М. Лисецкий // П'ята міжнар. наук.-практ. конф. «Інформаційні технології, системний аналіз і моделювання соціоекологоекономічних систем», (Київ, 19–20 березня 2014 р.). – Київ, 2014. – С. 79–81.

47. Лисецкий Ю.М. Технологии OLAP как инструмент принятия управленческих решений / Ю. М. Лисецкий // Друга міжнар. наук.-практ. конф. «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці», (Черкаси, 24–26 квітня 2014 р.). – Черкаси, 2014. – С. 100–101.

48. Лисецкий Ю. М. Сетевые технологии обработки информации / Ю. М. Лисецкий // Четверта міжнар. наук.-практ. конф. «Інформаційні технології і комп'ютерна інженерія», (Вінниця, 28–30 травня 2014 р.). – Вінниця, 2014. – С. 248–251.

49. Лисецкий Ю. М. Виртуализация: динамика развития и перспективы / Ю. М. Лисецкий // Materials of the III International scientific-practical conference «Information Control Systems and Technologies», (Odessa, 23–25 September 2014). – Odessa, 2014. – P. 271–273.

50. Лисецкий Ю. М. Некоторые аспекты комплексной безопасности корпоративных сетей / Ю. М. Лисецкий // V міжнар. наук.-практ. конф. «Інформаційні управляючі системи та технології», (Одеса, 20–22 вересня 2016 р.). – Одеса, 2016. – С. 145–148.

51. Лисецкий Ю. М. Информационная безопасность: защита от DDoS-атак / Ю.М. Лисецкий // 16-th International Conference «System Analysis and Information Technologies SAIT 2014», (Київ, 26–30 May 2014). – Kyiv, 2014. – P. 405–406.

52. Лисецкий Ю. М. Исследование технологий широкополосного беспроводного доступа / Ю. М. Лисецкий, С. И. Бобров // Proc. of the Third

International Conference on «Informatics and computer technics problems» (PICT-2014), (Chernivtsi, 27–30 May 2014). – Chernivtsi, 2014. – P. 188–190.

53. Лисецкий Ю. М. Особенности систем поддержки операционных процессов для сетей нового поколения / Ю. М. Лисецкий, А. А. Куник // Четверта міжнар. наук.-практ. конф. «Інфокомунікації – сучасність та майбутнє», (Одеса, 30–31 жовтня 2014 р.). – Одеса, 2014. – С. 106–110.

54. Лисецкий Ю. М. Развитие систем поддержки операционных процессов операторов связи / Ю. М. Лисецкий // Третя міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених «Інфокомунікації – сучасність та майбутнє», (Одеса, 17–18 жовтня 2013 р.). – Одеса, 2013. – С. 73–77.

АНОТАЦІЯ

Лисецкий Ю. М. Інформаційні технології підтримки прийняття рішень при побудові корпоративних інтегрованих інформаційних систем. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, Київ, 2017.

Дисертація присвячена вирішенню важливої науково-прикладної проблеми підвищення ефективності процесу побудови КІС шляхом розробки концептуальних основ, моделей, методів та інструментальних засобів підтримки прийняття рішень.

Розроблено концептуальні основи побудови КІС, що є основою універсальної технології, інваріантної до програмно-апаратних платформ і галузі економіки.

Розроблено метод формування інтегрального критерію оцінки ефективності КІС, який базується на використанні ансамблю моделей, та метод композиційного вибору альтернативних варіантів елементного базису КІС.

Вдосконалено технологію порівняння ефективності методів оцінювання і вибору альтернатив. Отримали подальший розвиток методи вибору альтернатив за допомогою адитивної згортки, які дозволяють визначити оптимальну технологію організації каналів зв'язку, та технологія аналізу експертних висновків шляхом застосування послідовності методів виявлення їх неоднорідності.

Ключові слова: корпоративна інтегрована інформаційна система, концептуальні засади, інформаційно-технологічна інфраструктура, прийняття рішень.

АННОТАЦИЯ

Лисецкий Ю. М. Информационные технологии поддержки принятия решений при построении корпоративных интегрированных информационных систем. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, Киев, 2017.

Диссертация посвящена решению важной научно-прикладной проблемы повышения эффективности построения КИИС путем разработки концептуальных основ, моделей, методов и инструментальных средств поддержки принятия решений.

