УДК (004.22:005.94):004.8:005.33

Науменко Максим Анатолійович
кандидат економічних наук, заступник директора з питань фінансів
Благодійний фонд «Юкрейніанстугезер»
Naumenko Maksym
PhD in Economics, CFO
Charitable Foundation "Ukrainians Together"
ORCID: 0009-0006-7590-572X

DOI: 10.25313/2520-2294-2024-6-10010

МОДЕЛІ БІЗНЕСОВИХ ЗНАНЬ В СИСТЕМАХ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО КОНКУРЕНТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

MODELS OF BUSINESS KNOWLEDGE IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS FOR AN EFFICIENT COMPETITIVE ENTERPRISE

Анотація. *Вступ. Оскільки основною кінцевою метою процесів інтелектуального аналізу бізнесових даних є вилучення/пошук/отримання нових, прихованих знань у вигляді шаблонів/закономірностей (з метою подальшого автоматизованого використання цих нових знань у корпоративних системах штучного інтелекту) – важливо та актуально дослідити комплекс проблем ефективної та оптимальної формалізації, конфігурації та параметризації таксономізованих моделей представлення знань.*

Крім того, варто зазначити, що корпоративні бази знань самі по собі є одним із найважливіших ресурсів сучасного підприємства, і ефективне використання цього ресурсу може істотно вплинути на його конкурентоспроможність, інвестиційну привабливість та капіталізацію. Іншими словами, управління корпоративними базами знань – це технологічний процес роботи з інформаційними ресурсами підприємства для забезпечення доступу, вилучення та аналізу корпоративної інформації, який дає користувачам можливість орієнтуватися у величезних сховищах структурованої та неструктурованої інформації підприємства, і, використовуючи наявні знання, приймати швидше рішення на основі більш повної інформації.

Мета. Основною метою даного дослідження є дослідження питань ефективного пошуку, формалізації та використання знань в рамках менеджменту ефективного та конкурентного підприємства. Ця основна мета дослідження реалізована через виконання наступних підзадач дослідження: аналіз поняття знання як важливого корпоративного активу; удосконалення комплексної таксономії корпоративних знань; дослідження актуальності періодичного Data Mining як основного джерела нових, прихованих, нетривіальних закономірностей/шаблонів у великих корпоративних даних в умовах нестабільності та кризи; дослідження особливостей, переваг та недоліків чотирьох основних типів моделей представлення знань в системах штучного інтелекту; обґрунтування методології гібридного використання різних моделей подання знань при проектування Баз Знань систем штучного інтелекту.

Матеріали і методи. Матеріалами дослідження є: 1) авторський досвід, авторські евристики, накопичені при реалізації конкретних проектів та у фінансовому менеджменті ефективних та конкурентних підприємств різних галузей економіки; 2) праці вітчизняних та зарубіжних авторів, що провадять свої науково-практичні дослідження у царині data mining; 3) праці вітчизняних та зарубіжних авторів, що провадять свої науково-практичні дослідження у царині проектування та використання баз знань для систем штучного інтелекту.

В процесі здійснення дослідження було використано наступні наукові методи: теоретичного узагальнення та групування (для дослідження та аналізу поняття знання як важливого корпоративного активу; удосконалення комплексної таксономії корпоративних знань); формалізації (дослідження специфіки періодичного Data Mining як основного джерела нових, прихованих, нетривіальних закономірностей/шаблонів у великих корпоративних даних в умовах нестабільності та кризи); аналізу та синтезу (для дослідження особливостей, переваг та недоліків чотирьох основних типів моделей представлення знань в системах штучного інтелекту); логічного узагальнення результатів (обґрунтування методології гібридного використання різних моделей подання знань при проектування Баз Знань систем штучного інтелекту та для формулювання висновків).

Результати. У статті основною метою дослідження є методологія ефективного пошуку, формалізації та використання знань у рамках ефективного та конкурентоспроможного управління підприємством в умовах нестабільності, невизначеності та інших кризових чинників. Ця основна мета дослідження реалізується через наступні підзавдання дослідження: аналіз концепції знань як важливого корпоративного активу; вдосконалення комплексної таксономії корпоративних знань; дослідження актуальності періодичного інтелектуального аналізу даних як основного джерела нових, прихованих, нетривіальних закономірностей/шаблонів у великих корпоративних даних в умовах нестабільності та кризи; дослідження особливостей, переваг та недоліків чотирьох основних типів моделей представлення знань у системах штучного інтелекту; обґрунтування методології гібридного використання різних моделей представлення знань при проектуванні Баз знань систем штучного інтелекту.

Перспективи. В подальших наукових дослідженнях автора (в рамках подальшої розробки системної методології ефективного управління конкурентним підприємством) пропонується зосередити особливу увагу на: особливостях оперування різними видами невизначеності; методологію систематичного Data Mining в автоматичному режимі (в т.ч. в рамках Data Pipeline); нових підходах і методах гібридизації як алгоритмів Data Mining, так і гібридизації представлення отриманих знань в інноваційних базах знань систем штучного інтелекту.

Ключові слова: *управління підприємством, штучний інтелект, бази знань, ефективність, конкуренція.*

Summary. *Introduction. Since the main final goal of the processes of intellectual analysis of business data is the extraction/search/obtainment of new, hidden knowledge in the form of patterns/regularities (with the aim of further automated use of this new knowledge in corporate artificial intelligence systems) – it is important and urgent to investigate the complex of problems of effective and optimal formalization, configuration and parameterization of taxonomized knowledge representation models.*

In addition, it is worth noting that corporate knowledge bases in themselves are one of the most important resources of a modern enterprise, and the effective use of this resource can significantly affect its competitiveness, investment attractiveness and capitalization. In other words, the management of corporate knowledge bases is a technological process of working with the information resources of the enterprise to ensure access, extraction and analysis of corporate information, which gives users the opportunity to navigate in huge stores of structured and unstructured information of the enterprise, and, using existing knowledge, make faster decisions on based on more complete information.

Purpose. The main goal of this study is to investigate the issues of effective search, formalization and use of knowledge within the framework of effective and competitive enterprise management. This main goal of the research is implemented through the following sub-tasks of the research: analysis of the concept of knowledge as an important corporate asset; improvement of the complex taxonomy of corporate knowledge; research on the relevance of periodic Data Mining as the main source of new, hidden, non-trivial regularities/patterns in large corporate data in conditions of instability and crisis; study of features, advantages and disadvantages of four main types of knowledge representation models in artificial intelligence systems; justification of the methodology of the hybrid use of different models of knowledge presentation in the design of Knowledge Bases of artificial intelligence systems.

Materials and methods. The research materials are: 1) the author's experience, the author's heuristics, accumulated during the implementation of specific projects and in the financial management of effective and competitive enterprises in various sectors of the economy; 2) works of domestic and foreign authors conducting scientific and practical research in the field of data mining; 3) works of domestic and foreign authors conducting scientific and practical research in the field of designing and using knowledge bases for artificial intelligence systems.

In the process of carrying out the research, the following scientific methods were used: theoretical generalization and grouping (for research and analysis of the concept of knowledge as an important corporate asset; improvement of the complex taxonomy of corporate knowledge); formalization (study of the specifics of periodic Data Mining as the main source of new, hidden, non-trivial regularities/patterns in large corporate data in conditions of instability and crisis); analysis and synthesis (to study the features, advantages and disadvantages of four main types of knowledge representation models in artificial intelligence systems); logical generalization of the results (justification of the methodology of the hybrid use of different models of knowledge presentation when designing Knowledge Bases of artificial intelligence systems and for formulating conclusions).

Results. In the article, the main goal of the research is the methodology of effective search, formalization and use of knowledge within the framework of effective and competitive enterprise management in conditions of instability, uncertainty and other crisis factors. This main goal of the research is implemented through the following research sub-tasks: analysis of the concept of knowledge as an important corporate asset; improvement of the complex taxonomy of corporate knowledge; research on the relevance of periodic intellectual data analysis as the main source of new, hidden, non-trivial regularities/patterns in large corporate data in conditions of instability and crisis; study of features, advantages and disadvantages of four main types of knowledge representation models in artificial intelligence systems; substantiation of the methodology of hybrid use of different models of knowledge representation in the design of Knowledge Bases of artificial intelligence systems.

