

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

НЕСКОРОДЄВА ТЕТЯНА ВАСИЛІВНА

УДК 004.89:004.85:005:519.876.2

**МЕТОДОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ
ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ ДАНИХ СПІР АУДИТА**

05.13.06 – Інформаційні технології

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Донецькому національному університеті імені Василя Стуса Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант – **Федоров Євген Євгенович**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри робототехніки та спеціалізованих комп'ютерних систем Черкаського державного технологічного університету, м. Черкаси.

Офіційні опоненти: – **Цюцюра Світлана Володимирівна**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури, МОН України, м. Київ;

– **Корж Роман Орестович**, доктор технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи Національного університету «Львівська політехніка», МОН України, м. Львів;

– **Лахно Валерій Анатолійович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки Національного університету біоресурсів і природокористування, МОН України, м. Київ.

Захист відбудеться «9» грудня 2021 р. о 15.45 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.01 в Київському національному університеті будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України (03037, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31, ауд. 366).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03037, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31.

Автореферат розісланий «9» листопада 2021р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
доктор технічних наук, професор



М.І. Цюцюра

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Вивчення досвіду розвитку та удосконалення цифрових технологій економіки розвинених країн світу свідчить про стрімкий розвиток цього сегменту ринку ІТ-галузі та поширення цифрових трансформацій економіки.

За оцінками Європейської Комісії, побудова єдиного цифрового ринку ЄС може щорічно приносити в економіку ЄС до €415 млрд., створювати нові робочі місця, а також формувати суспільство, засноване на знаннях. Залежно від використовуваного визначення розмір цифрової економіки становить, за оцінками, від 4,5% до 15,5% світового ВВП. Згідно з результатами дослідження PwC у 2030 р. глобальний ВВП зросте на 14%, або на \$15,7 трлн. порівняно з 2020 р. внаслідок активного використання штучного інтелекту. До 2022 р. глобальна вартість штучного інтелекту досягне майже \$4 трлн. Фахівці Gartner вважають, що штучного інтелекту стане частиною стратегії цифрової трансформації і пріоритетом для інвестицій майже для третини компаній.

Глобальний ринок цифрової трансформації в 2019 році склав \$ 1,18 трлн. Як очікується, в 2023 році ринок виросте до \$ 2,3 трлн. Пандемія COVID-19 прискорила розвиток тренду цифровізації. За даними РБК, в 2021 році до інтернету речей (IoT) буде підключено 25 мільярдів пристроїв. Згідно з дослідженням ReportCrux Market Research очікувана виручка від продуктів AI в області IoT до кінця 2027 року становитиме близько \$ 15,72 млрд.

Підхід ЄС до цифрової трансформації означає посилення потенціалу кожного бізнесу та вирішення глобальних викликів і передбачений рамковими та стратегічними документами, такими як: Стратегія Єдиного цифрового ринку, Підключення до Європейського Гігабітного суспільства, стратегії Цифрова Європа 2025 та Програми розвитку загальноєвропейських стандартів у сфері телекомунікацій та цифрових технологій.

Щодо України цільовий (форсований) сценарій розвитку цифрової економіки передбачає перехід української економіки протягом 5–10 років до розвитку та появи в її структурі значної частки цифрової економіки (до 65% ВВП), досягнення у 2030Е номінального ВВП України 1 трлн дол. США. Цей сценарій включає системне державне стимулювання цифровізації секторів економіки та бізнесу. Головною мотивацією держави обрати цільовий сценарій розвитку є здатність цифрових технологій стрімко збільшувати продуктивність та ефективність економіки та бізнесу. Галузі, що їх використовують, зростають, згідно з даними Світового банку, VCG, Accenture, у 2–4 рази швидше, ніж у середньому за галузями.

Щодо сфери аудиту підприємств України, в публікаціях Державної фінансової інспекції України відмічається, що в умовах стрімкого розвитку інфраструктури та поглиблення інформатизації господарських процесів ефективність діяльності підприємств, установ та організацій дедалі більше залежить від інформаційних технологій (ІТ), що використовуються в системах управління. Нині середовище інформаційних технологій (ІТ-середовище) як структурна складова організації являє собою складну систему, яка об'єднує

різноманітні інформаційні, програмні, технічні, людські й інші види ресурсів для досягнення цілей організації, підприємства, установи.

Зважаючи на сучасні темпи розвитку цифрової економіки постійної уваги потребують питання розробки теоретичних основ автоматизованого аналізу великих обсягів різномірної інформації щодо об'єктів цифрової економіки для формування рекомендованих рішень. Аналіз нагальних питань управління об'єктами цифрової економіки показує, що в сучасних умовах першочергового вдосконалення потребують процеси інформаційного забезпечення прийняття рішень особами підрозділів управління економічними об'єктами та системами.

Таким чином, проблема створення теоретичного підґрунтя розробки автоматизованого аналізу великих обсягів різномірної інформації систем підтримки прийняття рішень аудиту для забезпечення оперативності та обґрунтованості прийняття рішень є актуальною.

До однієї з основних інформаційних задач, що вирішується особами, які приймають рішення, в автоматизованій системі аудиту є оцінка достовірності даних щодо об'єкту аудиту. Даний процес засновано на аналізі інформації предметної області аудиту, що завантажується з автоматизованих систем обліку та звітування до податкових та інших органів (управління статистики), відкритих баз комерційних платформ цифрової економіки.

Діяльність особи що приймає рішення (ОПР) з оцінки достовірності даних щодо об'єкту аудиту характеризується неможливістю фактичного спостереження за процесом збору даних предметної області, обмеженими часовими рамками на підготовку вироблення та прийняття рішення при великих обсягах вихідної інформації, що підлягає аналізу та обробці.

Аналіз даних предметної області проводиться ОПР на основі інформації у складі інформаційної моделі (ІМ) предметної області. ІМ є необхідною та обов'язковою складовою частиною системи інформаційного забезпечення (СІЗ) процесів прийняття рішень. Під інформаційною моделлю об'єкту аудиту цифрової економіки розуміємо організоване відповідно до певної системи правил відображення даних, що є необхідними для виконання функцій, покладених на оператора автоматизованих систем (АС) аудиту.

Для вдосконалення інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень ОПР при аудиті є потреба створення способів автоматизованої обробки й аналізу інформації про об'єкт аудиту.

Аналіз предметної області аудиту - складне багатокomпонентне завдання. Воно включає обробку різномірної інформації, а також підготовку рекомендацій щодо вибору елементів предметної області до яких застосовуються детальні аудиторські процедури перевірки по набору передумов, зокрема «Обачність», «Повнота», «Відповідність витрат і доходів», «Періодичність». Відбір, аналіз і обробка інформації для прийняття рішень на різних етапах аудиту покладено на ОПР. Рішення таких завдань в умовах неможливості фактичного спостереження за процесом збору даних предметної області при обмежених можливостях людини з обробки, аналізу і відбору інформації призводять до зниження оперативності, адекватності та обґрунтованості прийняття рішень.

Це вимагає створення теоретичних основ розробки функціональної моделі

предметної області аудиту, яка дозволяє формалізувати перетворення інформації в межах інформаційної моделі предметної області, для автоматизованого ефективного вирішення завдань аудиту.

Для розроблення моделей і методів аналізу інформації необхідно створити інформаційну технологію автоматизованого формування знань на основі функціональної моделі предметної області аудиту.

Питанням розроблення і впровадження інформаційних автоматизованих систем підтримки прийняття рішень і технологій аналізу даних, в тому числі з елементами штучного інтелекту (ШІ), присвячені наукові праці багатьох авторів, серед яких необхідно відзначити: Бушуєва С.Д., Бідюка П.І., Бодяньського Е.В., Глушкова В. М., Згуровського М. З., Зайченка В. П., Ізонина І. В., Івахненкова С.В., Коржа Р.О., Криводубського О.О., Михайленка В.М., Павлова О.А., Панкратової Н.Д., Субботина С.А., Литвиненка О.Є., Лахно В.А., Січко Т.В., Терентьєва О.О., Цюцюри С.В., Федорова Є.Є., Черняка О.І., Coderre D.G., Tibshirani R., Van Dijk J. C., Weber R., Williams P. та інших.

В існуючих теоретичних розробках АС рішення зазначених завдань аудиту у поданій постановці не реалізоване, відсутні системні підходи до розв'язання задач аналізу в системі аудиту. Це призводить до недостатньої оперативності аналізу даних предметної області аудиту і формування рекомендацій ОПР. При цьому існуючі АС не задовольняють ергономічним вимогам, в тому сенсі що їх використання потребує від ОПР високого рівня математичної і технічної підготовки, не в повній мірі відповідають специфіці діяльності ОПР в контексті перевірки передумов аудиту, а також не в достатньому ступені забезпечують інформаційну підтримку прийняття рішень з вибору області детальної аудиторської перевірки. Це визначає протиріччя між обмеженими можливостями існуючих методів аналізу, відсутністю методології комплексного аналізу за набором передумов і вимогами щодо оперативності, обґрунтованості оцінки та класифікації ОПР даних об'єктів цифрової економіки.

Це визначає проблему науково-прикладну проблему пов'язану з **розв'язанням протиріч** щодо вимог оперативності і обґрунтованості аудиту та великих обсягів даних предметної області об'єктів цифрової економіки, що підлягають аналізу.

Таким чином, **актуальність теми** дисертаційної роботи полягає у вирішенні науково-прикладної проблеми створення теоретичних основ розробки і впровадження інтелектуальної інформаційної технології аналізу даних в системі підтримки прийняття рішень для підвищення оперативності і обґрунтованості аудита об'єктів цифрової економіки.

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

Дисертаційна робота виконана в рамках пріоритетних напрямів науково-технічної діяльності Міністерства освіти і науки України: інформаційні та комунікаційні технології (згідно з Законом України від 12.10.2010 № 2519-17) та відповідає тематиці наукових досліджень і науково-технічних розробок Міністерства освіти і науки на 2019-2021 роки відповідно до наказу МОН України від 28.12.2018 р., № 1466. Назва пріоритетних тематичних напрямків: (34) Інтелектуальні інформаційні та інформаційно-аналітичні технології.

Інтегровані системи баз даних та знань. Національні ресурси. (37) Технології та засоби математичного моделювання, оптимізації та системного аналізу розв'язання надскладних завдань державного значення. (38) Технології та інструментальні засоби електронного урядування. Інформаційно-аналітичні системи, системи підтримки прийняття рішень. Ситуаційні центри.

Наукові дослідження виконані в межах науково-дослідних робіт, що проводилися за планами наукової та науково-технічної діяльності а ДонНУ імені Василя Стуса: «Економіко-математичні методи та моделі функціонування систем у нестабільному соціально-економічному середовищі», номер держреєстрації 0112U002345 (2012-2016); «Дослідження та комп'ютерно математичне моделювання складних систем та процесів у науці, освіті та інформаційно-комунікаційній діяльності підприємств», номер держреєстрації 0118U002394 (2018-2022); «Методи, моделі при розробці інтелектуальних, інформаційних технологій для високоефективних обчислювальних та локальних підсистем управління в проблемно-орієнтованих системах» номер держреєстрації 0106U004501 (2019-2023); "Дослідження впливу кліматичних факторів на обсяги споживання природного газу в житловому секторі" номер держреєстрації 0121U100738 (2020-2021); "Система локалізації, класифікації та трекінгу об'єктів у режимі реального часу за допомогою алгоритмів штучного інтелекту", номер держреєстрації: 0121U109526 (2020-2023).

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень є розв'язання науково-прикладної проблеми підвищення оперативності і обґрунтованості аудита об'єктів цифрової економіки, на підставі розробки методології створення інтелектуальної інформаційної технології аналізу даних в системі підтримки прийняття рішень аудита.

Для досягнення мети дослідження поставлені і вирішені наступні завдання:

- провести аналіз існуючих моделей, методів та інформаційних технологій автоматизованої переробки інформації в системах підтримки прийняття рішень аудиту об'єктів цифрової економіки;

- розробити метод створення інформаційної моделі предметної області аудиту для формалізації функціональної структури даних об'єктів цифрової економіки;

- створення функціональної моделі перетворень даних предметної області аудиту, яка дозволяє формалізувати перетворення інформації в межах інформаційної моделі предметної області, для формалізації автоматизованої переробки інформації;

- створити методи та моделі аналізу даних, які дозволяють автоматизувати формування знань, в межах функціональної моделі предметної області аудиту;

- розробити структуру та алгоритми інтелектуальної інформаційної технології обробки інформації в системі підтримки прийняття рішень аудиту;

- виконати кількісну оцінку розроблених моделей і методів, дослідити їх вплив на оперативність, обґрунтованість прийняття рішень при аудиті об'єктів цифрової економіки.

Об'єкт дослідження: процес аналізу даних аудита об'єктів цифрової

економіки.

Предмет дослідження: методологія створення інтелектуальної інформаційної технології аналізу даних СППР аудита об'єктів цифрової економіки.

Методи дослідження. Теорія і методи системного аналізу, теорія множин і функціонального аналізу, штучних нейронних мереж, методи паралельної та розподіленої обробки інформації.

Наукова новизна отриманих результатів:

Наукова новизна отриманих результатів полягає у отриманні теоретичних та практичних результатів щодо розробки і впровадження методології створення інтелектуальної інформаційної технології аналізу даних СППР аудита об'єктів цифрової економіки, а саме:

Вперше:

– запропоновано методологію створення інтелектуальної інформаційної технології аналізу даних СППР аудиту на основі методу узагальнено-множинної обробки інформації великих обсягів, що дозволяє вирішити проблему системного підходу та повноти аналізу даних предметної області та підвищення оперативності і обґрунтованості аудита об'єктів цифрової економіки.

– розроблено метод створення інформаційної моделі предметної області аудиту за передумовами «Обачність», «Повнота», «Відповідність витрат і доходів», «Періодичність» на трьох рівнях аудиту на основі теоретико-множинної моделі. Запропонований метод забезпечує:

- повноту аналізу за елементами та піделементами предметної області аудиту та їх властивостями, типами даних (нумерологічні, кількісні, текстові, логічні), відображеннями та їх напрямками (прямий і зворотний) за передумовами на трьох рівнях аудиту, що дозволяє підвищити обґрунтованість рекомендованих рішень аудиту;

- узагальнено-множинний експрес-аналіз предметної області аудиту, що дозволить скоротити кількість детальних аудиторських процедур на нижньому рівні та час перевірки, що підвищує оперативність прийняття рішень;

- структурування інформації предметної області аудиту, що дозволяє забезпечити автоматичну підготовку інформації необхідної для вирішення завдань аналізу на кожному рівні, за виділеними передумовами аудиту з урахуванням типу інформації.

– розроблено метод створення функціональної моделі перетворень елементів і піделементів предметної області аудиту на основі теоретико-множинної моделі:

- по чотирьох передумовах, які є підставою для автоматизації аналізу їх узагальнених властивостей по кожній передумові на верхніх рівнях системи аудиту і по атомарних елементах перевірки на нижньому рівні;

- за набором передумов, які є підставою для автоматизації аналізу їх узагальнених властивостей на одному рівні за всіма передумовами системи аудиту та за атомарними елементами перевірки на нижньому рівні;

- за чотирма видами інформації (нумерологічна, кількісна, текстова,

логічна), який забезпечує повноту аналізу узагальнених властивостей і визначення перевірку еквівалентності атомарних елементів і дозволяє зменшити предметну область аудиту.