В теоретическом аспекте разработаны концептуальные основы построения КИИС, которые базируются на использовании единой мультисервисной сети, обеспечивающей передачу голоса, видеоизображения и данных. Предложенные принципы и концепция и создают основу для построения КИИС как единого комплекса программно-аппаратных средств для различных отраслей экономики.

Разработана концептуальная модель КИИС, которая является основой для создания универсальной технологии построения КИИС из представленного на рынке набора промышленных программных и аппаратных средств. Предусмотренные моделью механизмы взаимодействия компонентов позволяют оперативно наращивать функциональность КИИС, интегрировать ее с другими системами. Основным преимуществом модели является ее инвариантность.

Предложено формальное представление КИИС как совокупности математических моделей строения, функционирования и развития, являющихся дополнительным информационным фактором, позволяющим осуществлять структуризацию процесса создания и функционирования КИИС. Кроме того, предложенные модели образуют базис для формирования критериев, которые будут использованы при принятии решений по выбору оптимальной альтернативы.

Разработан метод формирования интегрального критерия оценки эффективности КИИС, который базируется на использовании ансамбля «советующих» моделей. Определение весовых коэффициентов, указывающих на их значимость, позволяет построить критерий эффективности, являющийся интегральным показателем качества альтернатив, значения которого вычисляются без вмешательства человека, что позволяет уменьшить неопределенность и минимизировать субъективизм процесса принятия решений.

Разработан метод композиционного выбора альтернативных вариантов элементного базиса КИИС, в котором объединены два подхода определению наилучшей альтернативы: решение задачи оптимизации целевой функции и сведение индивидуальных предпочтений к коллективному ранжированию. Предложенный метод позволяет ускорить процесс выбора и объективизировать его.

Для сравнения эффективности различных методов оценивания и выбора альтернативных вариантов усовершенствована технология определения наилучшего

из группы методов по критерию минимума среднего количества изменений упорядочения альтернатив и предложен алгоритм ее реализации.

Получила дальнейшее развитие технология анализа экспертных заключений путем применения последовательности методов выявления неоднородности мнений экспертов, что позволяет ускорить определение их согласованности и достоверности.

Получили дальнейшее развитие методы выбора альтернатив с помощью аддитивной свертки, которые позволяют определить оптимальную технологию организации каналов связи с использованием значимых характеристик и учетом их весовых коэффициентов.

Разработана СППР, позволяющая осуществлять выбор элементного базиса КИИС, что сокращает время, затрачиваемое на этот процесс и объективизирует его.

В целом полученные результаты в виде концептуальных основ, моделей, методов и инструментальных средств поддержки принятия решений создают методологию построения КИИС.

Достоверность и эффективность результатов подтверждена экспериментальными исследованиями, а также их внедрением в ряде организаций на разных программно-аппаратных платформах для различных отраслей экономики: топливно-энергетической, металлургической, финансовой и связи.

При этом:

- сокращение времени, затрачиваемое на разработку и построение КИИС, составляет от 24% до 36%;
- уменьшение финансовых затрат на разработку и построение КИИС составляет от 7% до 12%;
- существенно повышается объективность принятия решений с помощью СППР при выборе элементного базиса КИИС;
- значительно расширяется сфера применения модели КИИС благодаря ее универсальности и инвариантности к используемой программно-аппаратной платформе и отрасли экономики, для которой она создается.

Ключевые слова: корпоративная интегрированная информационная система, концептуальные основы, информационно-технологическая инфраструктура, принятие решений.

ABSTRACT

Lisetsky Y. M. Information Technologies of the Decision Support for the Implementation of the Corporate Integrated Information Systems – Manuscript.

Thesis for the Doctor of Technical Sciences degree for specialty 05.13.06 – Information Technologies. – Institute of Mathematical Machines and Systems Problems of NASU, Kyiv, 2017.

Thesis is devoted to solving essential scientific and applied problem of improving efficiency of CIIS implementation through development of conceptual framework,

models, methods and tools of decision support.

There was developed conceptual framework of CIIS implementation which is a basis for universal technology invariable to software, hardware platforms and target industry.

There were developed a method of forming integral criterion of CIIS efficiency estimation based on ensemble of models as well as method of compositional selection among alternative variants of CIIS components base.

There was advanced efficiency comparison technology for methods of estimation and alternatives selection. There were developed methods for alternatives selection with additive convolution enabling identification of optimal communication channels technology as well as technology of expert opinions analysis with sequence of methods of their irregularity detection.

Keywords: corporate integrated information system, conceptual framework, informational and technological infrastructure, making decisions.