Discussion. In further scientific research of the author (as part of the further development of the systematic methodology of effective management of a competitive enterprise), it is proposed to focus special attention on: features of operating with various types of uncertainty; methodology of systematic Data Mining in automatic mode (including within the Data Pipeline); new approaches and methods of hybridization of both Data Mining algorithms and hybridization of the presentation of acquired knowledge in innovative knowledge bases of artificial intelligence systems.

Key words: *enterprise management, artificial intelligence, knowledge bases, efficiency, competition.*

Постановка проблеми. Трансформаційна економіка України систематично має негативний вплив як від глобальних кризових макроекономічних явищ, від національних і регіональних особливостей економічного укладу (викликаного особливостями розвитку республіки до 1991 року), так і від глобальними інноваційними технологічними змінами Industry 4.0 та Industry 5.0 [1]. Тобто Прогрес у розвитку та впровадженні інноваційних інтелектуальних комп'ютерних технологій (Data Science, Big Data Analysis and Analytics, FinTech [2]) викликав подальше значне збільшення обсягу збережених пакетних та потокових структурованих, напівструктурованих та неструктурованих даних — Big Data. Це, у свою чергу, призвело до того, що людині-експерту стало все складніше оперативно та об'єктивно аналізувати ці Big Data (навіть у пакетному режимі) та будувати актуальні аналітичні моделі [3–5]. Хоча необхідність проведення такого аналізу/аналітики цілком очевидна, адже в цих 'сирих великих даних' містяться нові приховані знання, які можуть бути використані при прийнятті більш ефективних і конкурентних управлінських рішень [6–8]. Тому особливої актуальності в сучасній концепції менеджменту набувають методи/алгоритми, що дозволяють проводити автоматичний аналіз та аналітику великих даних з метою пошуку нових, прихованих, нетривіальних, корисних знань (з метою їх подальшого автоматизованого використання у Системах Штучного Інтелекту — СШІ).

Саме технологія Data Mining (і, головним чином методи/алгоритми машинного навчання в рамках Data Mining) — відповідають за автоматизовані процеси виявлення в 'сирих' даних — раніше невідомих, нетривіальних, практично корисних і доступних для інтерпретації знань необхідних для прийняття рішень у різних сферах людської діяльності за допомогою СШІ [9–12]. Data Mining — мультидисциплінарна область, що виникла і розвивається на базі таких наук як прикладна статистика, розпізнавання образів, штучний інтелект, теорія баз і сховищ даних тощо. У технології Data Mining гармонійно об'єдналися суворо формалізовані методи і методи неформальної аналізу, тобто кількісний і якісний аналіз даних, виявлення аномалій в даних [13; 14], аналіз часових рядів тощо.

Знання, віднайдені в процесі застосування методів Data Mining, повинні бути нетривіальними, прихованими і раніше невідомими, бо, наприклад, середні продажі не є такими. Знання повинні описувати нові зв'язки між властивостями, прогнозувати значення одних ознак на основі інших тощо. Знайдені знання повинні бути застосовними до нових даних (в процесі використання СШІ) — з деяким ступенем точності та повноти. Результативність функціонування СШІ — це додаткова корисність, коли формалізовані в Базі Знань СШІ — ці знання генерують додаткову ефективність, конкурентність та іншу вигоду при їхньому доречному використанні/застосуванні [15–17]. Знання повинні бути надані в зрозумілому для користувача-нематематика вигляді. Наприклад, простіше всього сприймаються людиною логічні конструкції 'якщо … то …'. Більш за те, такі правила можуть бути використані в різних DBMS у якості SQL — запитів. У випадку, коли витягнуті знання непрозорі для користувача, повинні існувати методи постобробки та постінтерпретації, які дозволяють привести їх до інтерпретованого вигляду.

Отже, основна особливість сучасного Data Mining — це поєднання широкого математичного інструментарію (від початкової розвідувальної візуалізації, потім — класичного статистичного аналізу, з наступним залученням як класичних методів машинного навчання, так і ансемблювання та гібридизації shallow machine learning and even deep machine learning) і останніх досягнень в сфері технологій Big structured, semistructured and, even, unstructured Data.

Оскільки основною кінцевою метою процесів Data Mining — є вилучення/пошук/отримання нового, прихованого знання у формі шаблонів/закономірностей (з метою подальшого автоматизованого використання цих нових знань у системах штучного інтелекту), то важливо і актуально дослідити комплекс проблем ефективної та оптимальної формалізації, конфігурації та параметризації класифікованих моделей подання знань (зокрема і для подальшого їх гібридного використання [18–20]) для СШІ.

Крім того, варто відмітити, що корпоративні бази знань самі по собі є одним з найважливіших ресурсів сучасного підприємства, і ефективне використання цього ресурсу здатне значно вплинути на підвищення його конкурентноздатності, інвестиційної привабливості і капіталізації. Іншими словами, управління корпоративними базами знань — це технологічний процес роботи з інформаційними ресурсами підприємства для забезпечення доступу, витягу і аналізу корпоративної інформації, що дає користувачам можливість орієнтуватися у величезних сховищах структурованої і неструктурованої інформації підприємства, і, отримуючи переваги з існуючих знань, ухвалювати швидші рішення на основі повнішої інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Класичні теоретичні питання орієнтованих на знання інтелектуальних систем розглянуто в роботах Hayes-Roth Frederick, Donald Waterman, Douglas Lenat [21]; Feigenbaum Edward [22]; MacGregor Robert [23], Krishna S. [24].

Проте недостатньо розкриті науково-практичні питання щодо ефективного пошуку, формалізації знань, проектування баз знань та використання знань в СШІ в рамках концепції інноваційного менеджменту ефективного та конкурентного підприємства саме в умовах кризи.

Мета статті. Отже, враховуючи вищенаведене, основною метою даного дослідження є дослідження питань ефективного пошуку, формалізації та використання знань в рамках менеджменту ефективного та конкурентного підприємства. Ця основна мета дослідження реалізована через виконання наступних підзадач дослідження: аналіз поняття знання як важливого корпоративного активу; удосконалення комплексної таксономії корпоративних знань; дослідження актуальності періодичного Data Mining як основного джерела нових, прихованих, нетривіальних закономірностей/шаблонів у великих корпоративних даних в умовах нестабільності та кризи; дослідження особливостей, переваг та недоліків чотирьох основних типів моделей представлення знань в СШІ; обгрунтування методології гібридного використання різних моделей подання знань при проектування Баз знань СШІ.

Матеріали і методи. Матеріалами дослідження є: 1) авторський досвід, авторські евристики, накопичені при реалізації конкретних проектів та у фінансовому менеджменті ефективних та конкурентних підприємств різних галузей економіки; 2) праці вітчизняних та зарубіжних авторів, що провадять свої науково-практичні дослідження у царині data mining; 3) праці вітчизняних та зарубіжних авторів, що провадять свої науково-практичні дослідження у царині проектування та використання баз знань для систем штучного інтелекту.

В процесі здійснення дослідження було використано наступні наукові методи: теоретичного узагальнення та групування (для дослідження та аналізу поняття знання як важливого корпоративного активу; удосконалення комплексної таксономії корпоративних знань); формалізації (дослідження специфіки періодичного Data Mining як основного джерела нових, прихованих, нетривіальних закономірностей/шаблонів у великих корпоративних даних в умовах нестабільності та кризи); аналізу та синтезу (для дослідження особливостей, переваг та недоліків чотирьох основних типів моделей представлення знань в СШІ); логічного узагальнення результатів (обгрунтування методології гібридного використання різних моделей подання знань при проектування Баз знань СШІ та для формулювання висновків).