– логіко-таксономічний метод аналізу узагальнених властивостей елементів і піделементів предметної області аудиту за чотирма видами на основі функціональної моделі перетворень даних, який забезпечує повноту і впорядкованість аналізу узагальнених властивостей у напрямку від простих до більш складних і дозволяє скоротити час аналізу, що підвищує оперативність і обґрунтованість прийняття рішень;

– розроблено логіко-нейромережевий метод аналізу інформації предметної області аудиту, який дозволяє автоматизувати вибір моделі обробки інформації в СППР аудиту і оптимізувати його залежно від наступних характеристик об'єкта і процесу аудиту: виду інформації, передумови та режиму перевірки, що дозволяють автоматизувати формування знань, в межах функціональної моделі перетворень даних предметної області аудиту;

– *Отримав подальший розвиток* метод автоматичної обробки інформації в напрямку автоматизації узагальнено-множинного аналізу даних часових рядів предметної області аудиту на підставі:

- нейромережевої моделі резервуарних обчислень, який на відміну від існуючих має більш просту структуру нейромережевої моделі, що прискорює навчання даної моделі для режиму експрес-перевірки системи аудиту;

- нейромережевої моделі шлюзових обчислень, який на відміну від існуючих використовує параметричну ідентифікацію на основі метаевристики, що підвищує точність прогнозу для режиму поглибленої перевірки системи аудиту.

– *Удосконалено* метод автоматичної обробки інформації в напрямку автоматизації узагальнено-множинного аналізу відображень даних предметної області аудиту, який на відміну від існуючих використовує композицію нейромереж, що дозволяє масштабувати моделі для оцінювання показників аудиту складних виробничих процесів, на основі:

- детермінованої рекурентної мережі, яка враховує зворотні і незворотні відходи, напівпродукти та представляє ваги нейромережевої моделі у вигляді часток сировини, напівпродуктів, готової продукції, зворотних і незворотних відходів, та виконує навчання на основі матриць асоціативних зв'язків, що дозволяє оцінювати показники зворотних і незворотних відходів;

- детермінованої нерекурентної мережі, яка враховує напівпродукти і представляє ваги нейромережевої моделі у вигляді узагальнених показників сировини, напівпродуктів, готової продукції, і виконує навчання нейромережевої моделі на основі субтрактивної кластеризації методу та k-середніх, що прискорює навчання даної моделі в режимі експрес-перевірки системи аудиту;

- стохастичної рекурентної мережі, яка враховує напівпродукти, використовує зв'язки між стохастичними нейронами тільки сусідніх шарів і нейрони Гауса у вхідному і вихідному шарі, і виконує навчання нейромережевої моделі на основі методу контрастивної дивергенції, що дозволяє підвищити

точність оцінювання в режимі поглибленої перевірки системи аудиту.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи підтверджуються: коректністю постановки задач дослідження і теоретичних положень, на яких ґрунтується їх розв'язання з урахуванням загальноприйнятих або обґрунтованих припущень, результатами комп'ютерних експериментів, перевіркою адекватності моделей, використанням математичних методів, що відповідають задачам досліджень, результатами експериментів перевірки запропонованих методів і моделей при створенні програмних компонентів СППР на стандартних наборах даних і під час впровадження і апробації результатів роботи, що підтверджено відповідними актами.

Практичне значення отриманих результатів:

– Розроблені процедури формалізації узагальнено-множинного представлення елементів і піделементів об'єктів цифрової економіки і зв'язків між ними для побудови інформаційної моделі предметної області аудиту за передумовами «Обачність», «Повнота», «Відповідність витрат і доходів», «Періодичність» на трьох рівнях аудиту, що дозволяє створити структуру бази даних з урахуванням задач аудиту передумов.

– Розроблені процедури формалізації узагальнено-множинних перетворень елементів і піделементів предметної області аудиту для побудови функціональної моделі перетворень даних предметної області аудиту, що дозволяє створити структуру бази знань СППР аудита, яка є основою для розв'язання задач аналізу за зазначеними передумовами.

– Створені алгоритми параметричної і структурної ідентифікації нейромережеских моделей, на підставі паралельної і розподіленої обробки інформації, які автоматизують формування знань для оцінки достовірності інформації, що дозволяє підвищити обґрунтованість (середня відносна помилка апроксимації не більше 7%), та оперативність прийняття рішень (у сотні разів в залежності від режиму перевірки), що підтверджується актом апробації.

– Створені структура та програмні компоненти СППР аудита, які реалізують паралельну і розподілену обробку інформації по передумовам «Повнота», «Обачливість», «Періодичність», «Відповідність доходів і видатків» і типам даних, що дозволило:

- зменшити матеріальні витрати на документальну перевірку у десятки разів у зв'язку зі зменшенням часу роботи аудитора;

- зменшити матеріальні витрати на документальну перевірку на 30% у зв'язку зі зменшенням кількості підприємств, що перевіряються;

в залежності від кількості записів, що перевіряються і наявної кількості фальсифікацій в них, що підтверджується актом апробації.

– Результати дисертаційного дослідження впроваджені: на ТОВ «САЙФЕР БІС», а саме: в межах аналітики руху засобів на банківських рахунках корпорації (холдингу, групи) було розроблено модуль аналізу системи аудита для системи дистанційного обслуговування клієнтів «ELPay»; апробовані у практичній діяльності Черкаської торгово-промислової палати, зокрема в ході сприяння розробки економічно-доцільних та ефективних регуляторних процедур

та проведення моніторингу щодо ефективності діяльності підприємств регіон; на базі інноваційно-спеціалізованих інжинірингових лабораторій ГО «Асоціація Ноосфера» в ході підготовки та проведення циклу онлайн вебінарів «Deep Learning». Все, що ви хотіли знати про глибинне навчання», онлайн вебінарів «Artificial Intelligence now – create your own personal assistant», що підтверджено відповідними актами впровадження та довідками апробації.

Особистий внесок здобувача.

Отримані наукові результати і наукові положення, що виносяться на захист, та висновки дисертаційної роботи були сформульовані та вирішені автором самостійно. Окремі етапи дослідження були проведені в співпраці. Результати цих досліджень відображено у відповідних публікаціях у співавторстві. Ступінь особистого внеску автора в цих публікаціях можна оцінити так:

у роботі [1] запропоновано метод автоматизації аналізу даних предметної області аудиту на основі модифікації моделі нейронної мережі машини рідких станів, метод її параметричної ідентифікації, та виконано їх апробацію при розв'язанні задачі прогнозування показників на основі даних відображення «сплачено-отримано»;

у роботі [2] запропоновано метод автоматизації аналізу даних предметної області аудиту на основі модифікації моделі нейромережі зустрічного розповсюдження, та удосконалення алгоритму навчання на основі k -середніх для визначення параметрів моделі в пакетному режимі;

у роботі [3] запропоновано метод автоматизації аналізу даних предметної області аудиту на основі вдосконалення навчання нейронної мережі з рекурентним шлюзовим блоком та виконано їх апробацію при розв'язанні задачі прогнозування показників на основі даних відображення «розрахунки з постачальниками – розрахунки з покупцями»;

у роботі [4] запропоновано метод попередньої обробки даних для аналізу на основі модифікації методу спектральної кластеризації шляхом автоматичного визначення кількості кластерів; параметра масштабу виконано їх апробацію для кластеризації послідовностей оплати та постачання сировини при автоматизації процедур перевірки їх відповідності;

у роботі [5] запропоновано метод автоматизації аналізу даних предметної області аудиту на основі вдосконалення навчання повної (двонаправленої) зустрічної нейронної мережі, який передбачає пакетний режим, виконано їх апробацію на даних надходження сировини та матеріалів для виробництва та виробленої продукції;

у роботі [21] запропоновано метод автоматизації аналізу даних предметної області аудиту безвідходного виробництва на основі нейромережевої моделі Гаусса-Бернуллі односпрямованої обмеженої машини Коші, метод її параметричної ідентифікації.

Апробація роботи. Основні результати роботи доповідалися, обговорювалися й одержали позитивну оцінку на: міжнародних конференціях: 1st International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security (IntelITSIS 2020); 2nd International Workshop on Modern

Machine Learning Technologies and Data Science (MoML&T&DS-2020); Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020); VII International Conference IT&I "Information technology and interaction", December, 02-04, Kyiv, 2020; «Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем» (2016, 2017, 2018), «Математичне та імітаційне моделювання систем» (2019). Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи) – 2015» (ComInt 2015), «Управління розвитком технологій» (2020) та інших.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 33 наукові праці, з яких: 21 наукова стаття у фахових виданнях України, 5 з яких опубліковані у виданнях, що індексуються в наукометричних базах даних Scopus та/або Web of Science, 12 матеріалів конференцій.

Структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаної літератури, 8 додатків. Робота містить 371 сторінок, у тому числі 343 сторінки основного тексту, 69 рисунків і 22 таблиць, 246 найменувань використаних джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, визначений зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету і визначено основні завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження, подано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів із вказівкою відомостей про впровадження результатів роботи, описано особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію результатів роботи і про публікації, а також структуру роботи.

У **першому розділі** проведено дослідження проблем аудиту підприємства на основі інформаційних технологій як об'єкту цифрової економіки.

На підставі аналізу даних нормативних документів зроблений висновок, що аудиторська діяльність и в Україні регламентується на основі міжнародних стандартів МСА (ISA), в той же час використання ІТ в аудиті описується загальними підходами та принципами і не стандартизовано. Також встановлено, що немає обмежень по методам аналізу, які можуть бути використані в процесі аудиту, а також способам їх автоматизації, так як відповідно до стандарту 520 «Аналітичні процедури в аудиті», аудитор може використовувати всі можливі методи і інструментарій якими він володіє.

Згідно П(с)БО (стаття 4 Закону про бухоблік) для досягнення цілей зовнішнього аудиту фінансової звітності необхідно перевірити виконання 10 передумов щодо даних предметної області аудиту. Аналіз дозволив визначити 4 передумови перевірка яких потребує обробки великих обсягів даних і як наслідок потребує автоматизації для забезпечення оперативності процесу аудита. А саме наступні передумови: «Обачність» P_1 , «Повнота» P_2 , «Відповідність витрат і доходів» P_3 , «Періодичність» P_4 .

На основі аналізу концепцій аудиту визначені наступні характеристики аудиту. Режими: експрес-аудит (задані показники часу); поглиблений аудит

(задані показники по точності). Етапи: аналіз даних; прийняття рішень про достовірність перевірених даних або наступних етапах перевірки. Обсяг даних, які обробляються (перевіряються, аналізуються): повний (всі дані предметної області аудиту за період перевірки); вибіркового (перевіряється (аналізуються) частина даних предметної області аудиту за період перевірки).

На основі дослідження підходів до аналізу даних визначені основні завдання застосування аналітичних процедур в залежності від рівня, етапу та об'єкта аудиту: вивчення закономірностей діяльності економічного суб'єкта; скорочення числа детальних аудиторських процедур на нижніх рівнях; виявлення фактів викривлення бухгалтерської звітності; забезпечення тестування з метою отримання відповідей на конкретні питання. Основні вимоги до інформаційної технології аналізу повинні забезпечувати формування рекомендованих рішень для завдань аудиту за умови скорочення числа детальних аудиторських процедур.

Аналіз характеристик користувачів та предметної області аудиту виконаний в роботі включає аналіз структурних складових системи аудиту у контексті використання ІТ обліку та проектування СППР аудиту: характеристик користувачів систем аудиту; аналіз структури підприємства як об'єкта аудиту та управління; функціональні особливості обліку характеристик підприємства, як змінних предметної області; взаємозв'язки змінних бухгалтерського обліку, як правила предметної області аудиту; функціональні особливості інформаційних технологій обліку. В результаті було сформовано набір логіко-формальних, математичних моделей, які описують перелічені складові предметної області аудиту і схема реалізації зв'язків даних предметної області аудиту в ІТ-середовищі підприємства (рис.1) при розрахунку показників предметної області аудиту на трьох рівнях $S_e^g(T), S_e^g(T), (e, g) \in G, C_s(T), Ob_s^d(T), Ob_s^k(T), s \in S, \Phi_k, k = \overline{1,4}$ (де S - сума часткових оборотів; e, g, s - номери рахунків; $(e, g), G$ - кореспонденція і граф кореспонденції рахунків відповідно; S - множина рахунків, Ob - оборот; C - залишок; k, Φ_k - номер і форма фінансової звітності відповідно).

Аналіз функціональних особливостей інформаційних технологій обліку даних предметної області аудиту представлений на рис.1 дозволив визначити наступні.

- етап введення даних первинних документів може виконуватися не в автоматичному, а в ручному або автоматизованому режимі.
- завантаження даних первинного обліку в підсистему першого рівня (призначення кореспонденції рахунків), як правило, виконується в ручному режимі і / або узагальнено по всім документам за період.
- взаємозв'язки множин даних верхнього рівня формуються на підставі взаємозв'язків нижніх рівнів. Облік взаємозв'язків на нижніх рівнях виконується в більшості випадків в ручному режимі (хоча і в комп'ютерному середовищі). Виняток, становить, повністю автоматизований облік руху сировини,

напівпродуктів і готової продукції на підприємстві (персонал підприємства не бере участі в виписці документів, навантажені, розвантажені і т.д.).

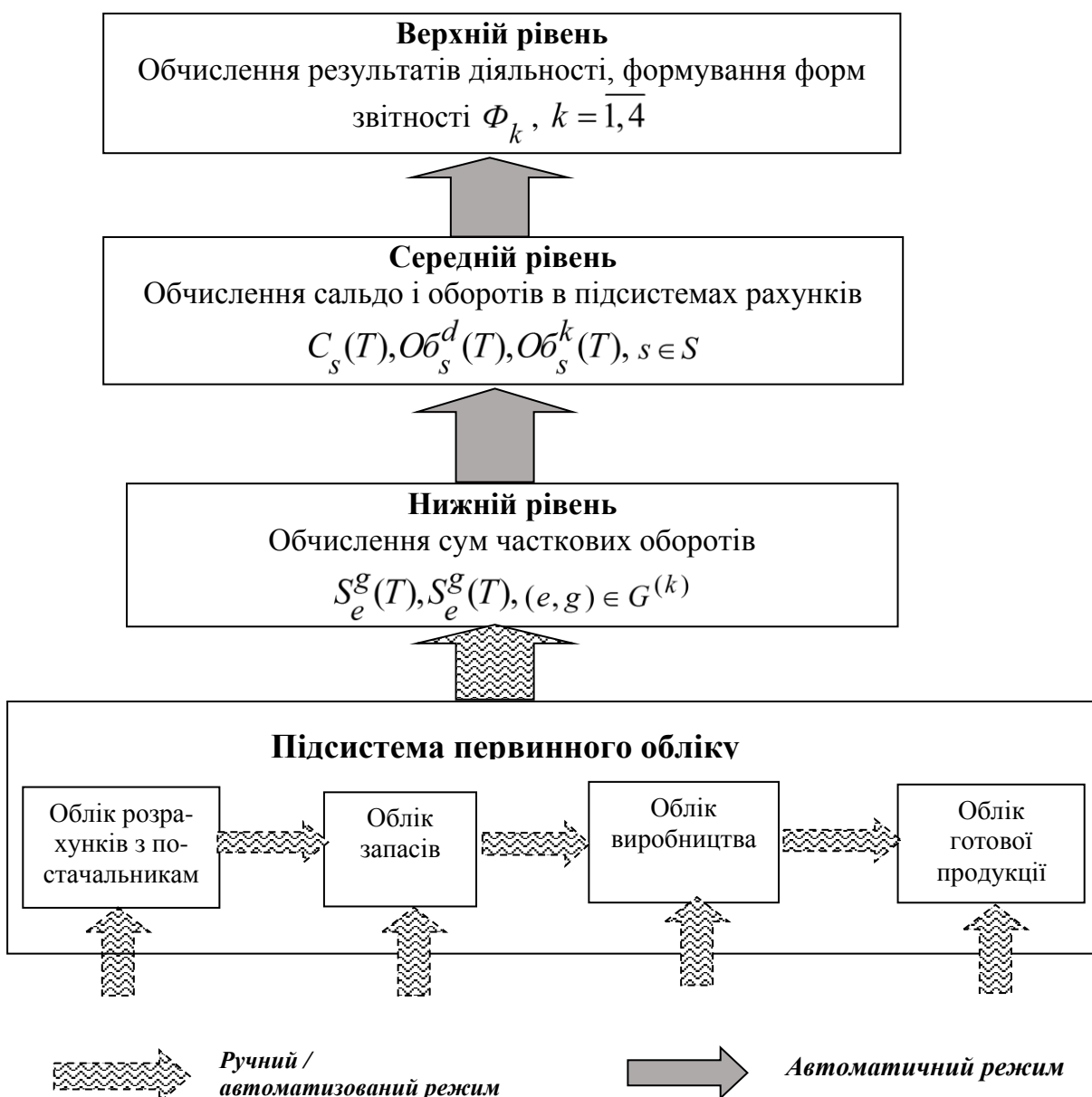


Рис.1 Схема реалізації зв'язків даних предметної області аудиту в ІТ-середовищі підприємства

– декомпозиція множин взаємозв'язків даних верхніх рівнів на нижніх має складну структуру. Це призводить до проблем перевірки відповідності таких множин даних верхнього рівня як множин операцій доходів і витрат, середнього рівня - показників множин операцій оплати сировини, відпуску сировини у виробництво, оприбуткування готової продукції, тобто множин даних паралельно-послідовних операцій.

Дані міркування дають відповідь на питання, чому навіть суцільна арифметична перевірка (тестування системи обліку) не підтверджує достовірності показників звітності. По-перше, причина в тому, що множини

відповідностей на нижньому рівні в більшості обліковуються в ручному або автоматизованому режимі. По-друге, відповідності встановлюються тільки між документами (їх номерами), а перевірка взаємозв'язків між багатовимірними даними документів не виконується. Арифметична перевірка, з точки зору теорії множин, це перевірка мір множин, яка не включає перевірку значень змінних багатовимірних даних. Так як множини при різній структурі можуть мати однакову міру, то в цих випадках арифметична перевірка не дозволить виявити ці порушення.

Аналіз існуючих методів, моделей, теоретичних підходів, показав, що відсутні теоретичні розробки необхідні при проектуванні інформаційних технологій аналізу даних як складової СППР аудиту. А саме відсутнє теоретичне обґрунтування наступних елементів. Перше - відсутність теоретичних основ створення інформаційної моделі предметної області аудиту, яка була би основою для різноманітних процедур аналізу, що є необхідними при автоматизації перевірки по набору передумов аудиту. Друге - відсутність функціональної моделі перетворень предметної області аудиту, що враховує необхідність автоматизації узагальненого аналізу даних на верхніх рівнях і постановки задач перевірки передумов П(с)БУ. Відсутність методів автоматичного вибору моделі аналізу, в залежності від таких характеристик аудиту: режим роботи (експрес-перевірка або поглиблена перевірка), виду багатовимірних даних (часові або не часові), особливості перетворень даних при обліку різних типів виробництв. Існуючі методи інтелектуального аналізу мають один або декілька наступних недоліків: мають високу обчислювальну складність; не мають високу точність, що може бути критичним при обробці великих обсягів даних.

У другому розділі: «Метод створення інформаційної моделі предметної області аудиту на основі узагальнено-множинного представлення та еквівалентних відображень даних» розв'язано задачу розробки методу створення інформаційної моделі предметної області аудиту для формалізації функціональної структури даних об'єктів цифрової економіки.

Метод передбачає створення інформаційної моделі предметної області аудиту за передумовами «Обачність» P_1 , «Повнота» P_2 , «Відповідність витрат і доходів» P_3 , «Періодичність» P_4 та включає:

- методики узагальнено-множинного представлення елементів предметної області та їх еквівалентних відображень за передумовами;
- методики узагальнено-множинного представлення складних піделементів предметної області аудиту та їх еквівалентних відображень за передумовами;
- формалізацію атомарних піделементів предметної області аудиту та їх взаємозв'язків по передумовам;
- класифікацію характеристик елементів та піделементів предметної області аудиту.

До складу кожної методики входять прийоми формалізації: елементів (піделементів) предметної області; еквівалентних відображень елементів (піделементів) предметної області на кожному рівні по кожній передумові.

У цій роботі на верхньому рівні як об'єкт аудиту обрано основну (виробничу) та іншу операційну діяльність підприємства. На середньому рівні в якості об'єктів аудиту обрані множини операцій діяльності підприємства (основної та іншої операційної). На нижньому рівні в якості об'єктів аудиту обрані підмножини операцій підприємства.

При створенні інформаційної моделі класифікуються якісно відмінні дані: нумерологічні, текстові, кількісні, логічні.

На підставі теорії множин та аналізу предметної області аудиту виділено такі види узагальнених властивостей даних предметної області аудиту, які характеризують:

– різноманітність і масштаб діяльності підприємства: кількість операцій, видів господарських засобів і джерел (видів запасів, постачальників, покупців тощо) - потужність множини (χ_1);

– економічну діяльність підприємства з точки зору досягнення граничних значень за різними характеристиками - замкненість, відкритість, граничні точки множини (χ_2);

– безперервність і рівномірність економічної діяльності підприємства, наприклад за часом, або іншими параметрами - щільність, ізольовані точки, точки згущення множини (χ_3);

– однорідність даних предметної області аудиту - розбиття множини (χ_4).

Таким чином на основі аналізу предметної області аудиту виділені наступні характеристики інформаційної моделі предметної області аудиту (табл. 1) і їх можливі значення: передумова аудиту, рівень формування даних, тип даних, узагальнено-множинна характеристика даних, етапи формування даних.

Елементи предметної області аудиту на верхньому рівні представлені у вигляді множин нормативних, планових та звітних даних, які є значеннями показників, що характеризують діяльність підприємства за період перевірки:

$$Q_c = \bigcup N \bigcup P \bigcup E, N \cap P = \emptyset, P \cap E = \emptyset, N \cap E = \emptyset, \quad (1)$$

де

Q - множина елементів предметної області об'єктів аудиту,

N - множина нормативно-правових даних,

P - множина планових даних,

E - множина звітних даних.

На середньому рівні предметна область аудиту представлена у вигляді об'єднання нормативних, планових і звітних множин за кожним видом операції:

$$Q_c = \bigcup_{i=1}^I N_i \bigcup_{i=1}^I P_i \bigcup_{i=1}^I E_i, Z_i \cap Z_m = \emptyset, Z \in \{N, P, E\}, i \neq m, i = \overline{1, I}, m = \overline{1, I}, \quad (2)$$

де

i - індекс виду операції.

Характеристики інформаційної моделі предметної області аудиту

Характеристики інформаційної моделі	Значення			
	Передумова аудиту	«Обачність» P_1	«Повнота» P_2	«Відповідність витрат і доходів» P_3
Рівень формування даних	верхній	середній	нижній	-
Тип даних	нумерологічні	текстові	кількісні	логічні
Узагальнено-множинна характеристика даних	потужність множини даних (χ_1)	замкненість, відкритість, граничні точки множини даних (χ_2)	щільність, ізольовані, точки згущення множини даних (χ_3)	розбиття множини даних (χ_4)
Етап формування даних	нормативний	плановий	звітний	-

На нижньому рівні предметна область аудиту кожної множини операцій представлена у вигляді об'єднання підмножин, що не перетинаються, за підвидами операцій:

$$Q_i = \bigcup N_{l_i} \bigcup P_{l_i} \bigcup E_{l_i}, Z_{l_i} \cap Z_{l_m} = \emptyset, Z \in \{N, P, E\}, i \neq m, l_i = \overline{1, L_i}, i = \overline{1, I}, (3)$$

де

l і L - підвид і кількість підвидів операцій відповідно до внутрішньої політики обліку.

Таким чином, формули (1)-(3) представляють формальний опис елементів предметної області аудиту на кожному рівні.

Перевірка передумови «Повнота» P_2 найбільш актуальною і трудомісткою та полягає у перевірці відповідності даних (нормативних, планових та звітних) множин послідовних операцій $on_{i_1} \prec \dots \prec on_{i_m} \prec \dots \prec on_{i_M}$. Так як на верхньому рівні в якості об'єкту аудиту обрано основну (виробничу) та іншу операційну діяльність підприємства, відносно якої перевіряється передумова «Відповідність витрат і доходів» P_3 , а на середньому рівні в якості об'єктів аудиту обрані множини операцій діяльності підприємства – то перевірка передумови P_2 «Повнота» починається з перевірки даних об'єктів аудиту середнього рівня.

Тому взаємозв'язки множин предметної області середнього рівня, які підлягають процедурі перевірки передумови P_2 «Повнота», представимо у вигляді послідовностей відображень множин даних послідовних операцій, формалізованих у вигляді графів.

На середньому рівні:

$$\begin{aligned} Z_{i_1} \rightarrow \dots \rightarrow Z_{i_m} \rightarrow \dots Z_{i_M}, \quad Z \in \{N, P, E\}, \\ i_m = \overline{1, I}, \quad (i_1, \dots, i_m, \dots, i_M) \in A(\tilde{I}), \quad \tilde{I} \subseteq \{\overline{1, I}\}, \end{aligned} \quad (4)$$

де

\tilde{I} - підмножина видів операцій,

$(i_1, \dots, i_m, \dots, i_M)$ - комбінація видів послідовних операцій,

$on_{i_1} \prec \dots \prec on_{i_m} \prec \dots \prec on_{i_M}$ - послідовні операції,

$A(\tilde{I})$ - сукупність можливих комбінацій на множини $\tilde{I} = \overline{1, I}$.

Сукупність можливих комбінацій видів послідовних операцій $A(\tilde{I})$ визначена в (4) включає перевірку в прямому і в зворотному напрямку, повну і не повну перевірки.

Взаємозв'язки множини предметної області нижнього рівня, які підлягають процедурі перевірки передумови Π_2 «Повнота» представимо у вигляді послідовності відображень підмножин послідовних операцій:

$$\bigcup_{l_{i_1}=1}^{L_{i_1}} Z(l_{i_1}) \rightarrow \dots \rightarrow \bigcup_{l_{i_m}=1}^{L_{i_m}} Z(l_{i_m}) \rightarrow \dots \rightarrow \bigcup_{l_{i_M}=1}^{L_{i_M}} Z(l_{i_M}). \quad (5)$$

Перевірка передумови «Повнота» Π_2 для виробничого підприємства найбільш актуальною і трудомісткою при аудиті матеріальних витрат тому в роботі розглянуто формалізацію взаємозв'язків (4), (5) елементів предметної області аудиту передумови «Повнота» на кожному рівні на прикладі предметної області аудиту матеріальних витрат.

В роботі припускається, що при аналізі великих обсягів даних на етапі експрес-аналізу обираються підмножини даних. Дані підмножини визначаються як піделементи предметної області аудиту і формалізовані в роботі наступним чином.

Система всіх підмножин множини Z позначено через $\mathfrak{Z}(Z)$. Оскільки елементи предметної області об'єктів аудиту визначені в (2), (3) є кінцевими, то системи всіх їх підмножин є алгебрами множин. Таким чином, алгебри підмножин $\mathfrak{Z}(Z)$ множини Z предметної області об'єктів аудиту визначають всі можливі піделементи предметної області.

Обирається розбиття $\mathfrak{R}(Z) \in \mathfrak{Z}(Z)$ множини Z , множини якого визначаються як піделементи предметної області множини $Z_{\mathfrak{R}} \in \mathfrak{R}(Z)$ для одного варіанту подання предметної області. Піделементами предметної області аудиту передумови «Повнота» є множини $Z_{\mathfrak{R}}$ розбиття $\mathfrak{R}(Z)$ множини Z множин нормативних, планових і звітних даних Z ($Z \in \{N, P, E\}$), визначені в (2), (3).

Взаємозв'язки піделементів предметної області аудиту передумови «Повнота» представлено у вигляді послідовностей відображень розбиття

елементів даних послідовностей:

$$\mathfrak{R}(Z_{i_1}) \rightarrow \mathfrak{R}(Z_{i_2}) \rightarrow \mathfrak{R}(Z_{i_m}) \rightarrow \dots \rightarrow \mathfrak{R}(Z_{i_M}), Z \in \{N, P, E\},$$

$$i_m = \overline{1, I}, (i_1, \dots, i_m, \dots, i_M) \in A(\tilde{I}), \tilde{I} = \overline{1, I}. \quad (6)$$

Сукупність можливих комбінацій видів послідовних операцій $(i_1, \dots, i_m, \dots, i_M)$ визначена в (6) включає перевірку в прямому і в зворотному напрямку, повну і неповну.

$$\bigcup_{l_i=1}^{L_i} \mathfrak{R}(Z(l_{i_1})) \rightarrow \dots \rightarrow \bigcup_{l_m=1}^{L_m} \mathfrak{R}(Z(l_{i_m})) \rightarrow \dots \rightarrow \bigcup_{l_M=1}^{L_M} \mathfrak{R}(Z(l_{i_M})), Z \in \{N, P, E\}. \quad (7)$$

Кожен вид характеристик множин $\chi_k, k = \overline{1, 4}$ породжує підмножину узагальнених властивостей $V_{Z_{\mathfrak{R}}}^{(k)}, k = \overline{1, 4}$ піделементів $Z_{\mathfrak{R}} \in \mathfrak{R}(Z)$ множин Z предметної області аудиту.

На нижньому рівні предметної області аудиту формалізовані атомарні піделементи і взаємозв'язки між ними у вигляді мережевої структури еквівалентних відображень багатовимірних даних.

В основу методики формалізації атомарних піделементів предметної області аудиту та їх взаємозв'язків покладені елементарні об'єкти обліку та операції. На підставі декомпозиції матеріальних витрат виділено два види елементарних об'єкти аудиту:

e - об'єкт обліку, операція над яким призводить до матеріальних витрат,
 $x(y)$ - операція, що призводить до матеріальних витрат.

На підставі аналізу структури системи обліку матеріальних витрат виділено види елементарних об'єктів аудиту та види операцій матеріальних витрат. Дані про об'єкти обліку та операції, в результаті якої відбувається, їх перетворення враховуються в підсистемі первинного обліку (первинному документі). Підсистему первинного обліку (документ первинного обліку) визначено як атомарний елемент предметної області аудиту. Залежно від виду операції він має відповідну назву.

При здійсненні матеріальних витрат, між об'єктами аудиту виділених видів, операціями матеріальних витрат і між об'єктами та операціями формуються відображення, які характеризують етапи економіко-виробничої діяльності.

Визначено види взаємозв'язків між об'єктами та операціями. Для цього виділено пару операцій, перша з яких збільшує обсяг об'єкта e і другу, яка зменшує обсяг даного об'єкта. Формалізовано дані взаємозв'язки. Дві операції x та y визначаються як послідовні щодо певного об'єкта e , якщо вони задовольняють умові:

$$x(e) < y(e) \Rightarrow (xr^+e) \wedge (yr^-e), \quad (8)$$

де

e об'єкт обліку,
 x та y - операції,

r^+ - відповідність операції до збільшення обсягу об'єкта обліку,

r^- - відповідність операції до зменшення обсягу об'єкта обліку.

Формалізуємо співвідношення (8) у вигляді графу G_1 :

$$G_1 = (V_1, R_1), V_1 = (x, y, e), R_1 = (r^+, r^-), \quad (9)$$

де

G_1 - граф відповідності послідовних операцій до одного об'єкта обліку,

V_1 - множина вершин графу G_1 ,

R_1 - множина ребер графу G_1 ,

e - вершина, що характеризує об'єкт обліку,

x та y - вершини, що характеризують операції,

r^+ - ребро, що характеризує відповідність операції збільшення об'єкта обліку,

r^- - ребро, що характеризує відповідність операції зменшення об'єкта обліку.