Виклад основного матеріалу. З моменту народження комп'ютерної технології її намагаються використати для вирішення все більш складних задач. Найбільш розвинуті на сьогоднішній день методи рішення основані на формалізованих алгоритмах. Однак, в сучасній практичній діяльності більшість актуальних задач, які потребують автоматизації, є погано формалізуємі (невизначеність вхідної інформації чи/або наслідків дій). Виділяють наступні особливості неформалізуємих задач: алгоритм рішення задачі невідомий чи не може бути використаний через обмеженість ресурсів комп'ютера; задача не може бути визначена у числовій формі; цілі задачі не можуть бути виражені в термінах точно визначеної цільової функції.

Народження науки про штучний інтелект (ШІ) та неможливість вирішувати неформалізовані задачі класичними методами теорії управління, оптимізації та системного аналізу обумовлено декількома факторами:

– будь-який проектувальник складних інформаційних систем стикається з комплексом проблем, які погано піддаються рішенню традиційними методами (через неповноту знань про навколишнє середовище, неминучі похибки, непередбачуваність реальних ситуацій), що вимагає використання адаптивних інтелектуальних систем, які здатні налаштовуватися на зміну «правил гри» і самостійно орієнтуватися у складних умовах;
– проектувальник не може врахувати та звести у загальну систему рівнянь всю сукупність зовнішніх умов — особливо при наявності багатьох активних гравців. «Прокляття розмірності» стає реальним стримуючим фактором при вирішенні багатьох складних задач. Отже, самоадаптація системи в процесі динамічного моделювання у «наближених до бойових умовах» — є майже єдиним способом рішення задач у таких випадках.

Для рішення задач, які неформалізуються або важко формалізуються традиційно використовуються два основних підходи: заснований на правилах (rule-based); заснований на прикладах (case-based).

Отже для вирішення неформалізуємих та погано формалізуємих задач та спроби врахувати недоліки процедурного підходу призвели до формування орієнтованого на знання підходу. Суть якого полягає у виділенні знань з програмного забезпечення ІС і перетворення їх у одну з компонент інформаційного забезпечення — базу знань. Фактично обидва вищеописані підходи до вирішення неформалізованих задач передбачають виділення знань (тільки різних за своєю суттю, див. нижче), та створення бази знань (БЗ). Знання у БЗ зберігаються у конкретній стандартній формі, що дає можливість їх легкого визначення, модифікації та доповнення. Рішення поставлених задач реалізується за допомогою логічних висновків, які базуються на знаннях з БЗ. Для цього використовується механізм логічного висновку, який є основою програмного забезпечення орієнтованої на знання системи.

Дослідження методологічних особливостей знань для кібернетичних систем.

Взагалі, у практиці розвитку інформатики є тільки одна категорія інформації, в якій первісно закладені принципи відсутності помилок, модернізованості та розвитку, мобільності тощо — це знання.

Визначення терміну «знання» — включає філософські елементи. Наприклад, знання — це перевірений практикою результат пізнання дійсності, вірне її відображення у свідомості людини.

Наукове знання — це розуміння дійсності у її минулому, теперішньому та майбутньому, у достовірному узагальненні фактів, у тому, що за випадковим воно знаходить необхідне, за одиничним — загальне, а на цій основі здійснює передбачення.

У загальноприйнятому сенсі термін «знання» розглядають як протилежний до незнання, тобто відсутності перевіреної інформації про що-небудь.

У загальному вигляді під знаннями, що використовуються в системах штучного інтелекту, звичайно розуміють особливим чином організовані дані, поняття, відомості, що утворюють базу знань.

Знання — це відомості, що відображають закономірності, що існують у предметній області, та на основі механізму логічного висновку дозволяють виводити нові факти, що мають місце в даному стані проблемного середовища, але не зафіксовані в базі даних, а також прогнозувати потенційно можливі стани.

Отже сьогодні в області ІС немає загальноприйнятого формального визначення поняття «знання». Однак визнається, що відмінні якісні особливості знання обумовлені:
- великими можливостями у структуруванні (можливість як декомпозиції інформаційної одиниці, так і можливість синтезу більш крупних структур);
- та взаємозв'язку (можливість встановлення між інформаційними одиницями різноманітних відношень, що визначають семантику та парадигму предметної області) складових одиниць;
- їх інтерпретуємості (використання імен інформаційних одиниць, що дає відомості системі про склад її пам'яті);
- наявності метрики (можливість оцінки семантичної близькості понять);
- функціональної цілісності (можливість вибору як самого результату, так і засобів його отримання та аналізу);
- активності (елементи знань — це організовані структури інформації, які мають власний зміст, структуру, зв'язки та процедури прийняття рішення).

Зв'язки між інформаційними об'єктами визначаються відношеннями, які використовуються при організації знань в БЗ та мають наступну класифікацію:
- відношення класифікації (організують класи елементів, визначають зв'язки між класами, та між класами та елементами);
- кількісні відношення (визначають міру для понять, які вводяться);
- ознакові відношення (надають поняттям різні ознаки, відношення приналежності);
- часові відношення;
- просторові відношення;
- порядкові відношення.

Важливою властивістю суджень (відношень) є модальність — міра суттєвості ознаки судження. Використовують наступні відношення модальності: АБСОЛЮТНО НЕОБХІДНО, НЕОБХІДНО, ОБОВ'ЯЗКОВО, БАЖАНО, МОЖЛИВО, НЕОБОВ'ЯЗКОВО, НЕБАЖАНО, НЕМОЖЛИВО, АБСОЛЮТНО НЕМОЖЛИВО.

Розробка ефективної класифікації знань для формування баз знань систем штучного інетлекту.

Знання експерта і орієнтованої на знання системи належить до певної предметної області. А знання щодо вирішення визначених специфічних проблем називається областю знання. Область знання повністю входить до предметної області. А простір між областю знання та предметною областю символізує, що в DSs чи експерта немає повного знання про всі проблеми певної предметної області.

У БЗ мають бути наявні знання:
- першого роду (загальновідомі факти, явища, які визнані і опубліковані);
- другого роду (набір емпіричних правил та інтуїтивних висновків, якими керуються спеціалісти в умовах невизначеності та неповноти інформації, як правило не опубліковані).

У БЗ переважно містяться знання 1-го роду, але мають бути і знання 2-го роду, якщо ж вони відсутні, то це означає поганий вибір експертів, які не вміють формулювати свої набуті евристики чи не бажають ними ділитися. Крім того знання поділяють на: факти; правила; мета дані (знання про знання).

Знання у БЗ поділяються також на:
- інтенсіональні (абстрактні) — концептуальні знання про об'єкти предметної області та зв'язки між ними;
- екстенсіональні (конкретні) — кількісні характеристики інтенсіональних знань, тобто база даних.

Виділяють наступну класифікацію знань за представленням:
- декларативні знання (факти, тобто класи об'єктів і зв'язки між ними. Моделювання ПО потребує повного опису всіх можливих її станів. Розв'язування задачі в цьому випадку ґрунтується на пошуку у множині можливих станів предметної області);
- процедурні знання чи правила (набір певних процедур перетворення знань як даних. Немає потреби зберігати інформацію про всі можливі стани предметної області, достатньо лише мати опис початкового стану та процедур, що генерують всі необхідні стани на базі початкового).

Також для формування бази знань створюваної системи доцільно навести наступну класифікацію знань: факти (фактичні знання); правила (знання для прийняття рішення); метазнання (знання про знання).

Розроблена зведена класифікація знань у БЗ орієнтованої на знання DSS (табл. 1).

Знання у Базі Знань подані в певній формі, саме форма представлення знань чинить значний вплив на характеристики та властивості системи. Представлення знань має бути однорідним, зрозумілим і експертам і користувачам системи.

Аналіз і дослідження основних моделей подання знань для систем Штучного Інтелекту.