Об'єкти e_s та e_{s+1} двох видів визначаються як відповідні операції x , якщо вони задовольняють умові:

$$(xr^-e_s) \wedge (xr^+e_{s+1}), \quad (10)$$

де

e - об'єкт обліку,

s і $s + 1$ - змінні, що характеризують види об'єктів обліку,

x - операція,

r^+ - відповідність операції до збільшення обсягу об'єкта обліку,

r^- - відповідність операції до зменшення обсягу об'єкта обліку.

Формалізуємо співвідношення (10) у вигляді графу G_2 :

$$G_2 = (V_2, R_2), V_2 = (x, e_s, e_{s+1}), R_2 = (r^-, r^+), \quad (11)$$

де

G_2 - граф відповідності однієї операції двом взаємопов'язаним об'єктам обліку,

V_2 - множина вершин графу G_2 ,

R_2 - множина ребер графу G_2 ,

e - вершина, що характеризує об'єкт обліку,

s і $s + 1$ - номери, що характеризують види об'єктів обліку,

x - вершина, що характеризує операцію,

r^+ - ребро, що характеризує відповідність операції до збільшення обсягу об'єкта обліку,

r^- - ребро, що характеризує відповідність операції до зменшення обсягу об'єкта обліку.

Запропонована методика формалізації і класифікації характеристик атомарних піделементів і взаємозв'язків між ними, яка є інваріантною щодо облікової політики підприємства, виділені типи даних (нумерологічні, кількісні, текстові, логічні).

Множину узагальнених властивостей предметної області аудита Q визначену як складову інформаційної моделі, представлено у вигляді об'єднання підмножин узагальнених властивостей чотирьох типів ($k = \overline{1,4}$) множин $Z_{\mathfrak{R}}$ розбиття $\mathfrak{R}(Z)$, $Z \in Q$:

$$V_Q = \bigcup_{k=1}^4 \bigcup_{Z \in Q} \bigcup_{Z_{\mathfrak{R}} \in \mathfrak{R}(Z)} V_{Z_{\mathfrak{R}}}^{(k)}, \quad (12)$$

де

V - властивість множини,

Z - множина,

$\mathfrak{R}(Z)$ - розбиття множини Z .

В розділі 2 розроблений метод створення інформаційної моделі предметної області на основі теоретико-множинної моделі, елементи якої формалізовані у вигляді (1)–(12).

В даному розділі розроблена теоретико-множинна модель предметної області аудита по чотирьом передумовам Π_d , $d = \overline{1,4}$ на трьох рівнях. Данна модель є основою інформаційної моделі предметної області аудита. На основі інформаційної моделі розроблена функціональної модель перетворень предметної області аудита.

У третьому розділі «Метод формування функціональної моделі перетворень даних предметної області аудиту» розв'язана задача створення функціональної моделі перетворень даних предметної області аудиту, яка дозволяє формалізувати перетворення інформації в межах інформаційної моделі предметної області, для формалізації автоматизованої переробки інформації

Цей розділ включає:

– моделі функціональної структури перетворень еквівалентних елементів та піделементів предметної області аудиту за окремими передумовами на трьох рівнях;

– моделі функціональної структури перетворень еквівалентних елементів предметної області аудиту по набору передумов на одному рівні;

– методику аналізу узагальнених властивостей підмножин елементів та піделементів предметної області аудиту.

Модель функціональної структури перетворень еквівалентних елементів предметної області аудиту наведемо по передумові «Повнота» для об'єкту аудита - прямі матеріальні витрати.

При прямій повній перевірці модель функціональної структури перетворень елементів предметної області аудиту передумови «Повнота» уявляє

собою відображення підмножин даних розрахунків з постачальниками $Z_{\mathfrak{R}}^{(r_1)}(i_1) \in \mathfrak{R}(Z_{i_1})$ у підмножини даних запасів сировини $Z_{\mathfrak{R}}^{(r_2)}(i_2) \in \mathfrak{R}(Z_{i_2})$, потім у підмножини даних виробництва $Z_{\mathfrak{R}}^{(r_3)}(i_3) \in \mathfrak{R}(Z_{i_3})$ і готової продукції $Z_{\mathfrak{R}}^{(r_4)}(i_4) \in \mathfrak{R}(Z_{i_4})$, $T \in \{t_{j_m}, T_m, j = \overline{1, J_m}, m = \overline{1, M}, T\}$.

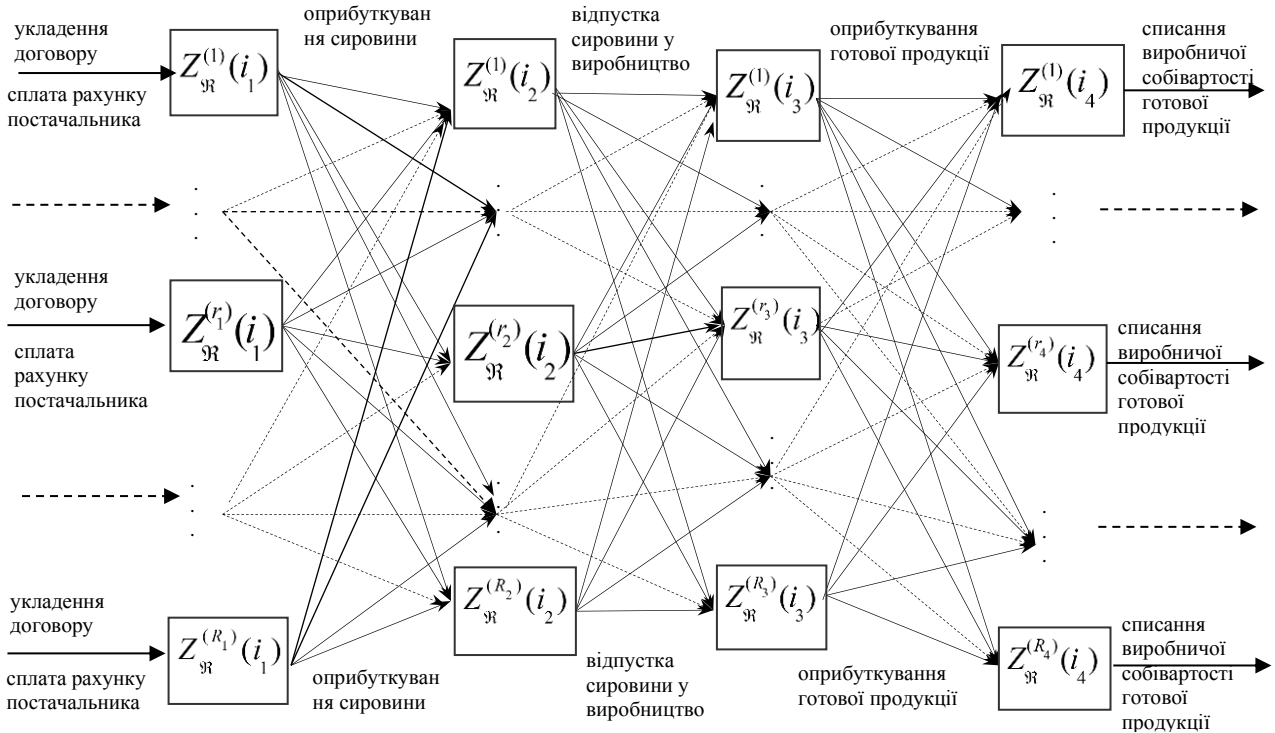


Рис. 2. Функціональна структура перетворень даних предметної області аудиту прямих матеріальних витрати по передумові «Повнота»

У частинному випадку, якщо розбиття множини здійснювалася на підставі логічних умов, що характеризують приналежність до одного з підвидів об'єкта обліку, то модель перетворення піделементів предметної області аудиту передумови «Повнота» при прямій повній перевірці є сукупність послідовностей відображень множин даних операцій розрахунків за видами постачальників у підмножини даних операцій за видами сировини, потім у підмножини даних операцій за видами виробництва і видами готової продукції.

l_1, L_1 - номер і кількість множин розбиття множини даних «сплата рахунку постачальника»;

l_2, L_2 - номер і кількість множин розбиття множини даних «оприбуткування сировини»;

l_3, L_3 - номер і кількість множин розбиття множини даних «відпустка сировини у виробництво»;

l_4, L_4 - номер і кількість множин розбиття множини даних «оприбуткування готової продукції»;

Функціональна структура перетворень даних предметної області аудиту прямих матеріальних витрати по передумові «Повнота» (рис. 2), визначає схему прямої (повної) перевірки передумови «Повнота» прямих матеріальних витрат.

При прямій повній перевірці перевіряються всі взаємозв'язки в тій послідовності як вони виконувалися в процесі обліку. При зворотній перевірці напрямком взаємозв'язків, які перевіряються, змінюється на протилежний. Під час неповної перевірки деякі шари можуть опускатися або в шарі опускаються вершини. Дані за цією схемою можуть аналізуватися за будь-які періоди обліку.

Для забезпечення аналізу даних за передумовами «Обачність», «Відповідність витрат і доходів», «Періодичність» розроблена модель функціональної структури перетворень елементів предметної області аудиту. Для забезпечення перевірки даних за набором передумов в роботі розроблена модель функціональної структури перетворень елементів предметної області аудиту основної діяльності з набором передумов; для варіантів неповної перевірки сформовані моделі композицій перетворень елементів предметної області аудиту основної діяльності з набору передумов.

Для класифікації узагальнених властивостей підмножин на підставі теорії множин і функціонального аналізу визначимо узагальнено- множинний аналіз, як оцінку відповідності наступних властивостей підмножин елементів і піделементів предметної області аудиту:

– взаємозв'язків між властивостями множин першого виду (потужність) \mathcal{X}_1 множин розбиття $\mathfrak{R}(Z_1)$ і $\mathfrak{R}(Z_2)$ даних відображень ψ по передумовам Π_d , $d = \overline{1,4}$ і їх композицій $k(\Psi)$:

$$Z_1 \xrightarrow{\psi} Z_2, Z_1 \xrightarrow{k(\Psi)} Z_2, (Z_1 \in \mathfrak{R}(Z_1)) \wedge (Z_2 \in \mathfrak{R}(Z_2)), \psi \in \Psi, \\ k(\Psi) \in K(\Psi),$$

де

Z_1, Z_2 - вхідна і вихідна множина відображення,

$\mathfrak{R}(Z)$ - розбиття множини Z ,

ψ, Ψ - відображення і множина відображень відповідно,

$k(\Psi), K(\Psi)$ - композиція відображень і множина композицій відображень відповідно;

– взаємозв'язків між властивостями множин другого виду (замкненість, відкритість, граничні точки) \mathcal{X}_2 множин розбиття $\mathfrak{R}(Z_1)$ і $\mathfrak{R}(Z_2)$ даних відображень ψ і їх композицій $k(\Psi)$;

– взаємозв'язків між властивостями множин третього виду (щільність, ізольовані, точки згущення) \mathcal{X}_3 множин розбиття $\mathfrak{R}(Z_1)$ і $\mathfrak{R}(Z_2)$ даних відображень ψ і їх композицій $k(\Psi)$;

– взаємозв'язків між властивостями множин четвертого виду \mathcal{X}_4 множинами розбиття $\mathfrak{R}(Z_1)$ і $\mathfrak{R}(Z_2)$ даних відображень ψ і їх композицій $k(\Psi)$

Для автоматизації аналізу даних в задачах аудиту передумов, в роботі запропонований логіко-таксономічний метод аналізу узагальнених властивостей підмножин елементів та піделементів предметної області аудиту. який включає такі складові:

- класифікацію узагальнених властивостей підмножин;
- процедура формування підмножин для аналізу їх властивостей;
- процедура зіставлення узагальнених властивостей підмножин.

Схема логіко-таксономічного методу аналізу узагальнених властивостей предметної області аудита наведена на рис.3.



Рис. 3. Схема логіко-таксономічного методу аналізу узагальнених властивостей предметної області аудита.

В роботі запропонована процедура формування підмножин для аналізу їх властивостей на основі методу кластеризації, який використаний для відображення «сплачено-отримано».

Процедура співставлення узагальнених властивостей підмножин включає наступні кроки:

1. На підставі результатів другого етапу формуються підмножини елементів і піделементів предметної області аудиту.

2. Для даних множин визначаються узагальнені властивості перелічені в пункті 1.

3. Визначаються відповідні (відстань між медоїдами яких найменша) підмножини.

4. Здійснюється співставлення узагальнених властивостей відповідних підмножин.

Сформовані схеми перетворень атомарних елементів предметної області аудиту. На рис.4 наведений сегмент графа взаємозв'язків даних операцій та об'єктів у первинних документах обліку (2 етапи перетворення даних атомарного елемента). На прикладі відображення «сплачено-отримано» формалізовано узагальнення вихідних даних для формування еквівалентного відображення.

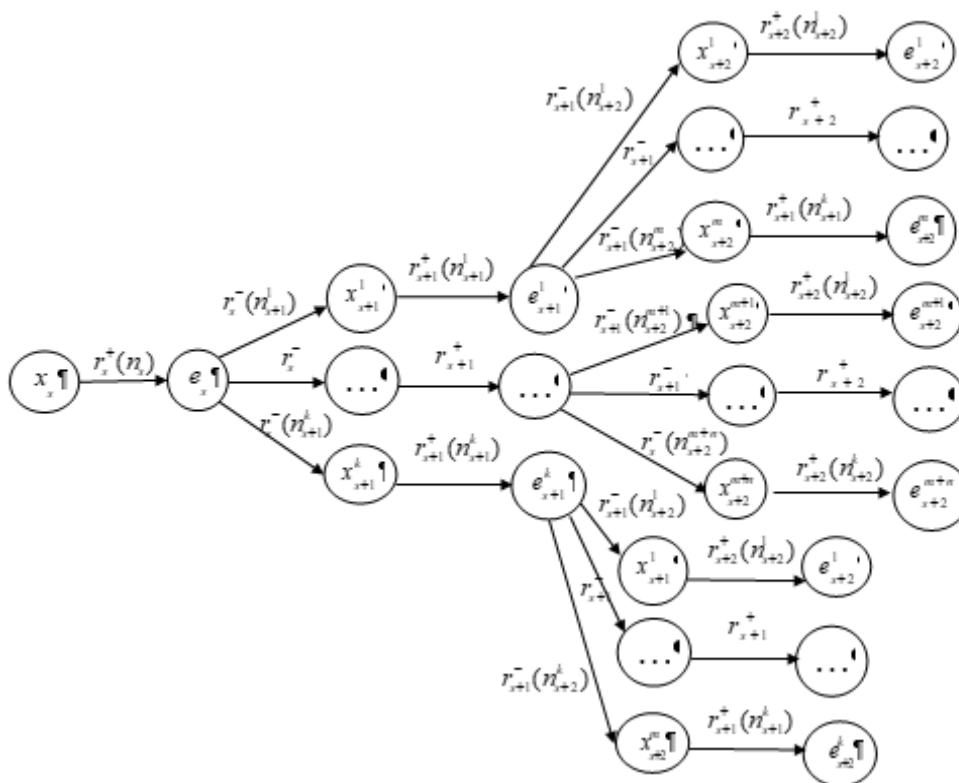


Рис. 4. Сегмент графа взаємозв'язків даних операцій та об'єктів у первинних документах обліку (2 етапи перетворення даних атомарного елемента)

Запропонований метод є основою формування структури бази знань узагальнено-множинних закономірностей відображень верхнього рівня забезпечує аналіз за першими трьома видами властивостей, можливими комбінаціями відображень і напрямками (прямим і зворотним) і дозволяє автоматизувати аналіз даних за чотирма передумовами.

У четвертому розділі «Методи створення нейромережових моделей узагальнено-множинного аналізу даних предметної області аудиту» розв'язане завдання створення методу та моделей аналізу даних, які дозволяють автоматизувати формування знань, в межах функціональної моделі предметної області аудиту.