Прийнято виділяти 4 основні моделі представлення знань: логічна модель; продукційна модель;

Таблиця 1

Зведена класифікація знань

Знання								
за розповсюдженістю		**за рівнем представлення**		**за способом представлення**		**за функціональним призначенням**		
знання першого роду	знання другого роду	Інтенсі-ональні	Екстенсіо-нальні	декларативні знання	процедурні знання	факти	правила	мета-знан-ня

Джерело: узагальнено автором

модель семантичної мережі; фреймова модель. Проаналізуємо їх докладніше.

Логічна модель представлення знань — базується на представленні знань в системі логіки предикатів першого порядку. Згідно цієї моделі класи об'єктів та відношення між ними описуються за допомогою такої формули:

$$P(x_1, x_2, \ldots, x_n),$$

яка означає, що об'єкти x_1, x_2, …, x_n зв'язані відношенням Р. Причому, якщо Р — це n-мірна предикатна змінна, а x_1, x_2, …, x_n — предметні змінні (аргументи предиката), то вищенаведена формула є атомарною (елементарною).

Наведені нижче приклади є логічними моделями подання фактів (в даному прикладі — «Сентянівка — родовище» та «на Сентянівці проводяться пошукові роботи —- буріння») за допомогою предикатів та носять назву атомарної формули та є основними реченнями обрахунку предикатів:

Родовище (Сентянівська)

Пошукові роботи (Сентянівська, буріння).

В наведених прикладах факти відображають одиничні відношення (вказані зліва від дужок) та перераховані в дужках об'єкти (зв'язані даним відношенням).

Порядок аргументів повинен завжди відповідати інтерпретації предикату, яка прийнята для моделювання розглядаємої предметної області, тобто розробник інформаційної системи повинен прийняти рішення про фіксований та прийнятний для інтерпретації порядок та суворо дотримуватися його.

Використовуємі у логічній моделі подання знань логічні висловлювання повинні мати значення: або ІСТИНА або НЕПРАВДА.

У висловленні, яке записано за допомогою предикатів, деякий об'єкт може бути як КОНСТАНТОЮ (тобто індивідуум чи клас), так і ЗМІННОЮ, наприклад:

Пошукові роботи (X, буріння)

Коли змінній ставиться у відповідність певне ім'я індивідуума, то відбувається породження екземпляру змінної.

Вищенаведені приклади, тобто висловлюванні, що складаються з предикату та пов'язаних із ним аргументів є елементарними. Елементарні висловлювання можуть об'єднуватися у складні висловлювання логічними зв'язками:

І (and, $\wedge$, &)
АБО (or, $\vee$)
НІ (not,)
ІМПЛІКАЦІЯ (if…then, $\rightarrow$).

Для того, щоб при обрахуванні предикатів можна було маніпулювати змінними, введені додаткові структури — квантори, які слугують для визначення міри, в якій екземпляри змінних повинні бути істинними, щоб висловлювання в цілому було істиною:

$\forall$ — квантор спільності; $\exists$ — квантор існування.

Наприклад, висловлювання «всі нафтові родовища мають супутній газ» можна подати таким чином:

(∀X) (Нафтове родовище (X) → Супутній газ (X)),

а висловлювання «деякі нафтові родовища мають супутній газ»:

(∃X) (Нафтове родовище (X) → Супутній газ (X)).

Квантори спільності та квантори існування можуть існувати в межах одного висловлювання, і тоді їх порядок може впливати на зміст висловлювання. Наприклад твердження,

(∀X) (∃Y) (Промисел (X) → Керує (X, Y)

можна інтерпретувати як «кожним промислом керує деякий менеджер *Y*». А твердженню

(∃Y) (∀X) (Промисел (X) → Керує (X, Y)

відповідає інтерпретація «є такий менеджер *Y*, який керує всіма промислами».

Всі вищенаведені приклади використання логіки предикатів: запропоновані автором.

Конструювання складних висловлювань з елементарних за допомогою логічних зв'язок та кванторів відбувається згідно правилам виводу. По правилам виводу можна з початкових правильно побудованих формул будувати нові.

Розглянемо визначення та концепцію правильно побудованих формул (логічних формул):

1. Атомарний предикат є логічною формулою.
2. Якщо А, В — логічні формули, то А $\wedge$ В, А $\vee$ В, А, В, А → В, В → А також є логічними формулами.
3. Якщо С(Х) — логічна формула, то і (∃Y)С(Х), і (∀Х)С(Х) також є логічними формулами.
4. Всі формули, отримані повторенням кінцевої кількості раз формул 1, 2, 3 — є логічними формулами.

За допомогою правил виводу в логіці предикатів можна із зарані завданих знань вивести висновок, тобто з заданої групи висловлювань отримаємо відмінний від них інший вираз. Використання тільки правил виводу гарантує, що якщо група початкових висловлювань є істиною, то і результуюче висловлювання буде істиною.

Для опису правил виводу звичайно використовується нотація, коли над рискою записується група початкових виразів, а під рискою — результуючий вираз.

Правила виводу, які із відомих висловлювань виводять нові, називаються правилами дедуктивних виводів.

При використанні логіки предикатів для опису знань у певній предметній області застосовують наступний алгоритм:

1) встановити відповідність між константами логіки предикатів та сутностями розглядаємої предметної області;
2) встановити відповідність між атомарними предикатами і відношеннями між сутностями предметної області;
3) виконати опис функціональних відношень предметної області за допомогою логіки предикатів;
4) задати значення ІСТИНА чи НЕПРАВДА в залежності від виконання чи невиконання відношень предметної області, які описані логічними формулами.

Таким чином, можна зробити висновок, що основними перевагами логічної моделі подання знань є: одиничність теоретичного обґрунтування та можливість реалізації системи формально точних визначень та висновків. Однак при рішенні складних задач, виразити евристику у системі чіткої логіки дуже складно, тому основні досягнення у теорії БЗ пов'язані з використанням нелогічних моделей представлення знань.

Продукційна модель представлення знань — заснована на використанні правил типу «Якщо-То». Існують дві необхідні компоненти правил: передумова (одна або декілька умов); висновок (одна або декілька дій), що взаємодіють за схемою: «ЯКЩО передумова вірна, ТОДІ висновок є має силу» [25].

Використовуючи нотацію предикатів продукцію «Якщо A To B» можна записати у вигляді A→B, і в цьому випадку база знань продукційної системи набуває наступного вигляду:

$$\begin{array}{l} \text{факти} \\ \\ \\ \\ \\ \text{правила} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} A_1 \\ \dots \\ A_n \\ A_i \rightarrow B_i \\ \dots \\ A_1 \wedge A_i \rightarrow B_j \end{array} \right\}$$

Задачі пошуку логічних закономірностей в багатомірних даних (індукція правил) є одними з найбільш розповсюджених та корисних на практиці. Індукція правил — це вилучення корисних правил типу «Якщо-То», які мають суттєву статистичну підтримку в базі даних. Логічні правила дають можливість прогнозувати та допомагають пов'язати різні фактори, тобто вони добре пояснюють комплексні зв'язки.

Існують дві необхідні компоненти: передумова (одна або декілька умов); висновок (одна або декілька дій), що взаємодіють за схемою:

ПЕРЕДУМОВА → ВИСНОВОК

ЯКЩО передумова вірна, ТОДІ висновок є має силу

Типи правил:

– просте правило

Правило 1: (одна умова → одна дія):

– правила з використанням логічних операторів

Правило 2: (дві умови → одна дія):

(кон'юнкція: обидві умови мають виконуватися для того, щоб передумова вважалася вірною)

Правило 3: (три умови → дві дії):

Правило 4: (одна або більше умов → одна дія):

(диз'юнкція: якщо будь-яка з двох умов вірна, тоді висновок вірний) Правило 5: (або одна або багато умов → дія):

(висновок вірний, якщо одна, не обидві, умови є вірними)

Правило 6: використання заперечення в умові: (Не виконується умова або декілька умов → дія)

– правила з використання вхідний дій: Всі описані вище приклади мають тільки один тип дії — призначені дії, інший тип дії — ввід даних.

Правило 7: (декілька умов → ввід даних)

Будь-яке правило має дві основні характеристики: точність та повноту.

Точність правила — це доля випадків, коли правило підтверджується, серед усіх випадків його застосування з визначеними умовами.

Повнота правила — навпаки. Це доля випадків, коли правило підтверджується, серед усіх випадків, коли має місце пояснювальний висновок.

Крім того, всю систему продукцій можна подати у вигляді графу І-АБО. В самих нижніх вузлах якого будуть знаходитися факти, а у верхніх — висновки системи. Отже висновок системи продукцій можна представити у вигляді сукупності правил (що підтримують висновок) та сукупності даних (на підставі яких робиться висновок).

Наведемо декілька прикладів таких правил у таблиці 2.

Продукційні системи складаються з 3-х основних блоків: бази даних, бази правил (разом — база знань) та керуючої структури (машини логічного висновку). Вона визначає порядок, послідовність застосування правил та перевіряє наявність фактів в БД, які стосуються умов лівої частини правила.

За умови продукційної моделі представлення знань існує два головні методи дослідження правил: пряме доведення (forward reasoning) і зворотне доведення (reverse reasoning).

Таблиця 2

Приклад фрагменту отриманої бази правил

IF підраховані ресурси вуглеводнів великі або середні AND глибини доступні THEN ПР щодо пошукового буріння;
IF результат пошукового буріння негативний THEN втрата інтересу або додаткове вивчення;
IF результат пошукового буріння позитивний AND отримали приплив нафти THEN ПР щодо початку дослідно-промислової експлуатації та інвестицій у розвідувальне буріння;
IF результат пошукового буріння позитивний AND отримали приплив газу AND наявна інфраструктура THEN ПР щодо початку дослідно-промислової експлуатації та інвестицій у розвідувальне буріння;
IF результат пошукового буріння позитивний AND отримали приплив газу AND відсутня інфраструктура THEN ТЕО щодо інвестицій у будівництво інфраструктури та розвідувальне буріння.

Джерело: розроблено автором

Пряме доведення: кожне правило досліджується в напрямку, що спрямований вперед — тобто, передумова досліджується спершу. Його доречно використовувати при вирішенні задач діагностичного характеру.

Зворотне доведення: кожне правило розглядається в зворотному напрямку від висновку до передумови. Зворотній логічний вивід є набагато більш складним однак більш спрямованим та швидким підходом. Доцільно використовувати при вирішенні задач проектування.

Отже, перевагами продукційної моделі представлення знань є: легкість створення та розуміння окремих правил; легкість доповнення та модифікації; простота механізму прямого логічного виводу; пояснення пропонованого рішення; швидкість та своєчасність підтримки прийняття рішення; можливість обійтися без людини-експерта; управління «боротьбою» з невизначеністю; формалізація експертних оцінок; порівняно не складне еволюціонування та адаптація бізнес-політики компанії; відсутність впливу суб'єктивного фактору.

Недоліками є: неясність взаємовідношень між правилами; складність оцінки цілісного образу знань; низька ефективність обробки; відмінність від людської структури знань; відсутність гнучкості логічного виводу.

Фреймова модель представлення знань — є систематизована у вигляді єдиної теорії психологічна модель пам'яті людини і її створення, модель пам'яті людини та його свідомості. Отримала свій розвиток із семантичних мереж. Заснована на понятті фрейму — деякої структури, що містить відомості про певний об'єкт і є цілісною та відносно автономною одиницею знання. Кожний фрейм описує один концептуальний об'єкт, а конкретні якості цього об'єкту та факти, що стосуються його, описуються в слотах — структурних елементах фрейму.

За уявленням М. Мінського, у довгостроковій пам'яті людини зберігається великий набір систем фреймів, що використовуються, наприклад, під час розпізнання людиною зорових образів. З цією метою в пам'яті активується такий фрейм (або система), який найбільше відповідає гіпотезі про об'єкт сприйняття, що й забезпечує високу швидкість його розпізнання та осмислення. Фрейм зараз, як правило, ототожнюється зі стандартною, стереотипною ситуацією, що включає деяку множину конкретних однорідних ситуацій.

Залежно від класу ситуацій розрізняють фрейми візуальних образів, фрейми-сценарії, семантичні фрейми тощо.

Структура фрейму включає три основних типи даних: поняття (назва фрейму), характеристика (назва термінала — вершини нижнього рівня), значення характеристики (заповнювач термінала або шпації):

(Ім'я фрейму:
Ім'я слоту 1 (значення слоту 1);
Ім'я слоту 2 (значення слоту 2);
…
Ім'я слоту N (значення слоту N)).

Значенням слоту може бути: числа, формули, тексти чи програми, правила виводу, посилання на інші слоти цього чи інших фреймів, набір слотів більш низького рівня (що дозволяє реалізовувати ієрархічні фрейми). Для ідентифікації того, що значенням слоту є константа, інтервал, значення за замовченням тощо використовують заздалегідь визначені ключові слова — фасети слоту. Всі фрейми взаємопов'язані та утворюють єдину фреймову систему у якій органічно поєднані декларативні та процедурні знання. Оскільки концептуальному поданню властиві ієрархічність, цілісний образ знань будується у вигляді однієї фреймової системи, що має ієрархічну структуру. При побудові мережі фреймів необхідно враховувати відмінності між категоріями узагальнень: знак-тип та тип-тип. Фреймоподібні структури (отримали назву сценаріїв) широко використовуються в системах для подання стереотипної послідовності подій.

Загальновідомим прикладом фрейму є гіпертекстова структура, крім того наведемо наступний приклад фрейму на рис 1.

(Свердловина:
№ свердловини (15);
Дата початку експлуатації (1989);
Середній добовий дебіт, тис. куб. м. (4,2);
Продукція (газ);
Число днів простоїв за рік (26)).

Рис. 1. Приклад фреймової структури знання
Джерело: розроблено автором

Можна вважати, що у фреймі реалізовано деякі загальні принципи, що властиві організації баз даних (де як одиниці виділяються об'єкти, характеристики та їхні значення), а також семантичним сіткам (у яких розрізняють абстрактний та конкретний рівень).

Переваги фреймової моделі подання знань: елементи опису об'єкту чи події групуються в самостійну структурну одиницю і тому обробляється як єдине ціле; має широкі можливості та гнучкість.

Представлення знань у вигляді семантичної мережі — це система знань, яка має сенс у вигляді цілісного образу мережі, вузли якої відповідають поняттям та об'єктам, а дуги — відношенням між об'єктами. Однак можливості виразу семантики з використанням тільки базових структур значно обмежені, тому подальше підвищення виразності семантичних мереж забезпечується диференціацією вершин та дуг по категоріям (наприклад, вершини: концепти, події, характеристики, значення; і відповідні дуги, що з'єднують відповідні вершини). В концепції семантичних мереж немає чітких відмінностей між операціями над даними та операціями над знаннями, тобто концепція дає змогу маніпулювати як даними так і знаннями. Розглянемо основні принципи на яких заснована концепція семантичних мереж: концепція одночасного розгляду в моделі як знаку так і типу; концепція ієрархії типів; концепція ролі; концепція семантичної відстані; концепція розділення.