Для створення методу аналізу узагальнених властивостей підмножин елементів і піделементів предметної області аудиту на основі закономірностей 4-ого типу, які описуються моделями узагальнено-множинних взаємозв'язків між множинами розбиття множин $\mathfrak{R}(Z_1)$ і $\mathfrak{R}(Z_2)$ відображень, в роботі розроблені логіко-нейромережевий метод і нейромережеві моделі, як складові цього методу.

Згідно запропонованого логіко-нейромережевого методу аналізу даних предметної області аудиту вибір моделі залежить від:

- характеристики типу даних аудиту (дані часових рядів, дані відображень);
- виду передумови («Обачність», «Повнота», «Відповідність витрат і доходів», «Періодичність»);
- режиму перевірки: експрес-аудит або поглиблений аудит і параметрів режиму перевірки: час, точність.

Цей вибір схематично формалізований у вигляді бінарного дерева рішень для вибору нейромережевої моделі аналізу даних предметної області аудиту (рис. 5).

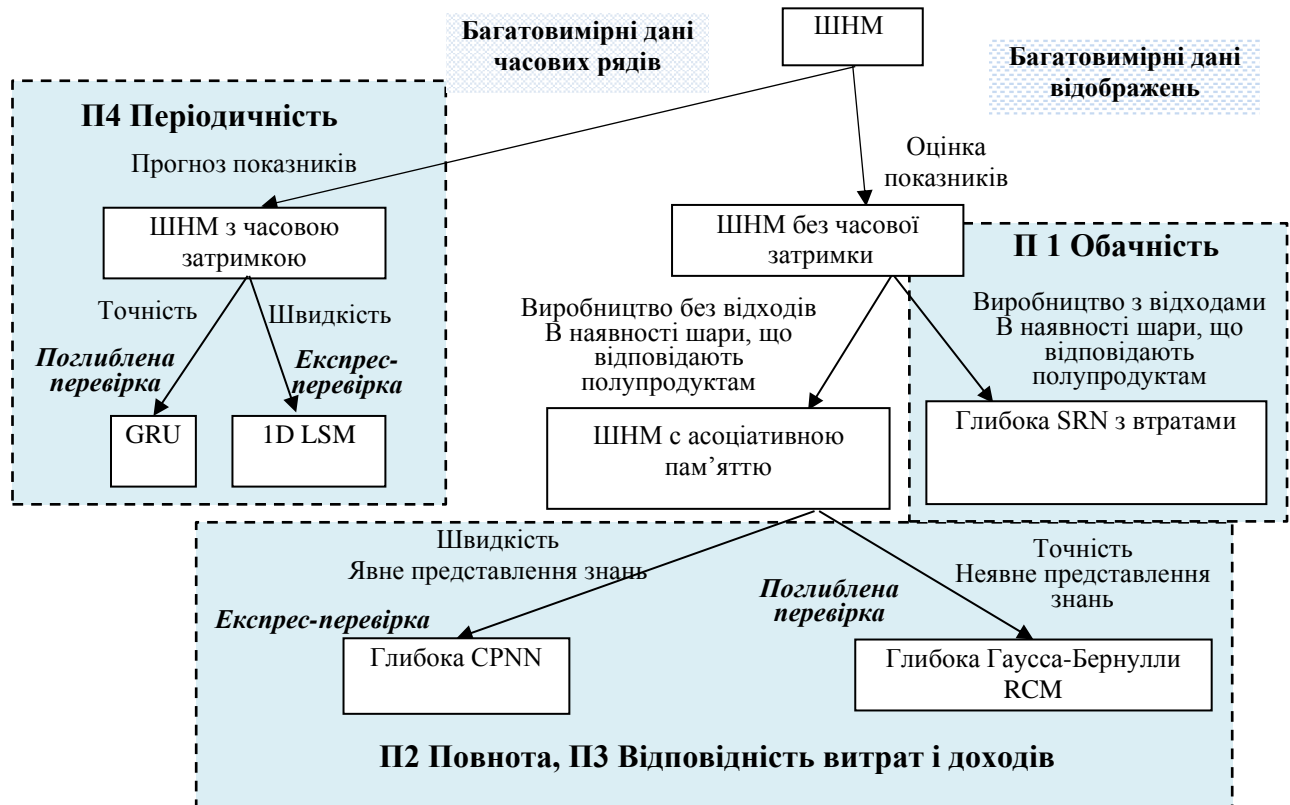


Рис. 5. Бінарне дерево рішень вибору нейромережевої моделі для узагальнено-множинного аналізу даних предметної області аудиту

На першому рівні вибір моделі здійснюється залежно від типу обробки даних. Якщо виконується прогноз даних, то вибирається модель з тимчасовою затримкою. Якщо аналізуються дані перетворень, то обирається модель з асоціативною пам'яттю.

На другому рівні вибір моделі на основі асоціативної пам'яті залежить від типу виробництва: з відходами або без них. Якщо виробництво з відходами, то вибирається модель, яка містить: шари, що відповідають етапам перетворення даних; шари, що відповідають незворотнім відходам; циклічні зв'язки для обліку зворотних втрат у шарах, що відповідають етапам перетворення даних. Якщо виробництво без відходів, вибирається модель, яка містить шари, що відповідають етапам перетворення даних, а також допоміжні шари між ними для реалізації асоціативної пам'яті.

На третьому рівні вибір моделі для безвідходного виробництва залежить від швидкості навчання і точності, а також від явного або неявного представлення знань.

На основі функціональної структури перетворень даних предметної області аудиту прямих матеріальних витрати по передумові «Повнота» (рис.2) сформована структурна схема моделі глибокої простої рекурентної мережі з втратами (DLSRN) (рис. 6).

На рис. 6 представлена структурна схема моделі глибокої простої рекурентної мережі з втратами (DLSRN) з повнозв'язними рекурентними шарами даних виробництва (нейрони, які їх утворюють позначені суцільним чорним кольором), неповнозв'язними нерекурентними шарами даних незворотних відходів (нейрони, які їх утворюють позначені нежирними точками), неповнозв'язними нерекурентними шарами даними напівпродуктів (нейрони, які їх утворюють позначені суцільним білим кольором), неповнозв'язним нерекурентним шаром даних готової продукції (нейрони, які їх утворюють позначені сірим кольором).

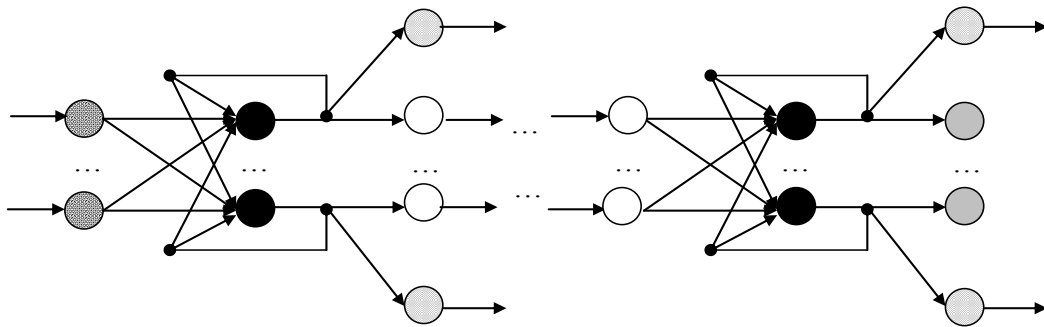


Рис. 6. Структурна схема моделі глибокої простої рекурентної мережі з втратами (DLSRN)

Модель DLSRN, що виконує відображення кожного вхідного зразка сировини $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_{N^{(0)}})$ у вихідні зразки готової продукції $\mathbf{y} = (y_1^{2H}, \dots, y_{N^{(2H)}}^{2H})$ і незворотних відходів $\hat{\mathbf{y}}^{(1)} = (\hat{y}_1^{(1)}, \dots, \hat{y}_{N^{(1)}}^{(1)})$, ..., $\hat{\mathbf{y}}^{(2H)} = (\hat{y}_1^{(2H)}, \dots, \hat{y}_{N^{(2H)}}^{(2H)})$, представлена у вигляді:

$$y_i^{(0)}(n) = x_i, \quad i \in \overline{1, N^{(0)}},$$

$$y_j^{(2h+1)}(n) = f^{(2h+1)}(s_j^{(2h+1)}(n)), \quad j \in \overline{1, N^{(2h+1)}}, \quad k \in \overline{1, H},$$

$$s_j^{(2h+1)}(n) = b_j^{(2h+1)} + \sum_{i=1}^{N^{(2h)}} w_{ij}^{(2h+1)} y_i^{(2h)}(n) + \sum_{i=1}^{N^{(2h+1)}} \tilde{w}_{ij}^{(2h+1)} y_i^{(2h+1)}(n-1),$$

$$y_j^{(2h+2)}(n) = f^{(2h+2)}(s_j^{(2h+2)}(n)), \quad j \in \overline{1, N^{(2h+2)}}, \quad k \in \overline{1, H-1},$$

$$s_j^{(2h+2)}(n) = b_j^{(2h+2)}(n) + w_j^{(2h+2)} y_j^{(2h+1)}(n),$$

$$\hat{y}_j^{(2h+2)}(n) = \hat{f}^{(2h+2)}(\hat{s}_j^{(2h+2)}(n)), \quad j \in \overline{1, N^{(2h+2)}}, \quad k \in \overline{1, H-1},$$

$$\hat{s}_j^{(2h+2)}(n) = \hat{b}_j^{(2h+2)}(n) + \hat{w}_j^{(2h+2)} y_j^{(2h+1)}(n),$$

де

$N^{(2h+1)}$ - кількість виробництв (кількість нейронів у рекурентному шарі),

$N^{(2h+2)}$ - кількість видів напівпродуктів/готової продукції (кількість

нейронів у нерекурентному шарі), $N^{(2h+1)} = N^{(2h+2)}$,

$N^{(0)}$ - кількість нейронів вхідного шару (шару сировини),

H - кількість рекурентних шарів,

$b_j^{(2h+1)}$ - зміщення (поріг) для j -го нейрона шару виробництва,

$b_j^{(2h+2)}$ - зміщення (поріг) для j -го нейрона шару напівпродуктів ($h < H - 1$)

/готової продукції ($h = H - 1$),

$\hat{b}_j^{(2h+2)}$ - зміщення (поріг) для j -го нейрона шару незворотних відходів,

$w_{ij}^{(2h+1)}$ - вага зв'язку від i -го нейрона шару сировини ($h=0$)/напівпродуктів ($h > 0$) до j -го нейрону шару виробництва,

$w_j^{(2h+2)}$ - вага зв'язку від j -го нейрона шару виробництва до j -го нейрона шару напівпродуктів ($h < H - 1$)/готової продукції ($h = H - 1$),

$\tilde{w}_{ij}^{(2h+1)}$ - вага зв'язку від i -го нейрона шару виробництва до j -го нейрону шару виробництва,

$\hat{w}_j^{(2h+2)}$ - вага зв'язку від j -го нейрона шару виробництва до j -го нейрона шару незворотних відходів,

$y_j^{(2h+1)}(n)$ - вихід j -го нейрона шару виробництва в момент часу n ,

$y_j^{(2h+2)}(n)$ - вихід j -го нейрона шару напівпродуктів ($h < H - 1$)/ готової продукції ($h = H - 1$) в момент часу n ,

$\hat{y}_j^{(2h+2)}(n)$ - вихід j -го нейрона шару незворотних відходів у момент часу n

,

$f^{(2h+1)}$ - функція активація нейронів шару виробництва,

$$f^{(2h+1)}(s) = \exp\left(-\frac{s^2}{2}\right),$$

$f^{(2h+2)}$ - функція активація нейронів шару напівпродуктів ($h < H - 1$)/

готової продукції ($h = H - 1$), $f^{(2h+2)}(s) = \exp\left(-\frac{s^2}{2}\right)$,

$\hat{f}^{(2h+2)}$ - функція активація нейронів шару незворотних відходів,
 $\hat{f}^{(2h+2)}(s) = \exp\left(-\frac{s^2}{2}\right)$.

Перевірці даних відображень представлених у вигляді функціональної структури перетворень даних предметної області виробництва (рис. 2) передус узагальнено-множинний аналіз за період перевірки з метою виявлення значень, які відхиляються від оціночних. Оціночні значення визначаються на підставі закономірностей, які сформовані за перевіреними даними за інші (як правило, попередні) періоди.

На прикладі відображення «відпуск сировини у виробництво – випуск готової продукції», наведена методика формування показників аудиту виробництва. Значення даних аудиту на етапі перевірки даного відображення формуються на підставі набору кількісних показників, які характеризують відпуск сировини (та/або комплектуючих) у виробництво та випуску готової продукції:

$$\left(V_u, \Delta_u\right), u \in U, \left(V_g, \Delta_g\right), g \in G,$$

де

V - вектор кількісних показників (у натуральних одиницях),

Δ - вектор грошових показників,

u - вид запасів,

U - множина видів запасів,

g - вид готової продукції,

G - множина видів готової продукції.

Під час аналізу даного відображення (в прямому і зворотному напрямку) як елементи пар навчального множини можуть бути обрані:

$$x = (V_u(t), V_u(t-1), \dots, V_u(t-M), u \in U_g), y = (V_g(t)), g \in G,$$

$$x = (\Delta_u(t), \Delta_u(t-1), \dots, \Delta_u(t-M), u \in U_g), y = (\Delta_g(t)), g \in G,$$

$$x = (V_g(t), V_g(t-1), \dots, V_g(t-M), g \in G_u), y = (V_u(t)), u \in U,$$

$$x = (\Delta_g(t), \Delta_g(t-1), \dots, \Delta_g(t-M), g \in G_u), y = (\Delta_u(t)), u \in U,$$

де

x - вхідний сигнал,

y - вихідний сигнал,

M - лаг запізнювання або випередження,

U_g - множина сировини, яка використовується у виробництві готової продукції виду g ,

G_u - множина готової продукції, при виробництві якої використовується сировина виду u .

Як значення лагу запізнювання або випередження M може бути обрано значення показника різниці операційного циклу (середнього значення часу між операцією закупівлі сировини та реалізації готової продукції виробленої з цієї

сировини) і виробничого циклу. Даний показник залежить від області, виду виробництва та асортименту продукції, що випускається ($1 < M < 30$).

Прямий аналіз дозволить виявити закономірності реалізації готової продукції залежно від закупівлі сировини за видами готової продукції за періоди, що передують періоду перевірки.

Зворотний аналіз дозволить виявити закономірності закупівлі сировини для реалізованої готової продукції, за видами сировини за періоди, що передують періоду перевірки.

Інформація за періоди попередні періоду перевірки вважається достовірною. Тому відповідні дані можуть обрані як навчальні.

Зіставлення прогнозного значення за моделлю і значення контрольної вибірки, дозволить виявляти види готової продукції і запасів і періоди квантування за якими є суттєві відхилення і які будуть рекомендовані ОПР для детального вивчення на нижньому рівні.