У якості основних операцій у семантичних мережах використовують наступні: створення екземпляру деякого класу; встановлення належності існуючого екземпляру деякого класу ще до деякого класу; усунення належності екземпляру до деякого класу чи повне виключення цього екземпляру з мережі;

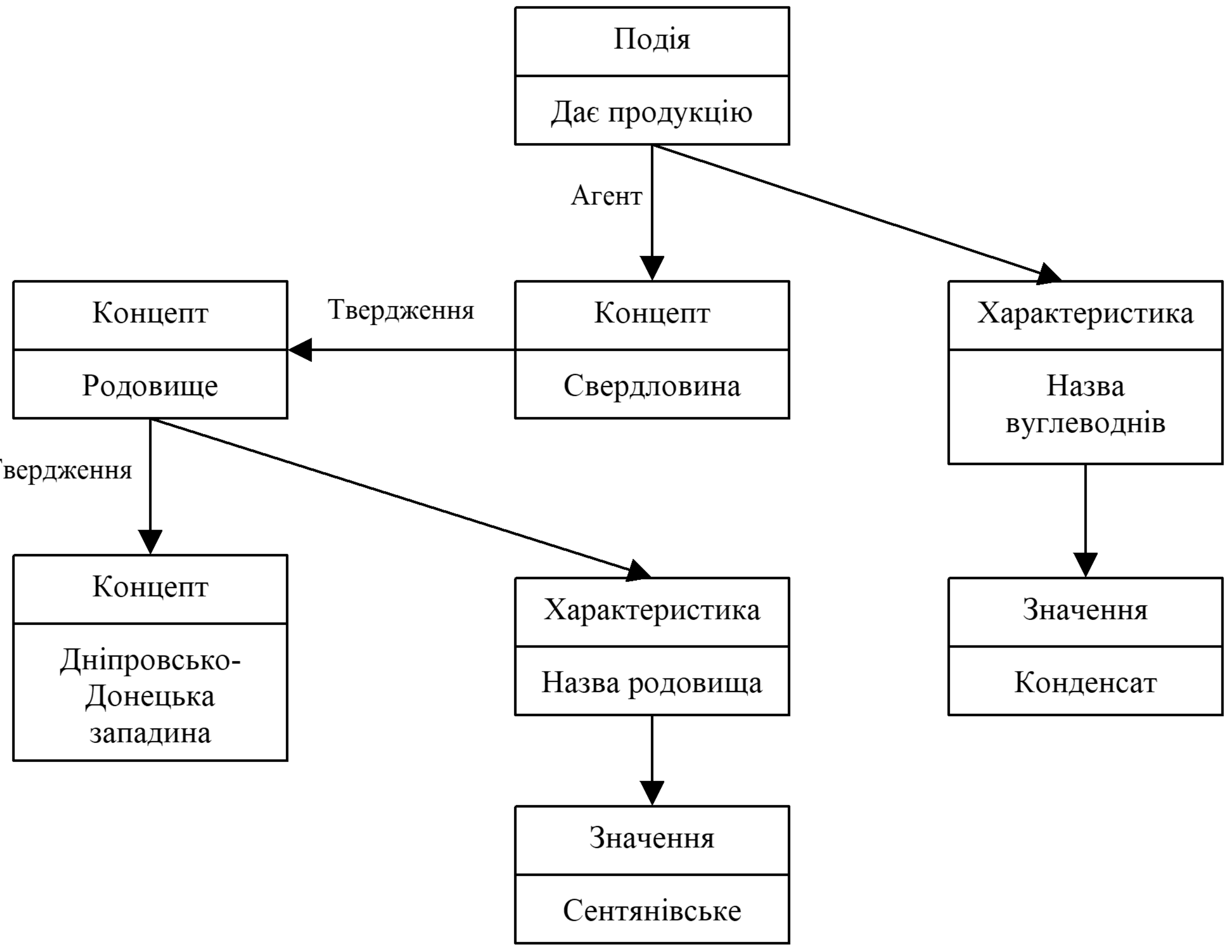

Рис. 2. Приклад семантичної мережі
Джерело: розроблено автором

вибірка екземплярів, що належать певному класу; встановлення належності екземпляра вказаному класу. На рис. 2 наведений приклад фрагмента побудованої автором семантичної мережі.

Особливістю семантичної мережі є цілісність системи, яка виконана на її основі, яка не дозволяє розділити базу знань та механізм висновків. Звичайно інтерпретація семантичної мережі визначається за допомогою процедур, які її використовують. Ці процедури засновані на декількох способах, але найбільш типовий з них — це спосіб зіставлення часток мережевої структури. Він заснований на побудові підмережі, яка відповідає запиту, та наступному зіставленні її з базою даних мережі. В основному механізми логічного висновку семантичних мереж є залежними від предметної області і реалізовані у вигляді керуючої програми, яка підтримує всі основні функції СШІ.

Семантичні сітки як засіб подання знань мають наступні переваги: забезпечують досить легке розуміння, оновлення та засвоєння знань у відносно однорідній структурі; мають досить простий доступ до знань, а це безпосередньо пов'язано з загальною ефективністю роботи систем, істотно спрощується процедура виводу рішення. Недоліками та обмеженнями семантичної мережі є: нездатність чітко уявити широкий діапазон умов, який легко представити правилами продукції; семантичні мережі поступаються у поданні таких простих логічних відношень (логічні зв'язки, квантори загальності та існування), декларативному поданню (логічна модель), а для відображення динамічних та паралельних процесів — процедурному.

Слабким місцем правил, фреймів та семантичних мереж є обмежені можливості прив'язки математичного апарату до знань цільових ПР — до технологічних знань і застосувань.

Завершуючи дослідження моделей подання знання, варто відмітити, що в цілому жодна модель представлення знань не має всіх переваг, які б дозволили зовсім ігнорувати інші моделі. Обрання того чи іншого засобу значною мірою залежить від конкретної предметної області управлінських задач, що розв'язуються, а також інших чинників. Автор рекомендує сучасним ефективним підприємствам в поточних нестабільних, і навіть кризових умовах, використовувати змішані, гібридні моделі представлення знань при проектуванні баз знань корпоративних СШІ — з урахуванням вищенаведених науково-практичних рекомендацій та пропозицій.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Найбільша конкурентна перевага управління знаннями може дати компанії, орієнтованій на постійну зміну процесів бізнесу для адаптації до зовнішніх потреб, особливо в галузях, де одним з ключових показників ефективності є час виведення нових виробів на ринок (time-to-market). Проте в Україні існує також інша група підприємств, якій слід приділити пильну увагу управлінню знаннями. Це підприємства з багатою історією, що вклали багато коштів в формування інтелектуального потенціалу в радянські роки, який і дотепер має цінність. На таких підприємствах знання, як правило, існують у ментальних паттернах співробітників, які закінчують свою трудову діяльність і перед керівництвом стоїть важливе завдання — збереження інтелектуального капіталу підприємства. Рішення цієї задачі також лежить у сфері завдань управління знаннями, а точніше в окремій його області — інженерії знань (knowledge management).

В сучасних економічних умовах (глобалізація економіки та одночасна вузька спеціалізація секторів економіки, необхідність врахування при прийнятті рішення величезної кількості інформації з різних джерел, необхідність швидкої та гнучкої управлінської реакції, зміни бізнес-політики корпорації як реакція на швидкі зміни світової кон'юнктури та на кризові явища [26; 27]) необхідно використовувати орієнтованих на знання інтелектуальні інформаційні системи та технології (тобто СШІ), а отже і тотально та системно використовувати Data Mining для отримання/оновлення цих знань. Зауважимо, що використання таких технологій є особливо ефективним у тих галузях економіки, де прийняття управлінських рішень потребує складного експертного аналізу, пов'язане зі значними капітальними вкладеннями, де існує багато гілок сценаріїв та вузлів прийняття рішення, наявні відкриті ситуації невизначеності, специфічний галузевий ризик.

Отже, в сучасних умовах розвитку глобальної та регіональної економіки, враховуючи появу нових галузей економічної діяльності — застосування орієнтованих на знання технологій зумовлює отримання додаткових конкурентних переваг компаніями та корпораціями, що їх ефективно та системно використовують.

Менеджменту українських компаній при розгляді питання можливого застосування СШІ важливо усвідомити, що технології Data Mining — це єдине реальне джерело нових об'єктивних знань для Баз Знань СШІ та реальний спосіб підвищення ефективності їх адаптивного використання в умовах невизначеності всіх типів та форм, яка викликана кризовими явищами [28].

Тобто, варто окремо наголосити, що в сучасних нестабільних та кризових умовах, при прийнятті управлінських рішень на всіх рівнях, людина-експерт постійно постає перед проблемою вилучення/пошуку знання з неповних та неточних даних. Отже, і сучасна СШІ має бути здатною до оперування різними видами невизначеності, особливо в рамках ефективного управління конкурентним підприємством.

Однак треба враховувати, що конфігурування, налаштування та наповнення моделі знань СШІ, це тільки перший крок у процесі тотального і системного впровадження адаптивного інтелектуального менеджменту. Для постійного і пролонгованого отримання коректних результатів необхідно систематично продовжувати в автоматичному режимі (навіть в режимі Data Pipeline) збирати, обробляти, аналізувати та проводити аналітику нових порцій Big Data, з метою оновлення знань/закономірностей та пошуку нових (з обов'язковою перевіркою/тестуванням нових/змінених знань/закономірностей/шаблонів).

Таким чином, питання не в тому, чи потрібні орієнтовані на знання технології в конкурентному менеджменті, а в тому, як саме їх оптимально застосувати в кожному конкретному випадку у поточних умовах. При чому, витрати на постановку задачі і супровід інтелектуальних, орієнтованих на знання систем можуть на порядок перевищувати вартість ліцензії на певне прикладне програмне забезпечення. Очевидно, що варто витратити частину бюджету (на впровадження СШІ) на актуальне навчання відповідних власних фахівців. Проте наразі зростає роль спеціалізованих консалтингових компаній, що здійснюють комплексний супровід комплексних проектів із впровадження СШІ в корпоративне управління, включаючи діагностику задачі, аналіз методів рішення, вироблення рекомендацій, реалізацію обраного підходу, супровід, оптимізацію.

Література

1. Hrashchenko I., Krasniuk S. Problems of regional development of Ukraine under globaliation process. Вісник Міжнародного Гуманітарного Університету. Серія: Економіка і менеджмент. 2015. № 11. С. 26–32.

2. Krasnyuk M., Kulynych Y., Tuhaienko V., Krasniuk S. E-business and e-commerce technologies as an important factor for economic efficiency and stability in the modern conditions of the digital economy (on the example of oil and gas company). *Grail of Science*. 2022. № 17. P. 69–81.

3. Krasnyuk M., Krasnuik I. Big data analysis and analytics for marketing and retail. Штучний інтелект у науці та освіті: *збірник тез Міжнародної наукової конференції (AISE)* (1–2.03.2024 р.), Київ, 2024.

4. Krasnyuk M., Nevmerzhytska S., Tsalko T. Processing, analysis & analytics of big data for the innovative management. *Grail of Science*. 2024. № 38. P. 75–83.

5. Krasnyuk M., Elishys D. Perspectives and problems of big data analysis & analytics for effective marketing of tourism industry. *Science and technology today*. 2024. № 4 (32). P. 833–857.

6. Krasnyuk M. T., Hrashchenko I. S., Kustarovskiy O. D., Krasniuk S. O. Methodology of effective application of Big Data and Data Mining technologies as an important anti-crisis component of the complex policy of logistic business optimization. Економічні Горизонти. 2018. № 3(6). P. 121–136.

7. Tsalko T., Nevmerzhytska S., Krasniuk S., Goncharenko S., Liubymova N. Features, problems and prospects of data mining and data science application in educational management. *Bulletin of Science and Education*. 2024. № 5(23). С. 637–657.

8. Kulynych Y., Krasnyuk M., Krasniuk S. Knowledge discovery and data mining of structured and unstructured business data: problems and prospects of implementation and adaptation in crisis conditions. *Grail of Science*. 2022. (12–13). P. 63–70.

9. Krasnyuk M., Krasniuk S. Comparative characteristics of machine learning for predicative financial modelling. ΛΌГОΣ. 2020. P. 55–57.

10. Krasnyuk M., Tkalenko A., Krasniuk S. Results of analysis of machine learning practice for training effective model of bankruptcy forecasting in emerging markets. ΛΌГОΣ. 2021.

11. Krasnyuk M., Krasniuk S. Modern practice of machine learning in the aviation transport industry. ΛΌГОΣ. 2021.

12. Krasnyuk M., Krasniuk S. Application of artificial neural networks for reducing dimensions of geological-geophysical data set's for the identification of perspective oil and gas deposits. ΛΌГОΣ. 2020. С. 18–19.

13. Краснюк М. Т., Краснюк С. О. Fraud detection in the business data as an important corporate anti-crisis method of audit. *Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути: матеріали III міжнародної науково-практичної інтернет-конференції* (Київ, 15 квітня 2020 р.). Київ, 2020. С. 14–16.

14. Краснюк М. Т. Гібридизація інтелектуальних методів аналізу бізнесових даних (режим виявлення аномалій) як складовий інструмент корпоративного аудиту. *Стан і перспективи розвитку обліково-інформаційної системи в Україні: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Тернопіль, 10–11 жовт. 2014 р.). Тернопіль : ТНЕУ, 2014. С. 211–212.

15. Ситник В. Ф., Краснюк М. Т. Політика управліня знаннями нафтогазової компанії як ключовий фактор підвищення її ефективності. *Проблеми формування ринкової економіки: міжвідомчий науковий збірник.* Відп. ред. О. О. Беляєв. К. : КНЕУ, 2002. Вип. 10. 326 с.

16. Tuhaienko V., Krasniuk S. Effective application of knowledge management in current crisis conditions. *International scientific journal "Grail of Science"*. 2022. № 16. P. 348–358.

17. Краснюк М. Т. Проблеми застосування систем управління корпоративними знаннями та їх таксономія. *Моделювання та інформаційні системи в економіці: міжвід. наук. зб.* Відп. ред. В. К. Галіцин. К. : КНЕУ, 2006. Вип. 73. С. 34–44.

18. Krasnyuk M., Goncharenko S., Кrasniuk S. Intelligent technologies in hybrid corporate DSS (on the example of Ukraine oil&gas production company). *Інноваційно-інвестиційний механізм забезпечення конкурентоспроможності країни: колективна монографія* / за заг. ред. О.Л. Гальцової. Львів-Торунь : Ліга-Прес, 2022. С. 194–211.

19. Krasnyuk M., Hrashchenko I., Goncharenko S., Krasniuk S. Hybrid application of decision trees, fuzzy logic and production rules for supporting investment decision making (on the example of an oil and gas producing company). *Access to science, business, innovation in digital economy*. ACCESS Press. 2022. 3(3). P. 278–291.

20. Гращенко І.С., Краснюк М.Т., Краснюк С.О. Гібридно-сценарне застосування інтелектуальних, орієнтованих на знання технологій, як важливий антикризовий інструмент логістичних компаній в Україні. *Вчені записки Таврійського Національного Університету імені В.І. Вернадського. Серія: Економіка і управління.* 2019. Т. 30 (69). С. 121–129.

21. Hayes-Roth F., Waterman D., Lenat D. Building Expert Systems. Addison-Wesley. London, 1983.

22. Feigenbaum E. The Fifth Generation: Artificial Intelligence and Japan's Computer Challenge to the World. Reading, MA: Addison-Wesley, 1983. 77 p.

23. MacGregor R. Using a description classifier to enhance knowledge representation. *IEEE Expert*. 1991. 6 (3). P. 41–46. doi: 10.1109/64.87683.

24. Krishna S. Introduction to Database and Knowledge-base Systems. Singapore: World Scientific Publishing, 1992.

25. Krasnyuk M., Krasniuk S. Association rules in finance management. ΛΌΓOΣ. 2021. P. 9–10.

26. Hrashchenko I., Krasnyuk M., Krasniuk S. Iterative methodology of bankruptcy forecast of logistic companies in emerging markets, taking into account global/regional crisis. Збірник наукових праць Проблеми системного підходу в економіці. 2020. Вип. 1 (75). С. 138–147.

27. Krasnyuk M., Kustarovskiy O. The development of the concept and set of practical measures of anticrisis logistics management in the current Ukraine conditions. *Zarządzanie. Teoria i Praktyka*. Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie. 2017. 1 (19). С. 31–37.

28. Дербенцев В.Д., Соловйов В.М., Сердюк О.В. Передвісники критичних явищ в складних економічних системах. *Моделирование нелинейной динамики экономических систем.* Донецк : ДонН У. 2005. 1. С. 5–13.