Для нейромережових моделей одномірної машини рідких станів (1D LSM), шлюзового рекурентного блоку (GRU), глибокої простої рекурентної мережі з втратами (DLSRN), глибокої Гауса-Бернуллі обмеженої машини Коші ((DGBRCM)). Для збільшення точності оцінювання навчальні дані аудиту виробництва нормуються у вигляді

$$x_i = \frac{x_i - x_i^{\min}}{x_i^{\max} - x_i^{\min}}, \quad y_i = \frac{y_i - y_i^{\min}}{y_i^{\max} - y_i^{\min}}.$$

У роботі для навчання моделі DLSRN обрано критерій, який означає вибір таких значень вектору параметрів $\mathbf{w} = (\dots, w_{N^{(2h)}N^{(2h+1)}}^{(2h+1)}, w_{N^{(2h+2)}}^{(2h+2)}, \dots, \tilde{w}_{N^{(2h+1)}N^{(2h+1)}}^{(2h+1)}, \dots, \tilde{w}_{N^{(2h+2)}}^{(2h+2)}, \dots)$, які доставляють мінімум середньоквадратичної помилки (різниці зразка за моделлю та тестового зразка)

$$F = \frac{1}{PN^{(2H)}} \sum_{\mu=1}^P \left\| \mathbf{y}_{\mu}^{(2H)} - \mathbf{d}_{\mu} \right\|^2 + \frac{1}{HP} \sum_{k=1}^{H-1} \frac{1}{N^{(2h+2)}} \sum_{\mu=1}^P \left\| \hat{\mathbf{y}}_{\mu}^{(2h+2)} - \hat{\mathbf{d}}_{\mu}^{(2h+2)} \right\|^2 \rightarrow \min_{\mathbf{w}},$$

де

$\mathbf{y}_{\mu}^{(2H)}, \hat{\mathbf{y}}_{\mu}^{(2h+2)}$ – μ -і вихідні зразки за моделлю,

$\mathbf{d}_{\mu}^{(2H)}, \hat{\mathbf{d}}_{\mu}^{(2h+2)}$ – μ -і тестові вихідні зразки,

P - потужність тестової множини.

У запропонованій DLSRN для можливості реалізації паралельних обчислень і явного представлення знань пропонується метод однокрокового метод навчання, а також пропонується навчати окремо кожну LSRN композиції.

Таким чином, в роботі створена модель перетворення даних аудита виробництва на основі глибокої простої рекурентної мережі з втратами. Як і в традиційній простій рекурентній мережі (SRN) у запропонованій глибокій простій рекурентній мережі з втратами (DLSRN) прихований шар є рекурентним.

На відміну від традиційної SRN в запропонованій DLSRN:

- для обліку неповернутих відходів кожен нейрон рекурентного шару має зв'язок з шаром неповернутих відходів;

- для обліку напівпродуктів замість однієї простої рекурентної мережі є композиція простих рекурентних мереж, причому вихідний шар попередньої простої рекурентної мережі є вхідним шаром подальшої простої рекурентної мережі, і всі нерекурентні шари композиції, крім вхідного шару, відповідають шарам незворотних відходів.

У п'ятому розділі «Структура та алгоритми СППР аудиту та кількісна оцінка моделей і методів аналізу даних» розв'язані наступні завдання: розробка структури та алгоритмів інтелектуальної інформаційної технології обробки інформації в системі підтримки прийняття рішень аудиту; кількісна оцінка розроблених моделей і методів, дослідження їх впливу на оперативність, обґрунтованість прийняття рішень при аудиті об'єктів цифрової економіки.

Загальна схема методології створення інтелектуальної інформаційної технології аналізу даних СППР аудиту, що наведена на рис.7, розроблена на основі методів і моделей інтелектуальної технології аналізу даних розроблених в роботі. Алгоритм методології інтелектуального аналізу даних в режимі навчання (рис.8) та в режимі тестування (рис.9) включає наступні кроки.

Режим навчання.

1.1. Формування еквівалентних піделементів предметної області нижнього рівня на підставі перевірки еквівалентності атомарних елементів.

1.2. Формування «правильних» закономірностей (режим навчання на правильних даних) при відображеннях еквівалентних піделементів предметної області нижнього рівня сформованих у п. 1.1 на підставі моделей розділу 4 (вибір моделі залежить від передумови та режиму перевірки).

1.3. Узагальнення даних еквівалентних піделементів нижнього рівня за правилами обліку (моделі перетворення даних обліку між рівнями) на середньому рівні.

1.4. Формування «правильних» закономірностей (режим навчання на правильних даних) при відображеннях еквівалентних піделементів предметної області на середньому рівні сформованих у п. 1.3. на основі моделей розділу 4.

1.5. Узагальнення даних еквівалентних піделементів середнього рівня за правилами обліку на верхньому рівні.

1.6. Формування «правильних» закономірностей (режим навчання на правильних даних) при відображеннях еквівалентних піделементів предметної області на верхньому рівні, сформованих у п. 1.5.

Режим тестування.

2.1. Тестування піделементів предметної області верхнього рівня (на підставі моделей розділу 4 на контрольних даних) на підставі «правильних» закономірностей, сформованих у п.1.6.

2.2. Формування нееквівалентних піделементів верхнього рівня.

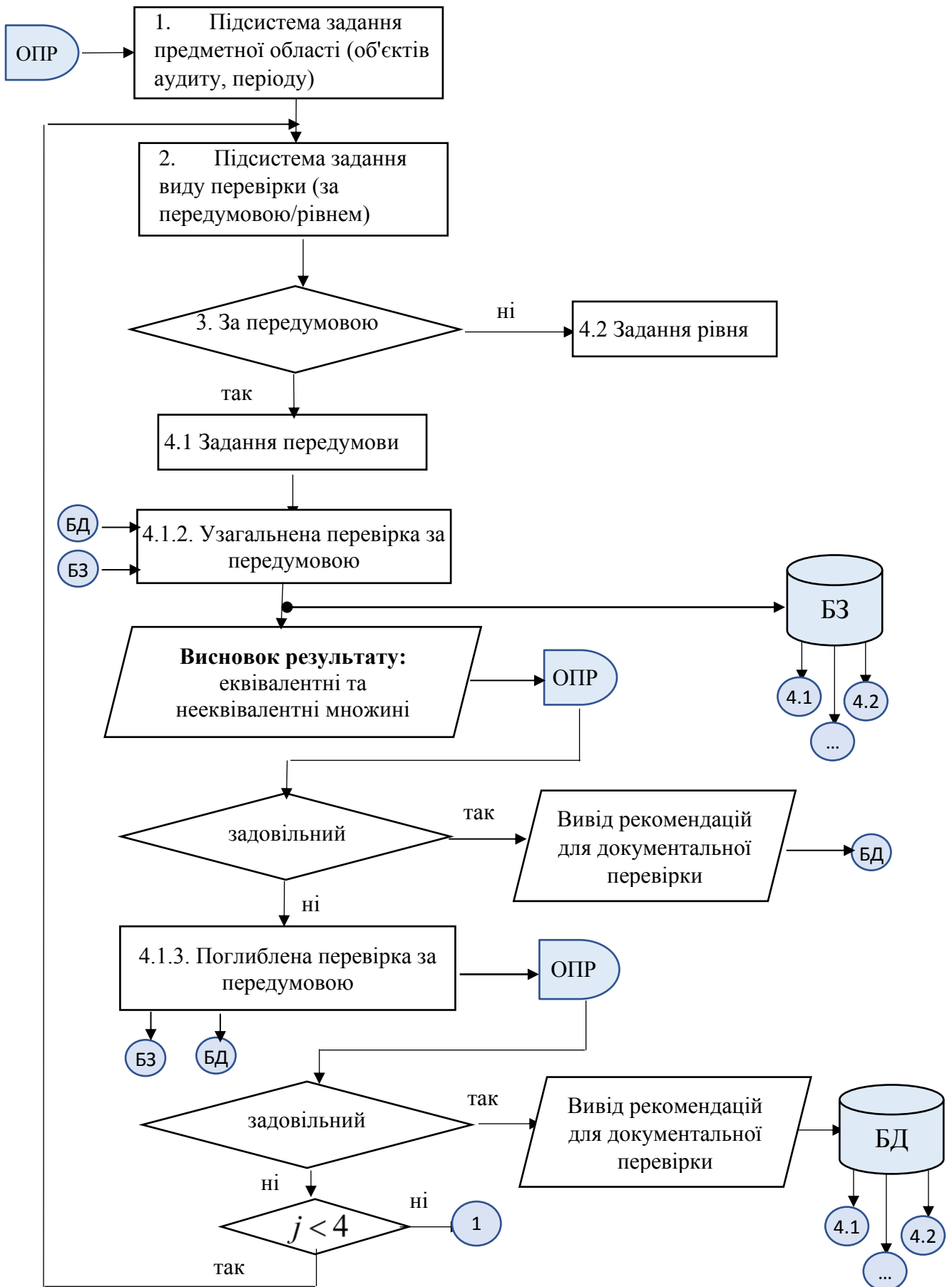


Рис 7. Загальна схема методології створення інтелектуальної інформаційної технології аналізу даних СППР аудиту

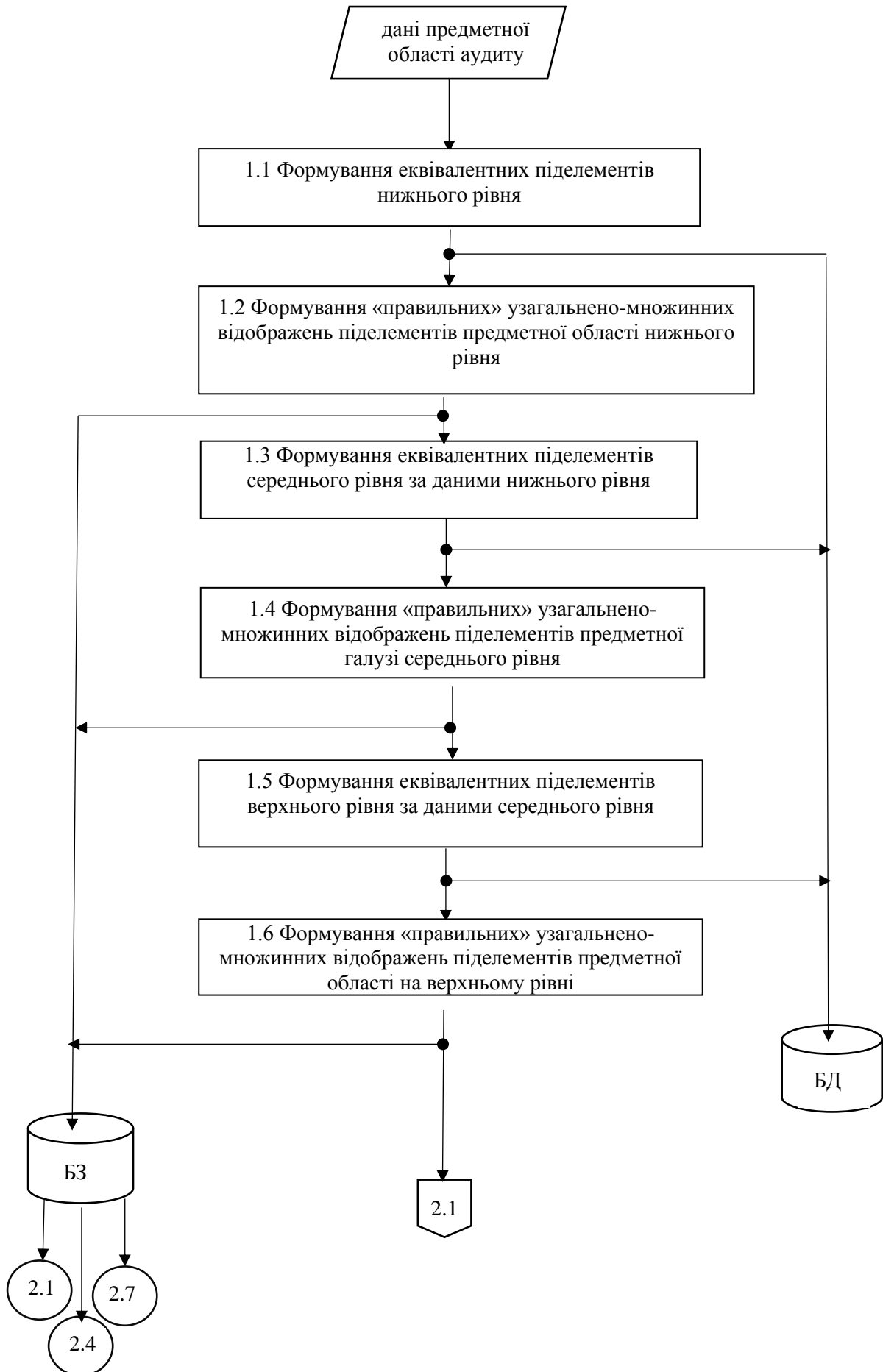


Рис. 8 Алгоритм методології інтелектуального аналізу даних в режимі навчання

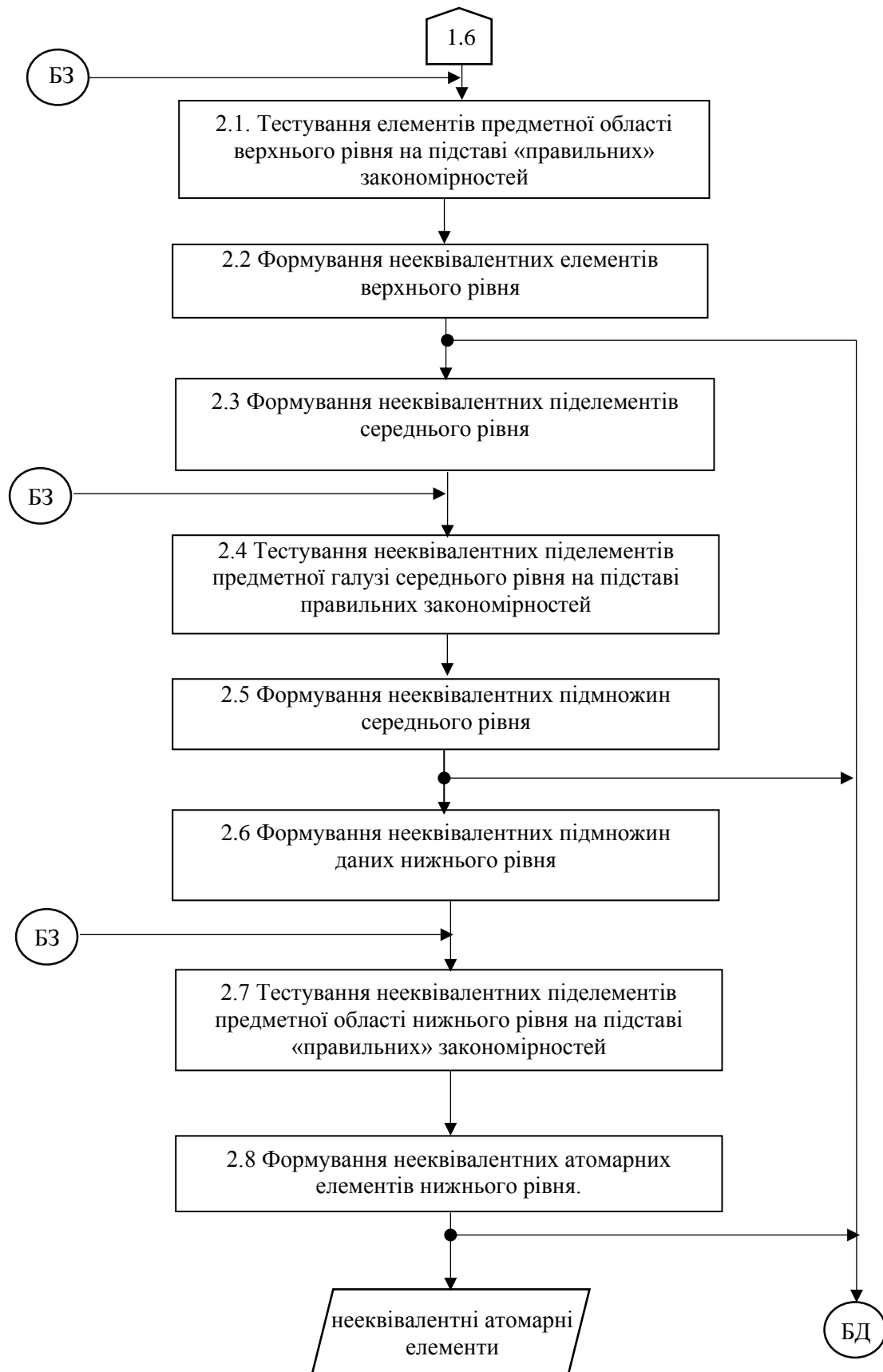


Рис.9 Алгоритм методології інтелектуального аналізу даних в режимі тестування

2.3. Визначення даних середнього рівня, на підставі яких визначалися нееквівалентні піделементи верхнього рівня сформовані в п.2.2.

2.4. Тестування нееквівалентних піделементів предметної області середнього рівня (робочий режим на підставі моделей розділу 4 на контрольних даних) на підставі «правильних» закономірностей, сформованих у п.1.4.

2.5. Формування нееквівалентних підмножин середнього рівня.

2.6. Визначення даних нижнього рівня, на підставі яких визначалися нееквівалентні піделементи середнього рівня.

2.7. Тестування нееквівалентних піделементів предметної галузі нижнього рівня на підставі «правильних» закономірностей, сформованих у п.1.2. (розділ 3 (перші три види властивостей) і розділ 4 (4 властивість))

2.8. Формування та виведення нееквівалентних підмножин нижнього рівня.

В п'ятому розділі наведені алгоритми параметричної ідентифікації нейромережових моделей розроблених в 4 розділі, алгоритми перевірки еквівалентності атомарних елементів.

Чисельні дослідження включають аналіз: точності моделей оцінювання і прогнозу, чисельної складності моделей і методів, порівняльний аналіз скорочення предметної області аудита в результаті застосування логіко-таксономічного підходу.

В табл. 2 наведені результати порівняння методів навчання для запропонованої моделі LSRN.

Табл. 2

Порівняння методів навчання для запропонованої моделі LSRN

Метод	Характеристики				Розрахункова складність (кількість послідовних операцій)
	R^2 (навчальна)	R^2 (тестова)	MRE, % (навчальна)	MRE, % (тестова)	
запропонований (паралельний режим)	0.968	0.956	4.5	5.1	$\sim P$
традиційний (зворотного поширення)	0.852	0.834	15.3	17.2	$\sim PN(N_0 + N_1)N_1$

Згідно з табл. 2, використання запропонованого методу: підвищує коефіцієнт детермінації і зменшує середню відносну помилку апроксимації, що підвищує точність оцінки на моделі (обґрунтованість рекомендованих рішень); зменшує обчислювальну складність у поєднанні з графічним процесором, що підвищує швидкість навчання і оперативність формування рекомендованих рішень (P - потужність навчальної множини, N - кількість ітерацій (epoch навчання), N_0 - кількість нейронів у вхідному шарі, N_1 - кількість нейронів у прихованому шарі).

На рис. 10 графічне представлення значень характеристик досліджуваних методів: (а) коефіцієнт детермінації R^2 ; (б) середня відносна помилка апроксимації MRE, яка розраховувалась за формулою:

$$MRE = \frac{1}{P} \sum_{\mu=1}^P \frac{\|y_{\mu} - \mathbf{d}_{\mu}\|}{\|\mathbf{d}_{\mu}\|} \cdot 100\% .$$

Коефіцієнт детермінації при застосуванні

запропонованого методу більше на 13% на навчальні вибірці і на 14,6% на тестовій. Середня відносна помилка апроксимації MRE зменшилась приблизно на 70% на навчальній і тестовий вибірках.

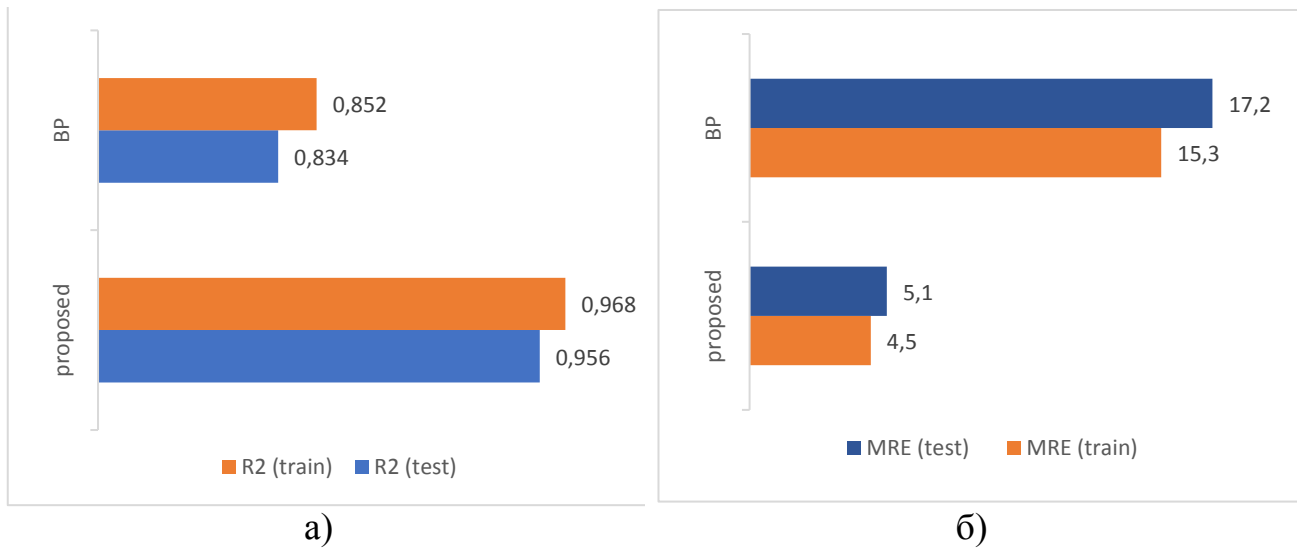


Рис. 10. Значення характеристик досліджуваних методів: (а) коефіцієнт детермінації R^2 ; (б) середня відносна помилка апроксимації MRE.

Таким чином, запропоновані в роботі методи і моделі, як складові методології створення і впровадження інтелектуальної інформаційної технології дозволили збільшити обґрунтованість та оперативність формування рекомендованих рішень при умові аналізу великих обсягів даних предметної області аудиту об'єктів цифрової економіки.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі представлені результати узагальнення й розв'язку важливої наукової-прикладної проблеми розробки методології створення і впровадження інтелектуальної інформаційної технології аналізу даних в системі підтримки прийняття рішень аудита для підвищення оперативності і обґрунтованості аудита об'єктів цифрової економіки. Це дасть змогу вдосконалити роботу аудиторських служб, установ податкового та фінансового контролю в умовах стрімкого розвитку цифрової економіки і здійснення цифрових трансформацій.

Виконані дослідження дають підстави зробити низку висновків:

– на основі аналізу опублікованих результатів досліджень в сфері аналізу даних цифрової економіки сформульовано мету дисертації як розв'язок науково-прикладної проблеми пов'язаної з розв'язанням протиріч щодо вимог оперативності і обґрунтованості аудиту та великих обсягів даних предметної області об'єктів цифрової економіки, що підлягають аналізу при прийнятті рішень на основі інтелектуальної інформаційної технології аналізу даних для створення та використання автоматизованої системи підтримки прийняття рішень аудита.

– запропоновано методологію створення інтелектуальної інформаційної технології аналізу даних СППР аудиту на основі методу узагальнено-множинної обробки інформації великих обсягів, що дозволяє вирішити проблему системного підходу та повноти аналізу даних предметної області та підвищення оперативності і обґрунтованості аудита об'єктів цифрової економіки.

– розроблено метод створення інформаційної моделі предметної області аудиту за передумовами «Обачність», «Повнота», «Відповідність витрат і доходів», «Періодичність» на трьох рівнях аудиту на основі теоретико-множинної моделі. Запропонований метод забезпечує:

- повноту аналізу за елементами та піделементами предметної області аудиту та їх властивостями, типами даних (нумерологічні, кількісні, текстові, логічні), відображеннями та їх напрямками (прямий і зворотний) за передумовами на трьох рівнях аудиту, що дозволяє підвищити обґрунтованість рекомендованих рішень аудиту;

- узагальнено-множинний експрес-аналіз предметної області аудиту, що дозволить скоротити кількість детальних аудиторських процедур на нижньому рівні та час перевірки, що підвищує оперативність прийняття рішень;

- структурування інформації предметної області аудиту, що дозволяє забезпечити автоматичну підготовку інформації необхідної для вирішення завдань аналізу на кожному рівні, за виділеними передумовами аудиту з урахуванням типу інформації.

– розроблено метод створення функціональної моделі перетворень елементів і піделементів предметної області аудиту на основі теоретико-множинної моделі:

- по чотирьох передумовах, які є підставою для автоматизації аналізу їх узагальнених властивостей по кожній передумові на верхніх рівнях системи аудиту і по атомарних елементах перевірки на нижньому рівні;

- за набором передумов, які є підставою для автоматизації аналізу їх узагальнених властивостей на одному рівні за всіма передумовами системи аудиту та за атомарними елементами перевірки на нижньому рівні;

- за чотирма видами інформації (нумерологічна, кількісна, текстова, логічна), який забезпечує повноту аналізу узагальнених властивостей і визначення перевірку еквівалентності атомарних елементів і дозволяє зменшити предметну область аудиту.

- створений логіко-таксономічний метод аналізу узагальнених властивостей елементів і піделементів предметної області аудиту за чотирма видами на основі функціональної моделі перетворень даних, який забезпечує повноту і впорядкованість аналізу узагальнених властивостей у напрямку від простих до більш складних і дозволяє скоротити час аналізу, що підвищує оперативність і обґрунтованість прийняття рішень;

- розроблено логіко-нейромережевий метод аналізу інформації предметної області аудиту, який дозволяє автоматизувати вибір моделі обробки інформації в СППР аудиту і оптимізувати його залежно від наступних характеристик об'єкта і процесу аудиту: виду інформації, передумови та режиму перевірки, що дозволяють автоматизувати формування знань, в межах функціональної моделі перетворень даних предметної області аудиту;

- *отримав подальший розвиток* метод автоматичної обробки інформації в напрямку автоматизації узагальнено-множинного аналізу даних часових рядів предметної області аудиту на підставі:

- нейромережевої моделі резервуарних обчислень, який на відміну від існуючих має більш просту структуру нейромережевої моделі, що прискорює навчання даної моделі для режиму експрес-перевірки системи аудиту;

- нейромережевої моделі шлюзових обчислень, який на відміну від існуючих використовує параметричну ідентифікацію на основі метаевристики, що підвищує точність прогнозу для режиму поглибленої перевірки системи аудиту;

- *удосконалено* метод автоматичної обробки інформації в напрямку автоматизації узагальнено-множинного аналізу відображень даних предметної області аудиту, який на відміну від існуючих використовує композицію нейромереж, що дозволяє масштабувати моделі для оцінювання показників аудиту складних виробничих процесів, на основі:

- детермінованої рекурентної мережі, яка враховує зворотні і незворотні відходи, напівпродукти та представляє ваги нейромережевої моделі у вигляді часток сировини, напівпродуктів, готової продукції, зворотних і незворотних відходів, та виконує навчання на основі матриць асоціативних зв'язків, що дозволяє оцінювати показники зворотних і незворотних відходів;

- детермінованої нерекурентної мережі, яка враховує напівпродукти і представляє ваги нейромережевої моделі у вигляді узагальнених показників сировини, напівпродуктів, готової продукції, і виконує навчання нейромережевої моделі на основі субтрактивної кластеризації та методу k-середніх, що прискорює навчання даної моделі в режимі експрес-перевірки системи аудиту;

- стохастичної рекурентної мережі, яка враховує напівпродукти, використовує зв'язки між стохастичними нейронами тільки сусідніх шарів і нейрони Гауса у вхідному і вихідному шарі, і виконує навчання нейромережевої моделі на основі методу контрастивної дивергенції, що дозволяє підвищити точність оцінювання в режимі поглибленої перевірки системи аудиту.

Створені структура та програмні компоненти СППР аудита, які реалізують паралельну і розподілену обробку інформації по передумовам «Повнота», «Обачливість», «Періодичність», «Відповідність доходів і видатків» і типам даних, що дозволило:

- зменшити матеріальні витрати на документальну перевірку у десятки разів у зв'язку зі зменшенням часу роботи аудитора;

- зменшити матеріальні витрати на документальну перевірку на 30% у зв'язку зі зменшенням кількості підприємств, що перевіряються;

в залежності від кількості записів, що перевіряються і наявної кількості фальсифікацій в них, що підтверджується актом апробації.

Наукові положення, висновки, пропозиції і рекомендації дисертаційної роботи можуть бути використані для практичної роботи аудиторських і консалтингових фірм, податкових служб, державних органів контролю. Робота впроваджена в на ТОВ захисту інформації та банківських технологій «САЙФЕР БІС», а саме: в межах аналітики руху засобів на банківських рахунках корпорації (холдингу, групи) було розроблено модуль аналізу системи аудита для системи дистанційного обслуговування клієнтів «ELPay»; у практичній діяльності Черкаської торгово-промислової палати, зокрема в ході сприяння розробки економічно-доцільних та ефективних регуляторних процедур та проведення моніторингу щодо ефективності діяльності підприємств регіону, на базі інноваційно-спеціалізованих інжинірингових лабораторій ГО «Асоціація Ноосфера» в ході підготовки та проведення циклу онлайн вебінарів «Deep Learning». Все, що ви хотіли знати про глибинне навчання», онлайн вебінарів «Artificial Intelligence now – create your own personal assistant», що підтверджено відповідними актами впровадження та довідками апробації.

Таким чином, сукупність отриманих в дисертації нових наукових результатів і оцінка ефективності їх використання дозволяють вважати сформульовану наукову проблему підвищення оперативності підвищення оперативності і обґрунтованості аудита об'єктів цифрової економіки, на підставі інтелектуальної інформаційної технології аналізу даних в системі підтримки прийняття рішень – вирішеною.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ
Наукові праці, в яких опубліковані основні результати дисертації

Видання індексовано в МНБД: SCOPUS, WEB OF SCIENCE

1. **Neskorodieva T.**, Fedorov E., Izonin I. Forecast Method for Audit Data Analysis by Modified Liquid State Machine. Proceedings of the 1st International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security (IntelITSIS 2020). In: CEUR Workshop Proceedings. vol. 2623, 2020, pp. 25-35 URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2623/paper3.pdf>

Видання індексовано в МНБД: SCOPUS, DBLP.

Автору належить метод автоматизації аналізу даних предметної області аудиту на основі модифікації моделі нейронної мережі машини рідких станів, метод її параметричної ідентифікації, та їх апробація при розв'язанні задачі прогнозування показників на основі даних відображення «сплачено-отримано».

2. **Neskorodieva T.**, Fedorov E. Automatic analysis method of audit data based on neural networks mapping. VII International Conference IT&I “Information technology and interaction”, December 02-03, Kyiv, 2020, Proceedings. – CEUR-WS, vol. 2833, 2021, pp.60-70. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2833/Paper_6.pdf.

Видання індексовано в МНБД: SCOPUS, DBLP.

Автору належить метод автоматизації аналізу даних предметної області аудиту на основі модифікації моделі нейромережі зустрічного розповсюдження, та удосконалення алгоритму навчання на основі k -середніх для визначення параметрів моделі в пакетному режимі.

3. **Neskorodieva T.**, Fedorov E. Method for Automatic Analysis of Compliance of Settlements with Suppliers and Settlements with Customers by Neural Network Model of Forecast. Shkarlet S., Morozov A., Palagin A. Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020). Selected Papers of 15th International Scientific-practical Conference, MODS, 2020 June 29 – July 01, Chernihiv, Ukraine. In: Advances in Intelligent Systems and Computing. vol. 1265. Springer. 2021. pp. 156-165. URL: <https://www.springer.com/gp/book/9783030581237>.

Видання індексовано в МНБД: SCOPUS.

Автору належить метод автоматизації аналізу даних предметної області аудиту на основі вдосконалення навчання нейронної мережі з рекурентним шлюзовим блоком та її апробація при розв'язанні задачі прогнозування показників на основі даних відображення «розрахунки з постачальниками – розрахунки з покупцями».