References

1. Hrashchenko, I., & Krasniuk, S. (2015). Problems of regional development of Ukraine under globaliation process. *Visnyk Mizhnarodnoho humanitarnoho universytetu*. *Seriia: Ekonomika i menedzhment,* 11, 26–32.

2. Krasnyuk, M., Kulynych, Y., Tuhaienko, V., & Krasniuk, S. (2022). E-business and e-commerce technologies as an important factor for economic efficiency and stability in the modern conditions of the digital economy (on the example of oil and gas company). *Grail of Science,* 17, 69–81.

3. Krasnyuk, M., & Krasnuik, I. (2024). Big data analysis and analytics for marketing and retail. *Shtuchnyi intelekt u nautsi ta osviti: zbirnyk tez Mizhnarodnoi naukovoi konferentsii (AISE) — Artificial Intelligence in Science and Education: collection of theses of the International Scientific Conference.* Kyiv.

4. Krasnyuk, M., Nevmerzhytska, S., & Tsalko, T. (2024). Processing, analysis & analytics of big data for the innovative management. *Grail of Science*, 38, 75–83.

5. Krasnyuk, M., Elishys, D. (2024). Perspectives and problems of big data analysis & analytics for effective marketing of tourism industry. *Science and technology today*, 4 (32), 833–857.

6. Krasnyuk, M.T., Hrashchenko, I.S., Kustarovskiy, O.D., & Krasniuk, S.O. (2018). Methodology of effective application of Big Data and Data Mining technologies as an important anti-crisis component of the complex policy of logistic business optimization. *Economies' Horizons*, 3(6), 121–136.

7. Tsalko, T., Nevmerzhytska, S., Krasniuk, S., Goncharenko, S., & Liubymova, N. (2024). Features, problems and prospects of data mining and data science application in educational management. *Bulletin of Science and Education*, 5(23), 637–657.

8. Kulynych, Y., Krasnyuk, M., & Krasniuk, S. (2022). Knowledge discovery and data mining of structured and unstructured business data: problems and prospects of implementation and adaptation in crisis conditions. *Grail of Science*, (12–13), 63–70.

9. Krasnyuk, M., & Krasniuk, S. (2020). Comparative characteristics of machine learning for predicative financial modelling. ΛΌΓOΣ, 55–57.

10. Krasnyuk, M., Tkalenko, A., & Krasniuk, S. (2021). Results of analysis of machine learning practice for training effective model of bankruptcy forecasting in emerging markets. ΛΌΓOΣ, Wien.

11. Krasnyuk, M., & Krasniuk, S. (2021). Modern practice of machine learning in the aviation transport industry. ΛΌΓOΣ.

12. Krasnyuk, M., & Krasniuk, S. (2020). Application of artificial neural networks for reducing dimensions of geological-geophysical data set's for the identification of perspective oil and gas deposits. ΛΌΓOΣ, 18–19.

13. Krasnyuk, M.T., & Krasniuk, S.O. (2020). Fraud detection in the business data as an important corporate anti-crisis method of audit. *Suchasni vyklyky i aktualni problemy nauky, osvity ta vyrobnytstva: mizhhaluzevi dysputy: materialy III mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii — Modern challenges and current problems of science, education*

and production: interdisciplinary debates: materials of the III international scientific and practical internet conference (pp. 14–16). Kyiv.

14. Krasnyuk, M. T. (2014). Hibrydyzatsiia intelektualnykh metodiv analizu biznesovykh danykh (rezhym vyiavlennia anomalii) yak skladovyi instrument korporatyvnoho audytu [Hybridization of intellectual methods of business data analysis (anomaly detection mode) as a component tool of corporate audit]. *Stan i perspektyvy rozvytku oblikovo-informatsiinoi systemy v Ukraini: materialy III Mizhnar. nauk.-prakt. konf.* — Status and prospects of the development of the accounting and information system in Ukraine: materials of the III International. science and practice conf. (pp. 211–212). Ternopil: TNEU [in Ukrainian].

15. Sytnyk, V. F., & Krasniuk, M. T. (2002). Polityka upravlinia znanniamy naftohazovoi kompanii yak kliuchovyi faktor pidvyshchennia yii efektyvnosti [Oil and gas company's knowledge management policy as a key factor in increasing its efficiency]. *Problemy formuvannia rynkovoi ekonomiky*. K.: KNEU, 10 [in Ukrainian].

16. Tuhaienko, V., & Krasniuk, S. (2022). Effective application of knowledge management in current crisis conditions. *Grail of Science*, 16, 348–358.

17. Krasnyuk, M. T. (2006). Problemy zastosuvannia system upravlinnia korporatyvnymy znanniamy ta yikh taksonomiia [Problems of applying corporate knowledge management systems and their taxonomy]. *Modeliuvannia ta informatsiini systemy v ekonomitsi*, 73, 256 [in Ukrainian].

18. Krasnyuk, M., Goncharenko, S., & Кrasniuk, S. (2022). Intelligent technologies in hybrid corporate DSS (on the example of Ukraine oil&gas production company). *Innovatsiino-investytsiinyi mekhanizm zabezpechennia konkurentospromozhnosti krainy: kolektyvna monohrafiia — Innovation and investment mechanism for ensuring the country's competitiveness: a collective monograph.* Lviv-Torun: League-Pres, 194–211.

19. Krasnyuk, M., Hrashchenko, I., Goncharenko, S., & Krasniuk, S. (2022). Hybrid application of decision trees, fuzzy logic and production rules for supporting investment decision making (on the example of an oil and gas producing company). *Access to science, business, innovation in digital economy*, ACCESS Press, 3(3), 278–291.

20. Hrashchenko, I. S., Krasniuk, M. T., & Krasniuk, S. O. (2019). Hibrydno-stsenarne zastosuvannia intelektualnykh, oriientovanykh na znannia tekhnolohii, yak vazhlyvyi antykryzovyi instrument lohistychnykh kompanii v Ukraini [Hybrid-scenario application of intellectual, knowledge-oriented technologies as an important anti-crisis tool of logistics companies in Ukraine]. *Vcheni zapysky Tavriiskoho Natsionalnoho Universytetu imeni V. I. Vernadskoho. Seriia: Ekonomika i upravlinnia*, 30 (69), 121–129 [in Ukrainian].

21. Hayes-Roth, F., Waterman, D., & Lenat, D. (1983). Building Expert Systems. Addison-Wesley.

22. Feigenbaum, E. (1983). The Fifth Generation: Artificial Intelligence and Japan's Computer Challenge to the World. Reading. MA: Addison-Wesley.

23. MacGregor, R. (1991). Using a description classifier to enhance knowledge representation. *IEEE Expert*, 6 (3), 41–46. doi: 10.1109/64.87683.

24. Krishna, S (1992). Introduction to Database and Knowledge-base Systems. Singapore: World Scientific Publishing.

25. Krasnyuk, M., & Krasniuk, S. (2021). Association rules in finance management. ΛΌГOΣ, 9–10.

26. Hrashchenko, I., Krasnyuk, M., & Krasniuk, S. (2020). Iterative methodology of bankruptcy forecast of logistic companies in emerging markets, taking into account global/regional crisis. *Problemy systemnoho pidkhodu v ekonomitsi — Problems of a systemic approach in economics,* 1 (75), 138–147.

27. Krasnyuk, M., & Kustarovskiy, O. (2017). The development of the concept and set of practical measures of anticrisis logistics management in the current Ukraine conditions. *Zarządzanie. Teoria i Praktyka*/Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie, 1 (19), 31–37.

28. Derbentsev, V. D., Soloviov, V. M., & Serdiuk, O. V. (2005). Peredvisnyky krytychnykh yavyshch v skladnykh ekonomichnykh systemakh. [Precursors of critical phenomena in complex economic systems]. *Modelyrovanye nelyneinoi dynamyky ekonomycheskykh system*. Donetsk: DonNU, 1, 5–13 [in Ukrainian].