4. **Neskorodieva T.**, Fedorov E. Method of spectral clustering of payments and raw materials supply for the compliance audit planning. *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. 2021. №1. pp.127-135. ISSN 2313-688X (doi: 10/15588/1607-3274-2021-1-13).

Видання індексовано в МНБД: WEB OF SCIENCE.

Автору належить метод попередньої обробки даних для аналізу на основі модифікації методу спектральної кластеризації шляхом автоматичного визначення кількості кластерів; параметра масштабу та його апробацію для кластеризації послідовностей оплати та постачання сировини при автоматизації

процедур перевірки їх відповідності.

5. **Neskorodieva T., Fedorov E.** Method for Automatic Processing of Audit Content Based on Bidirectional Neural Network Mapping. Proceedings of the 2nd International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security (IntelITSIS 2021), Khmel'nitsky, Ukraine, 24–26 March 2021: Proceedings. – CEUR-WS, vol. 2853, 2021, pp. 178-189. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2853/paper17.pdf>

Видання індексовано в МНБД: SCOPUS, DBLP.

Автору належить метод автоматизації аналізу даних предметної області аудиту на основі вдосконалення навчання повної (двонаправленої) зустрічної нейронної мережі, який передбачає пакетний режим, та його апробація на даних надходження сировини та матеріалів для виробництва та виробленої продукції.

Фахові видання України

6. **Нескородєва Т.В.** Методика множественно-формального представлення предметної області аудита. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – № 61 (1103). – С. 66–74. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vcpisa_2014_61_11

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, DOAJ, Word Cat, Research Bib, Ulrich's Periodicals Directory.

7. **Нескородєва Т.В.** Методика моделирования проблем аудита синтетического учета в информационных технологиях обработки информации и управления. Радиоелектронні і комп'ютерні системи, 2015, № 2 (72) – С. 155–158. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/recs_2015_2_25

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, ROAD, DOAJ, Word Cat, INSPEC.

8. **Нескородєва Т.В.** Методика моделирования проблем аудита аналитического учета в информационных технологиях автоматизированной обработки информации и управления. Системи обробки інформації: зб. Наук. Пр. – Харк. Ун-т. Повітр. Сил ім. Івана Кожедуба. – Харків: № 8 (138), 2015 – С. 133–138. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2015_8_30

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, DOAJ.

9. **Нескородєва Т.В.** Методика формализации обобщенного полиальтернативного трехмерного прямого анализа данных синтетического учета расходов как основы информационной технологии аудита. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 45 (1217). – С. 46–54. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vcpisa_2016_45_10

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, DOAJ, Word Cat, Research Bib, Ulrich's Periodicals Directory.

10. **Нескородєва Т.В.** Методика формирования обобщенной функциональной структуры многомерных преобразований данных синтетического учета расходов предприятия в информационной технологии аудита. Радиоелектронні і комп'ютерні системи, 2016, № 3 (77) – С. 62–70. URL:

http://nbuv.gov.ua/UJRN/recs_2016_3_10

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, ROAD, DOAJ, Word Cat, INSPEC.

11. **Нескорородева Т.В.** Методика моделювання проблем аудита первичного учета в інформаційних технологіях обробки інформації та управління. Системи обробки інформації: зб. Наук. Пр. – Харк. Ун-т. Повітр. Сил ім. Івана Кожедуба. – Харків: № 1 (138), 2016 – С. 169–175. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2016_1_38

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, DOAJ.

12. **Нескорородева Т.В.** Методологія створення та застосування інформаційної технології узагальненого багатовимірного аналізу даних синтетичного учета по напрямках трансформацій підпорядкованим передумовкам бухгалтерського учета. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 37 (1209). – С. 46–53. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vcpisa_2016_37_11

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, DOAJ, Word Cat, Research Bib, Ulrich's Periodicals Directory.

13. **Нескорородева Т.В.** Правила та складові частини методик узагальнено-багатовимірного відображення інформації в підсистемі експрес-аналізу СППР аудиту. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – № 51 (1272). – С. 58–64. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vcpisa_2017_51_11

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, DOAJ, Word Cat, Research Bib, Ulrich's Periodicals Directory.

14. **Нескорородева Т.В.** Правила та складові частини методик узагальнено-багатовимірного відображення інформації в підсистемі аналітичного учета СППР аудиту верхнього рівня. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 55 (1276). – С. 31–38. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vcpisa_2017_55_8

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, DOAJ, Word Cat, Research Bib, Ulrich's Periodicals Directory.

15. **Нескорородева Т.В.** Постановка завдань автоматизованого аналізу даних у підсистемі аудиту передумови інформаційної технології системи підтримки прийняття рішень. Системи управління, навігації та зв'язку 2019. ТЗ., № 55 – С. 126–130. doi: 10.26906/SUNZ.2019.3.126.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, General Impact Factor, Academic Resource Index, Scientific Indexed Service.

16. **Нескорородева Т.В.** Методика формалізації завдань системи аудиту першого рівня. Технічні науки і технології: науковий журнал, 2019. № 2 (16) – С. 86–94. doi: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)3-86-94.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus.

17. **Нескорородева Т.В.** Постановка завдань підсистеми аудиту передумовки середнього рівня ІТ СППР. Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки, 2020. №2. С.38-48. doi: 10.24025/2306-4412.2.2020.194985.

Режим доступу:

http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchdtu_2020_2_7.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, World Cat, Research Bib.

18. **Нескородєва Т.В.** Постановка задач автоматизированного анализа данных в подсистеме аудита предпосылки среднего уровня ИТ СППР. Вісник Хмельницького національного університету, №3, 2020 (285) с.99-104. doi 10.31891/2307-5732-2020-285-3-15.

Видання індексовано в МНБД: Index Copernicus, World Cat, Research Bib.

19. **Нескородєва Т.В.** Постановка елементарних задач аудиту передумови положень бухгалтерського обліку в інформаційній технології системи підтримки рішень. Сучасні інформаційні системи 2019. ТЗ., № 1. С. 48–54. doi: 10.20998/2522-9052.2019.1.08.

20. **Neskorodieva T.V.** Formalization method of the first level variables in the audit systems IT ISSN 1028-9763. Математичні машини і системи, 2019, № 4. doi: 10.34121/1028-9763-2019-4-79-86.

21. **Neskorodieva T., Fedorov E., Neskorodieva A., Sichko T., Rymar P.** Neural network detection method of data anomalies of waste-free production audit. Computer Systems and Information Technologies. 2021. № 2 (16) – p. 20–32. doi: <https://doi.org/10.31891/CSIT-2021-4-3>.

Автору належить метод автоматизації аналізу даних предметної області аудиту безвідходного виробництва на основі нейромережевої моделі Гаусса-Бернуллі односпрямованої обмеженої машини Коші, метод параметричної ідентифікації.

Публікації апробаційного характеру:

22. **Neskorodieva T., Fedorov E.** Automatic analysis method of audit data based on neural networks mapping. VII International Conference IT&I “Information technology and interaction”, December 02-03, Kyiv, 2020, p.36-40. <http://eportfolio.kubg.edu.ua/data/conference/6329/document.pdf>.

23. **Neskorodieva T., Fedorov E.** Spectral clustering method for audit task of compliance of payment and raw materials. Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій. Конференція присвячена 120-річчю з дня заснування національного університету «Запорізька політехніка». Тези доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції 07-09 жовтня 2020 р., Запоріжжя. С. 98-99. ISBN 978-617-529-292-1.

24. **Нескородєва Т.В.** Методологические основы информационных технологий автоматизированной обработки информации в аудите. Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи): праці третьої міжнар. наук.-практ. конф. «Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи) – 2015» (ComInt 2015), 12-15 травня 2015 р., Київ Черкаси – Черкаси: видавець Чабаненко Ю., 2015. – С. 367 368.

25. **Нескородєва Т.В.** Структурные составляющие методологии создания и применения информационной технологии обобщенного многомерного анализа данных бухгалтерского учета [Электронный ресурс]. Матеріали XIII міжнародної конференції "Контроль і управління в складних системах (КУСС-2016)", м. Вінниця, 3 6 жовтня 2016 р. Електрон. текст. дані.

Вінниця: ВНТУ, 2016. Режим доступу: URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/13184>.

26. **Нескородєва Т.В.** Методология проектирования информационной технологии анализа предприятий как основы СППР аудита. Матеріали III Міжнародної науково-технічної конференції «Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем (КМОСС-2017)» – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2017. – С. 327–329.

27. **Нескородєва Т.В.** Правила и составные части методики обобщенно-множественного отображения информации в подсистеме экспресс-анализа СППР аудита. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції (м. Дніпро, 1, 2 листопада 2018 року) «Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем (КМОСС-2018)» – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2018. – С. 380–382.

28. **Neskorodieva T.V.** Formalization method of the first level variables in the audit systems IT. Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2019: тези доповідей Чотирнадцятої міжнародної науково-практичної конференції (Чернігів, 24-26 червня 2019 р.). – м-во освіти і науки України, нац. Академія наук України, Академія технологічних наук України, Інженерна академія та ін. - Чернігів.: ЧНТУ – С.167-170.

29. **Нескородєва Т.В.,** Січко Т.В. Аналіз характеристик користувачів інформаційних технологій СППР аудиту: матеріали VII Міжнарод. наук.-практ. конф. «Управління розвитком технологій», 25-26 березня 2020 р. Київ, Україна. С. 75-76.

30. **Нескородєва Т.В.,** Січко Т.В. Метод формалізації предметної області аудиту передумов «Обачність», «Повнота»: матеріали VIII Міжнарод. наук.-практ. конф. «Управління розвитком технологій», 26-27 березня 2021 р. Київ, Україна. С. 63–64.

31. **Neskorodieva T.,** Fedorov E. Logic-neural network method to analysis of audit data. Матеріали наукової конференції професорсько-викладацького складу, наукових працівників і здобувачів наукового ступеня за підсумками науково-дослідної роботи за період 2019–2020 рр. (квітень–травень 2021 р.). Вінниця: Донецький національний університет імені Василя Стуса, 2021. С. 331–334

32. **Нескородєва Т.В.** Обобщенный трехмерный анализ данных расходов по направлениям преобразований подчиненным предпосылкам бухгалтерского учета в ИТ аудита. IV Наукова конференція «Фундаментальні та прикладні дослідження у сучасній науці». Збірка наукових праць. – Харків, Х.: Технологічний Центр, 2016. – С. 85.

33. **Нескородєва Т.В.** Функциональная структура преобразований расходов предприятия по направлениям подчиненным предпосылкам бухгалтерского учета в информационной технологии аудита. Матеріали II Всеукраїнської конференції з міжнародною участю (м. Дніпро, 1-3 листопад 2016 року) «Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем (КМОСС-2016)» – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2016. – С. 279 -282.

АНОТАЦІЯ

Нескородєва Тетяна Василівна. Методологія створення інтелектуальної інформаційної технології аналізу даних СППР аудита. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології. – Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, 2021.

В дисертації розглянуто науково-прикладну проблему пов'язану з розв'язанням протиріч щодо вимог оперативності і обґрунтованості аудиту та великих обсягів даних предметної області об'єктів цифрової економіки, що підлягають аналізу на основі розробки методології створення і впровадження інтелектуальної інформаційної технології аналізу даних в системі підтримки прийняття рішень аудита для підвищення оперативності і обґрунтованості аудиту об'єктів цифрової економіки.

Метою досліджень є розв'язання науково-прикладної проблеми підвищення оперативності і обґрунтованості аудиту об'єктів цифрової економіки, на підставі розробки методології створення інтелектуальної інформаційної технології аналізу даних в системі підтримки прийняття рішень.

Виконано аналіз існуючих моделей, методів та інформаційних технологій автоматизованої переробки інформації в системах підтримки прийняття рішень аудиту об'єктів цифрової економіки. На основі огляду наукової літератури визначено необхідні теоретичні складові, які потребують подальших досліджень.

Розроблено метод створення інформаційної моделі предметної області аудиту для формалізації функціональної структури даних об'єктів цифрової економіки.

Створена функціональна модель перетворень даних предметної області аудиту, яка дозволяє формалізувати перетворення інформації в межах інформаційної моделі предметної області, для формалізації автоматизованої переробки інформації.

Створені методи та моделі аналізу даних, які дозволяють автоматизувати формування знань, в межах функціональної моделі предметної області аудита.

Розроблена структура та алгоритми інтелектуальної інформаційної технології обробки інформації в системі підтримки прийняття рішень аудиту.

Виконана кількісна оцінка розроблених моделей і методів, дослідити їх вплив на оперативність, обґрунтованість прийняття рішень при аудиті об'єктів цифрової економіки

Об'єктом дослідження є процеси аналізу даних аудита об'єктів цифрової економіки.

Предметом дослідження є методологія створення інтелектуальної інформаційної технології аналізу даних СППР аудита об'єктів цифрової економіки.

Розширені науково-методологічні основи створення і впровадження інтелектуальної інформаційної технології аналізу даних в системі підтримки прийняття рішень аудита для підвищення оперативності і обґрунтованості аудиту об'єктів цифрової економіки. Для аналізу існуючих моделей, методів та

інформаційних технологій автоматизованої переробки інформації в системах підтримки прийняття рішень аудиту об'єктів цифрової економіки, а також при вирішенні завдань дослідження застосовувались теорія і методи системного аналізу, теорія множин і функціонального аналізу, штучних нейронних мереж, методи паралельної та розподіленої обробки інформації.

Ключові слова: предметна область аудиту, передумови аудита, об'єкт цифрової економіки, узагальнено-множинний аналіз, відображення даних, інтелектуальна інформаційна технологія, інформаційна модель, функціональна модель.

ABSTRACT

Neskorodieva Tetiana. Methodology for creating data analysis intelligent information technology for DSS audit. - Qualified scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for a Doctor of Science Degree in specialty 05.13.06 "Information Technologies". – Vasyl' Stus Donetsk National University, Vinnitsa, 2021.

The dissertation deals with the scientific and applied problem connected with the solution of contradictions between constantly growing the requirements of efficiency and validity of the audit and large amounts of data in the subject area of digital economy objects to be analyzed. The problem is solved based on developing a methodology for creating and implementing intelligent information technology of data analysis to system of support audit decision-making to improve the efficiency and validity of the audit of digital economy.

The purpose of research is to solve the scientific and applied problem of improving the efficiency and validity of the audit of the digital economy objects, based on the development of a methodology for creating intelligent information technology for data analysis in the audit support.

An analysis of existing models, methods and information technologies of automated information processing in decision support systems for auditing objects of the digital economy. Based on the analytical review of the scientific literature the necessary theoretical components which need further research are defined.

A method of creating an information model of the subject area of audit to formalize the functional structure of data objects of the digital economy has been developed.

A functional model of data transformations of the subject area of audit has been created, which allows to formalize the transformation of information within the information model of the subject area, to formalize the automated processing of information.

Methods and models of data analysis have been created, which allow automating the formation of knowledge within the functional model of the subject area of audit.

The structure and algorithms of intelligent information technology of information processing in the audit decision support system are developed.

The quantitative estimation of the developed models and methods is executed, to investigate their influence on efficiency, validity of decision-making at audit of objects of digital economy

The object of research is the processes of audit data analysis of digital economy objects.

The subject of the research is the methodology of creation of intelligent information technology of DSS data analysis of objects audit of digital economy.

The scientific and methodological bases of creation and introduction of intelligent information technology of data analysis in the system of audit decision-making support for increase of efficiency and validity of objects audit of digital economy are expanded. For the analysis of existing models, methods and information technologies of automated information processing in decision support systems for auditing objects of digital economy, as well as in solving research problems used theory and methods of systems analysis, set theory and functional analysis, artificial neural networks, parallel and distributed information processing.

Keywords: subject area of audit, audit prerequisites, object of digital economy, generalized-multiple analysis, data mapping, intelligent information technology, information model, functional model.